



SANEAMENTO SAÚDE E AMBIENTE

Natasha Berendonk Handam
Adriana Sotero-Martins
(Organizadoras)



Editora Poisson

VOLUME

2

Natasha Berendonk Handam
Adriana Sotero Martins
Organizadoras

Saneamento, Saúde e Ambiente

Volume 2

1ª Edição

Belo Horizonte
Editora Poisson
2024

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais

Ms. Davilson Eduardo Andrade

Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas

MSc. Fabiane dos Santos

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia

Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S223

Saneamento, Saúde e Ambiente – Volume 2/
Organização: Natasha Berendonk Handam,
Adriana Sotero-Martins – Belo Horizonte –
MG: Editora Poisson, 2024

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5866-386-7

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Ambiente 2. Saúde 3. Saneamento
I. HANDAM, Natasha Berendonk II. Sotero-
Martins, Adriana III. Título

CDD-333.72

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br

Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

Organizadoras

Dra. Natasha Berendonk Handam



Atualmente é Pós-Doutora vinculada ao Programa de Saúde Pública e Meio Ambiente - ENSP/FIOCRUZ e pesquisadora do Grupo de Pesquisa "Saúde, Ambiente e Saneamento da Fiocruz/ENSP. Doutora e Mestre em Saúde Pública e Meio Ambiente, pela Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP), na Fiocruz, RJ. Especialista em Promoção de Espaços Saudáveis e Sustentáveis pela ENSP/Fiocruz, RJ (2012); e Graduada em Ciências Biológicas. Sua área de atuação está ligada ao saneamento, saúde ambiental, educação em saúde, saúde coletiva, microbiologia, parasitologia e biologia molecular.

Tem experiências nas áreas de qualidade sanitária da água e do solo, com ênfase nos parâmetros parasitológicos, colimétricas, físico-químicos, e de biologia molecular. Além disso, atua como Professora convidada nos cursos do Programa de Pós Graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente ENSP/ Fiocruz.

Dra. Adriana Sotero Martins



Pesquisador Titular em Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP) - Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental (DSSA); Docente dos cursos de Pós-Graduação Stricto e Lato Sensu dos Programa da ENSP/FIOCRUZ e IOC/FIOCRUZ; Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Mestrado Profissional/PEA/UFRJ); Pesquisadora colaboradora: do Instituto de Pesquisa Leônidas e Maria Deane (ILMD) de Manaus-AM, da Universidade do Estado do

Rio de Janeiro (UERJ), Instituto de Biologia - Departamento de Biologia Celular (DBC). Formada em Biologia, doutora em bioquímica pela UFRJ (2003) e pós-doutora pela Universidade do Porto/Portugal, com experiência na coordenação e execução de projetos nas áreas de Saúde Ambiental, Microbiologia e Bioquímica. Coordenadora do Grupo de Pesquisa "Saúde, Ambiente e Saneamento da Fiocruz/ENSP.

Prefácio

Esta coletânea de artigos oferece uma análise aprofundada das interconexões entre saúde pública, saneamento ambiental e ambiente. Os contribuintes exploram temas essenciais, destacando a importância crítica do saneamento para a promoção da saúde humana e preservação do meio ambiente.

Alguns tópicos que serão tratados no livro:

Relação entre Saúde Pública, Saneamento e Ambiente: Uma Perspectiva Integrada

- Exploração das conexões intrincadas entre saúde pública, saneamento ambiental e condições ambientais, destacando a necessidade de uma abordagem integrada para melhorar a qualidade de vida.

Saneamento como Determinante Social: Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Resíduos Sólidos e Drenagem

- Análise detalhada de como as diferentes facetas do saneamento, incluindo abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem, desempenham papéis cruciais como determinantes sociais que influenciam a saúde humana e ambiental.

Qualidade Sanitária dos Recursos Hídricos: Desafios e Estratégias para a Preservação

- Investigação sobre a qualidade dos recursos hídricos, destacando os desafios enfrentados e apresentando estratégias para preservar a qualidade da água em benefício da saúde pública.

Normatizações sobre Saneamento: Marco Regulatório e Desenvolvimento Sustentável

- Análise das normativas relacionadas ao saneamento, destacando a importância do marco regulatório para promover práticas sustentáveis e assegurar padrões adequados de saneamento.

Saneamento Universal como Direito Humano: Impacto na Prevenção de Doenças e Mortalidade

- Discussão sobre como a universalização do saneamento, independentemente da condição socioeconômica, pode prevenir doenças e óbitos, apresentando argumentos para considerar o saneamento como um direito humano fundamental.

Esta coletânea proporciona uma compreensão abrangente das complexas relações entre saneamento, saúde pública e ambiente

SUMÁRIO

Capítulo 1: Porque a meta de universalização do saneamento no estado do Rio de Janeiro não será alcançada: análise do processo de concessão da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro à iniciativa privada 08

João Roberto Lopes Pinto, Caroline Rodrigues da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.01

Capítulo 2: Faltou água, e agora? Uma reflexão sobre o planejamento municipal..... 19

Bianca Dieile da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.02

Capítulo 3: Água para quem? A agenda de privatização da gestão da água e a regulação da prestação dos serviços na perspectiva do novo marco legal do saneamento no Brasil 36

Alex Eduardo Lopes, William Cardoso Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.03

Capítulo 4: Ocorrência do vírus SARS-CoV-2 em águas fluviais contaminadas por esgoto sanitário provenientes da baixada fluminense na bacia do Rio Guandu 46

Adriana Sotero-Martins, Eric Lopes Gama², Manuela Alves Batista, Natasha Berendonk Handam, Elvira Carvajal

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.04

Capítulo 5: Análise crítica da aplicação de ferramentas de análise de risco em estações de tratamento de efluente de indústria farmacêutica..... 62

Wallace Fernandes Tavares da Silva, Adriana Sotero Martins, Fabiana Valéria da Fonseca, Miguel Angel de la O Herrera

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.05

Capítulo 6: A invisibilidade dos microplásticos - uma macroameaça ao meio ambiente e à saúde humana 82

Talita Sarah Mazzoni, Davi Araújo Fernandes, Grazielle Cristine da Silva, Albert Hanchuck Pereira, Mateus Ferreira de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.06

Capítulo 7: A arqueometria da poluição industrial e seus impactos sobre a saúde pública no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil)..... 97

Washington Luiz dos Santos Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Perfil socioeconômico de uma “favela” do Rio de Janeiro: uma contribuição para o objetivo de desenvolvimento sustentável 6 no Brasil..... 110

Danielle de Almeida Carvalho, Rosália Maria Borges de Oliveira, Sérgio Rabello Alves

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.08

Capítulo 9: Programa bolsa catador e a influência socioeconômica e ambiental no município de Codó-MA..... 127

Eliane Coelho Rodrigues dos Santos, Cássia Regina Lopes dos Santos, Jordânia da Conceição Silva, Neudiana de Sousa, Paulo Samuel da Silva Santos

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.09

Capítulo 10: Monitoramento do estado trófico de reservatório de altitude na Serra da Ibiapaba-Ceará 142

Maria da Conceição de Souza Mendonça, Jurandir Rodrigues de Mendonça Júnior

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.10

Capítulo 11: Água de reúso como fonte hídrica para agricultura no Brasil: qualidade sanitária e padrões descritos em normativas nacionais e internacionais 152

Natasha Berendonk Handam, Adriana Sotero-Martins, Rodrigo Bezerra da Silva, Ana Beatriz Loureiro Gonçalves da Silva, Elvira Carvajal, Priscila Gonçalves Moura, José Augusto Albuquerque dos Santos

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.11

Capítulo 12: Correlação do potencial produtor de água de reúso associado ao déficit na região nordeste do Brasil 168

Igor Bruno dos Reis Assanti, Thiago Corrêa de Almeida, Priscila Gonçalves Moura, Natasha Berendonk Handam, Maria José Salles, Adriana Sotero-Martins

DOI: 10.36229/978-65-5866-386-7.CAP.12

Capítulo 1

Porque a meta de universalização do saneamento no estado do Rio de Janeiro não será alcançada: análise do processo de concessão da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro à iniciativa privada

João Roberto Lopes Pinto¹

Caroline Rodrigues da Silva²

Resumo: O artigo analisa o processo de concessão da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (Cedae) sobre a perspectiva da universalização do saneamento no estado do Rio de Janeiro. Para tanto, apresenta dados a partir do estudo do edital de concessão da Cedae elaborado pelo BNDES e dos contratos de concessão estabelecidos entre o governo do estado do Rio de Janeiro e as concessionárias vencedoras do leilão. O artigo conclui que, pelos próprios termos do edital e dos contratos, a universalização não está prevista já que, paradoxalmente, não inclui as áreas não urbanizadas ou parcialmente urbanizadas da cidade nas metas de universalização, exatamente aquelas com maior déficit do serviço de saneamento. Fica demonstrado que as concessionárias e o Estado não cumprirão o novo marco do saneamento, violando o direito humano à água e ao saneamento no Rio de Janeiro.

Palavras-chave: direito humano à água, universalização do saneamento, concessão.

¹ Professor associado de ciência política da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro e da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Coordenador do projeto de pesquisa “Estado, grupos econômicos e políticas públicas no Brasil” - ECOPOL/NELUTAS (UNIRIO).

² Professora adjunta da Faculdade de Serviço Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Doutora em Serviço Social pelo Programa de Pós-graduação em Serviço Social da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Integrante do Núcleo de Estudos sobre Movimentos Sociais (NEMOS/PUC-SP).

1. INTRODUÇÃO

Em todo mundo e no Brasil os estudos sobre a universalização do saneamento tomam como referência marcos legais, citamos alguns: em 2010 a Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU) declarou o acesso à água limpa e segura e ao saneamento um direito humano essencial para gozar plenamente a vida e todos os outros direitos humanos, através da Resolução A/RES/64/292. No entanto, até que essa conquista social fosse alcançada houve muitas resoluções anteriores como a Declaração Universal dos Direitos Humanos, proclamada pela Assembleia Geral da ONU em 10 de dezembro de 1948; o Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais, adotado pela XXI Sessão da Assembleia Geral da ONU, em 19 de dezembro de 1966; a Conferência da ONU sobre a água realizada em março de 1977 que reconheceu, pela primeira vez, a água como um direito de todos os povos, seja qual for o seu estágio de desenvolvimento e as suas condições socioeconômicas; a Declaração Universal dos Direitos da Água elaborada pela ONU em 22 de março de 1992, data que se tornou o Dia Mundial da Água.

O Brasil, como signatário destas convenções internacionais, tem como obrigação garantir água potável e esgotamento adequado a toda sua população. Todavia, a Constituição Nacional de 1988 não explicitou este direito. Para sanar essa lacuna, no dia 6 de julho de 2022, a Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania do Senado Federal aprovou a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) nº 2, de 2016, que insere o saneamento básico no rol de direitos sociais tutelados pelo art. 6º da Constituição Federal. Essa iniciativa reforça e complementa a PEC nº 06/2021, já aprovada no Senado e atualmente em tramitação na Câmara dos Deputados. Esta última modifica o art. 5º da Constituição Federal para garantir a todos o acesso a água potável em quantidade adequada para possibilitar meios de vida, bem-estar e desenvolvimento socioeconômico. (ONDAS, 2022).

Salvo todos esses avanços no âmbito legislativo para explicitar o direito humano à água e ao saneamento na Constituição Federal, o ano de 2020 foi marcado pela aprovação do Novo Marco Regulatório do Saneamento (Lei n. 14.026/2020), que alterou a Política Nacional de Saneamento (Lei n. 11.445/2007) e aprofundou o processo de mercadorização das águas no Brasil. Após a mudança nesta lei, o estado do Rio de Janeiro concedeu em 2021 os serviços de distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto à iniciativa privada pelos próximos 35 anos, período superior aos 25 anos permitidos pela Lei Estadual das Concessões (Lei n. 2831/1997). A promessa pública deste processo foi que após doze anos da concessão alcançaremos a universalização do saneamento no Estado.

Diante deste contexto, o artigo tem por objetivo analisar o processo de concessão da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (Cedae) sobre a perspectiva da universalização do saneamento no estado do Rio de Janeiro. Para tanto, apresenta análise com base em dois documentos:

- i. Edital de concessão da Cedae, que foi elaborado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a partir da consultoria do Banco Fator S/A, Concremat Engenharia e Tecnologia S/A e Vernalha Guimarães & Pereira³, e publicado em 29 de dezembro de 2020 com respaldo do Decreto

³ Consultorias foram contratadas ainda em 2017 pelo valor de 6,7 milhões para estruturar o projeto de desestatização dos serviços de água e esgoto prestados pela Cedae. A primeira foi responsável pela parte de Project Management Office (PMO) da concessão, ou seja, por implementar e garantir a manutenção dos

Estadual n. 47.422, de 23 de dezembro de 2020 (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2020b);

- ii. Contratos de concessão estabelecidos entre o governo do estado do Rio de Janeiro e as concessionárias vencedoras do leilão, a saber: AEGEA Saneamento e Participações S.A, A Iguá Saneamento e Grupo Águas do Brasil (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2021).

2. A FORMAÇÃO DA AGENDA DE PRIVATIZAÇÃO DO SANEAMENTO NO RIO DE JANEIRO

Enquanto no ano de 2020 a região metropolitana passava por severos problemas de abastecimento de água e a população sofria com a pandemia de Covid-19, os governos federal e estadual estavam preocupados em acelerar o processo de concessão da Cedae à iniciativa privada, que se iniciou em 2016, com a entrada da Companhia no Programa de Parcerias de Investimentos⁴ e ganhou novos contornos quando, em 2017, o estado do Rio de Janeiro ingressou no Regime de Recuperação Fiscal.

Em função do “Estado de Calamidade Financeira” decretado em 2017, a Cedae foi incluída como garantia do Plano de Recuperação Fiscal firmado entre o governo do estado do Rio de Janeiro e o governo federal. Desde então, o BNDES passou a desenhar a modelagem financeira de concessão da Cedae. Neste desenho a empresa pública ficaria responsável pela produção de água e as concessionárias privadas pelos serviços de coleta, tratamento e disposição final de esgoto, distribuição de água e comercialização.

Como contrapartidas do Regime de Recuperação Fiscal, o governo do estado assumiu o compromisso de privatização da Cedae e, ao mesmo tempo, comprometeu as ações da empresa já que elas serviram de fiança para aprovação do empréstimo de cerca de R\$ 2,9 bilhões do banco francês BNP Paribas ao estado para pagamento da folha de servidores que, à época, estava atrasada em 4 meses. O valor atualizado do empréstimo no ano de 2020 já era de R\$ 4,5 bilhões.

Embora o ex-governador Wilson Witzel (PSC) tenha sido eleito para gestão 2019-2022 comprometendo-se com a não privatização da Cedae, logo que eleito incentivou a abertura do setor de saneamento à iniciativa privada, seguindo a tendência de seus antecessores, os ex-governadores Sérgio Cabral Filho (PMDB) e Luiz Fernando Pezão (PMDB), que governaram o estado no período de 2007-2014 e 2015-2018 respectivamente.

Wilson Witzel (PSC) se tornou o primeiro governador a ser cassado em um processo de impeachment desde a redemocratização do país, sob a acusação de corrupção na área da saúde durante a pandemia de Covid-19. Ao assumir o vice-governo do Rio de Janeiro Claudio Castro (PSC) chegou a colocar em dúvida o processo de privatização da Cedae, afirmando que “[...] o Rio, com pressa, já fez maus negócios simplesmente pela questão financeira, isso não se repetirá [...]” (MEDEIROS, 2020). No entanto, o que se viu na sequência foi a continuidade do compromisso com a agenda privatista, conforme

padrões de gerenciamento de projetos adotados; a segunda pela parte técnica ligada a engenharia e a terceira pela parte jurídica.

⁴ Criado durante o governo interino de Michel Temer (MDB) pela lei 13.334/2016, teve por finalidade ampliar e fortalecer a interação entre o Estado e a iniciativa privada por meio da celebração de contratos de parceria e de outras medidas de desestatização

expressa o Decreto Estadual n. 47.422/2020, que autorizou a abertura do Leilão da Cedae no apagar das luzes do ano legislativo de 2020.

Seguindo os princípios constitucionais da administração pública relacionados à legalidade, impessoalidade, moralidade administrativa, publicidade, transparência e eficiência, uma decisão desta natureza poderia estar respaldada por uma lei e não por um decreto. Prova disso é que na semana de 05 de abril de 2021 o Decreto Estadual 47.422/2020 tornou-se objeto de debates na Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro (Alerj) devido à proximidade do dia 30 de abril de 2021 – data limite prevista no Edital da Concessão para o certame do leilão da Cedae. Fruto desses debates a Alerj aprovou, no dia 29 de abril de 2021, o Projeto de Decreto Legislativo nº. 57/2021 que suspendia os efeitos do Decreto nº. 47.422/2020 e, por conseguinte, o próprio leilão da Cedae.

No entanto, a tentativa da Alerj de barrar o leilão esbarrou no entendimento técnico e jurídico relativo à governança interfederativa. Após a votação do PDL 57/2021 o governador Claudio Castro (PSC) alegou que o assunto não seria de competência dos deputados, mas uma decisão dos prefeitos dos municípios que tem a titularidade do serviço de saneamento por lei e do Conselho Consultivo da Região Metropolitana do Rio que responde pela área metropolitana. Sua alegação foi respaldada pelo Tribunal de Justiça do Rio de Janeiro, que suspendeu o PDL 57/2021 e manteve o leilão (JANONE; BARRETO, 2021).

Portanto, o que se viu sobre o leilão da Cedae foi uma queda de braços entre legislativo e executivo, somada a diversos questionamentos técnicos, jurídicos e sociais.

A Fiocruz, por exemplo, publicou uma Nota Técnica analisando os potenciais impactos do edital de concessão à saúde e aos Direitos Humanos; o Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) publicou outro estudo com apontamentos na área da engenharia sanitária e ambiental. No campo jurídico, o Tribunal de Contas do Estado apontou irregularidades no edital (...). No campo social diversas manifestações foram feitas, com destaque para as denúncias da sociedade civil sobre os riscos da concessão aumentar a injustiça hídrica na região metropolitana do Rio de Janeiro, já que as áreas de favelas e periferias não serão priorizadas para os investimentos das concessionárias privadas. Nas vésperas do leilão a Campanha Água Boa para Todos e Todas articulou a assinatura de uma carta com 140 entidades da sociedade civil, que foi enviada aos parlamentares da ALERJ solicitando o cancelamento do leilão. (SILVA et al., 2020, p. 2).

Apesar destes questionamentos, o leilão da Cedae, maior empresa pública do estado do Rio de Janeiro e única lucrativa - entre 2012 e 2016, o lucro líquido foi de R\$ 4 bilhões - ocorreu no dia 30 de abril de 2021 na Bolsa de Valores de São Paulo (B3), com a presença do então presidente da República, Jair Bolsonaro (sem partido), do Ministro de Economia Paulo Guedes e do governador Claudio Castro (PSC). Cabe frisar que o certame foi o maior leilão de saneamento já ocorrido no país, haja vista o envolvimento de 49 municípios, 12 milhões de pessoas e a arrecadação de 22,6 bilhões de reais em outorgas pagas pelas empresas vencedoras do leilão.

No leilão, o estado foi dividido em quatro grandes blocos formados por bairros da capital fluminense, municípios da região metropolitana e municípios do interior. O bloco 1 é composto pelos bairros da zona sul do município do Rio, o município de São Gonçalo e mais 16 municípios do interior do estado. O bloco 2 inclui os bairros da Barra da Tijuca e Jacarepaguá da capital e os municípios de Miguel Pereira e Paty do Alferes. O bloco 3 inclui os bairros da zona oeste do Rio e seis municípios do interior e da região metropolitana. O bloco 4 é composto pelos bairros do centro e da zona norte da capital e oito municípios da Baixada Fluminense. Cabe destacar que essa divisão desconsiderou quaisquer regras de planejamento urbano, priorizando interesses econômicos das concessionárias.

Dos quatro consórcios interessados no leilão, todos fortemente ligados ao mercado financeiro, dois arremataram 3 dos 4 blocos: o Consórcio AEGEA Saneamento e Participações S.A., que tem entre seus controladores o Fundo Soberano de Cingapura, a Corporação Financeira Internacional (do Banco Mundial) e o grupo Itaú, arrematou os blocos 1 e 4; já o bloco 2 ficou com o consórcio Iguá Saneamento S.A., que tem entre seus controladores o Canada Pension Plan Investment Board e o BNDES Participações S.A, uma subsidiária do BNDES, responsável pelo modelo de concessão . Cabe frisar que tanto o Consórcio AEGEA quanto o Iguá Saneamento integram o seletivo grupo das cinco empresas que controlam 85,3% dos contratos de privatização já existentes no Brasil, os quais atuam em 87,8% dos municípios onde o serviço é privatizado. (INSTITUTO MAIS DEMOCRACIA, 2018). Quanto ao bloco 3, não houve oferta no leilão de 30 de abril de 2021, apenas em dezembro deste mesmo ano o Grupo “Águas do Brasil” arrematou este bloco num novo certame.

Prevendo inicialmente a outorga mínima de R\$ 10,6 bilhões, a operação finalizou com a outorga de R\$ 22,6 bilhões, com ágio médio de 140% entre os blocos leiloados. Considerando que o estado do Rio de Janeiro está no Regime de Recuperação Fiscal desde 2017 esse valor pode parecer um êxito, contudo, as aparências enganam: i) cerca de R\$ 17 bilhões do total da outorga poderão ser financiados por recursos públicos do BNDES, ou seja, vende-se o patrimônio público e ainda paga-se a conta; ii) apenas 85% desse valor (R\$ 9 bilhões) irão para o estado e 15% para os municípios, que não têm obrigatoriedade de aplicar estes recursos no setor de saneamento; iii) destes R\$ 9 bilhões do estado, R\$ 4,5 bilhões já estão comprometidos com o pagamento da dívida contraída junto ao banco BNP Paribas; iv) com o lucro anual de aproximadamente R\$ 1,3 bilhão, em poucos anos a própria Cedae já retornaria aos cofres públicos o valor pela qual foi alienada. (SILVA et al., 2021, s.p.).

Dessa forma, o processo de concessão da Cedae à iniciativa privada explicita a tendência neoliberal de gestão do Estado na contemporaneidade. No caso do serviço de saneamento há estudos que mostram o fracasso da privatização no mundo, principalmente no que se refere a melhora da qualidade e dos preços praticados pelos prestadores. Um destes estudos mapeou 835 cidades ao redor do mundo que remunicipalizaram seus serviços, entre elas estão Paris, Berlim, Atlanta, Indianópolis, Joanesburgo, Buenos Aires, La Paz, Maputo, Jacarta. As motivações que levaram a retomada do controle público dos serviços são diversas: recuperar o domínio sobre a

economia e sobre os recursos locais; dificuldade de monitorar os prestadores privados, garantir serviços acessíveis às pessoas; garantir meios para transição energética e climática, diminuir violações aos direitos dos trabalhadores. (TNI,2017).

No caso do Rio de Janeiro, estudo de Ramos e Britto (2021, p.3) demonstrou que a tendência neoliberal de gestão do Estado estruturou todo desenho da concessão, tanto que o “leilão teve como critério de seleção a maior outorga e não a menor tarifa”, o que implica na utilização dos excedentes econômicos gerados pela Cedae para fins alheios às demandas do saneamento assim como ao aumento da tarifa de água.

Portanto, na contramão da narrativa governamental que, reiteradamente, afirma que “O Rio de Janeiro foi tomado por um clima de positividade em relação a essa concessão [...]”⁵, o que os diversos questionamentos sobre o processo de concessão mostram é que houve intensas disputas na sociedade e muitas dúvidas quanto aos riscos deste modelo para a garantia das necessidades da população fluminenses. Um dos maiores questionamentos diz respeito, exatamente, à possibilidade de se alcançar a prometida universalização do serviço de saneamento até 2033.

2.1. INDICADORES DE SANEAMENTO NO BRASIL E NO RIO DE JANEIRO

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento (SNIS, 2019), que é organizado pelo Ministério de Desenvolvimento Regional, o índice de atendimento total de água no país, em 2021, era de 84,2% da população, enquanto apenas 55,8% da população era atendida com rede de esgoto e, do esgoto coletado, apenas 51,2% era tratado. No caso estado do Rio de Janeiro, o SNIS mostra que o índice total de atendimento de água alcançava, em 2021, expressivos 90,7%, enquanto o atendimento por rede de esgoto era de apenas 70,5% e, do esgoto coletado, apenas 67,8% era tratado. (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2023a; 2023b).

O Novo Marco Regulatório do Saneamento (Lei 14.026/2020) estabelece em seu artigo 11-B, que:

Os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033 (BRASIL, 2020).

Como o Novo Marco Regulatório do Saneamento aponta para uma plena universalização do abastecimento de água (99%) e o Rio de Janeiro já está relativamente próximo desta meta (90,7%), o desafio maior será monitorar as prestadoras de serviço privadas em relação a qualidade, periodicidade e quantidade de água fornecida em todas as áreas da cidade. Cabe frisar que há áreas dentro da meta dos 90,7% que, recorrentemente, sofrem com má qualidade do serviço.

Como a cobertura de esgotamento sanitário no estado do Rio de Janeiro é bastante deficitária (70,5%) e a realidade quanto ao tratamento de esgoto é ainda mais dramática (67,8%), dificilmente alcançarmos a meta estabelecida pelo Novo Marco Regulatório de

⁵ Fala do governador do estado do Rio de Janeiro, Claudio Casto (PL), na oportunidade da “4ª Semana BNDES de Saneamento”, realizada de modo online entre os dias 28 de junho e 2 de julho de 2021, na mesa “O que esperar do Setor do Saneamento?”

90% tanto para coleta como para tratamento de esgoto. Lembramos que se considerarmos o índice de tratamento de esgoto em relação ao total do esgoto gerado nos municípios abrangidos pelo SNIS, o percentual do Rio de Janeiro cai de 67,8% para 39,8%, menor que a média nacional que é de 49,1%. Esse índice é obtido a partir da relação entre os volumes tratados e o total de esgoto produzido, tendo como referência para o cálculo o volume de água consumida.

Caso consideremos a desigualdade de acesso ao serviço de esgotamento sanitário, seja entre todos os municípios do estado do Rio de Janeiro, seja apenas entre os do interior da capital que concentra 40% da população do estado, os desafios para a universalização se tornam ainda maiores. A título de exemplo, todos os municípios da Baixada Fluminense estão abaixo da média nacional em termos de cobertura de rede e tratamento de esgoto. Duque de Caxias, Belford Roxo e São João de Meriti, por exemplo, estão entre as 20 piores cidades brasileiras em saneamento. (BRITO, 2022).

2.2. ANÁLISE DO EDITAL E DOS CONTRATOS DE CONCESSÃO

Frente ao quadro exposto, apresentaremos a seguir o resultado da análise do i) Edital de Concessão da Cedae e do ii) Contrato de Concessão à luz da perspectiva da universalização do saneamento. Essa análise poderia abarcar questões regulatórias (direitos e obrigações das partes), tarifárias (modicidade e abrangência da “tarifa social”) e relativas aos critérios de escolha das áreas prioritárias para o investimento. Contudo, concentrou-se, apenas, nos critérios indicados nos contratos para selecionar as áreas prioritárias.

Chama particular atenção como os contratos de concessão, de cada um dos quatro blocos, estabelecem os critérios para o investimento em “áreas irregulares não urbanizadas”. Os contratos se baseiam no Sistema de Assentamentos de Baixa Renda (SABREN), do Instituto Pereira Passos da Prefeitura do Rio de Janeiro, que define tais áreas como “favelas e aglomerados subnormais” (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (2021).

A análise dos contratos indica que a realização de investimentos em “áreas irregulares não urbanizadas” deve obedecer ao disposto no Anexo IV – Caderno de Encargos da Concessão. No Anexo IV dos contratos está dito que:

Nas ÁREAS IRREGULARES NÃO URBANIZADAS do município do Rio de Janeiro se prevê a ampliação do sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e respectiva operação e manutenção pela CONCESSIONÁRIA. **No entanto, os investimentos a serem realizados nestas áreas não serão quantificados para fins de cálculo das metas de universalização.** (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2021, p. 15) (grifo nosso)

No mesmo Anexo IV está estabelecido que somente “áreas irregulares urbanizadas” serão quantificadas para fins de cálculo das metas de universalização. Segundo o próprio texto do Anexo IV, as áreas urbanizadas são aquelas que receberam melhorias de infraestrutura e áreas não urbanizadas aquelas em que ainda não houve investimentos de urbanização, conforme classificação da prefeitura do Rio de Janeiro.

Aplica-se o regramento das áreas não urbanizadas também para as áreas classificadas como parcialmente urbanizadas. Evidencia-se, assim, que para efeito do cumprimento da meta de universalização estão excluídas as populações residentes em “áreas irregulares não urbanizadas” ou “parcialmente urbanizadas”.

No quadro abaixo apresentamos a população residente em área irregular urbanizada no município do Rio de Janeiro para que se tenha uma medida do universo da população excluída da meta de universalização.

Tabela 1: População da cidade do Rio de Janeiro em áreas Irregulares (2019)

Área Irregular	População (hab)		
	Total	Área urbanizada	Participação (%)
Rio de Janeiro Bloco I (Região 1)	186.032	61.656	33,14%
Rio de Janeiro Bloco II (Região 2)	251.941	13.820	5,49%
Rio de Janeiro Bloco III (Região 3)	273.202	37.206	13,62%
Rio de Janeiro Bloco IV (Região 4)	807.912	189.222	23,42%
Total	1.519.088	301.904	19,87%

Fonte: Anexo IV do Edital de Concessão.

Como se constata, do total de 1,5 milhão de pessoas vivendo em áreas irregulares no município do Rio de Janeiro, somente 300 mil moram em áreas urbanizadas. Verifica-se, assim, que 1,2 milhão de pessoas residem em áreas irregulares não urbanizadas ou parcialmente urbanizadas, que não estariam, portanto, contempladas pela meta de universalização. Contudo, há uma previsão de investimentos em “áreas irregulares não urbanizadas”, que totalizariam R\$ 1,8 bilhão, em doze anos, para os quatro blocos. Este valor está distribuído da seguinte forma:

Tabela 2: Previsão de investimentos nas “áreas irregulares não urbanizadas”

Localização	Total
Rio de Janeiro Bloco I (região 1)	R\$ 148.768.535,34
Rio de Janeiro Bloco II (região 2)	R\$ 305.183.336,74
Rio de Janeiro Bloco III (região 3)	R\$ 354.027.585,43
Rio de Janeiro Bloco IV (região 4)	R\$ 1.052.459.676,85
Total	R\$ 1.860.439.134,36

Fonte: Anexo IV do Edital de Concessão

Segundo o Anexo IV, “a concessionária alinhará com o governo estadual e o município do Rio de Janeiro” (grifo nosso), quais serão as áreas irregulares não urbanizadas que a concessionária precisa investir, “devendo ser priorizadas as áreas que atendam aos requisitos (i) de planejamento de urbanização pelo poder público e (ii) de maiores condições de segurança”.

Constata-se, portanto, pelo menos três restrições à universalização do serviço de água e saneamento no estado do Rio de Janeiro:

Um primeiro é de que os investimentos seriam limitados a “áreas irregulares não urbanizadas” do município do Rio de Janeiro. Então, como ficariam os investimentos em áreas similares dos outros 48 municípios da área de concessão? Por acaso, os municípios da Baixada Fluminense não possuem “áreas irregulares não urbanizadas”? Segundo o

censo do IBGE (2010), as cidades de Belford Roxo e Caxias contavam com 7% dos domicílios em “aglomerados subnormais”, já em São João de Meriti este percentual chegava a 10%. (MODELAR A METRÓPOLE, 2020)

Um segundo é que o montante previsto se mostra bastante limitado, mesmo considerando que se trata de recursos destinados somente às “áreas irregulares não urbanizadas” do município do Rio. À título de exemplo, o valor previsto de R\$ 148 milhões para o “Bloco 1 – Rio de Janeiro (Zona Sul da cidade)” revela-se, claramente, insuficiente. Essa área reúne dezenas de favelas, entre elas a Rocinha, que convive historicamente com falta d’água e de esgotamento sanitário⁶.

Um terceiro limite são os critérios que deverão nortear a escolha das áreas que receberão os ditos investimentos: (i) áreas com planejamento de urbanização pelo poder público; e (ii) áreas com maiores condições de segurança. Isso implica dizer que, mesmo entre as “áreas irregulares não urbanizadas” da cidade do Rio, serão selecionadas, na melhor das hipóteses, aquelas “parcialmente urbanizadas”, deixando de fora a população mais desassistida.

O Anexo IV ainda introduz outro critério que torna a decisão das concessionárias ainda mais discricionária e, portanto, passível de produzir exclusões. Trata-se da classificação das áreas irregulares em áreas elegíveis e inelegíveis para investimentos. “As áreas inelegíveis são aquelas em que, em função das condições específicas locais, não é técnica ou juridicamente possível a realização de obras de aperfeiçoamento do sistema”.

Esse novo critério sobre áreas elegíveis e não elegíveis abrange um nível de subjetividade, conferindo às concessionárias o direito de não investirem em determinadas áreas sob a alegação de impossibilidade técnica ou jurídica. Ao aplicar tal critério, áreas de favela e loteamentos irregulares poderiam ser enquadradas, sem maiores dificuldades, como “áreas inelegíveis” para o investimento.

Por fim, à medida que áreas irregulares não urbanizadas ou parcialmente urbanizadas se encontram fora das metas de universalização, observa-se que os indicadores de desempenho – descritos no Anexo III, dos contratos – partem de um patamar superestimado de cobertura do serviço, em especial de esgotamento sanitário. Exemplo mais notório, o Índice de Atendimento Urbano de Esgoto (IAE) da cidade do Rio de Janeiro, na área do Bloco 1 (Zona Sul), já teria alcançado os 90% no ano da concessão (2021) e, portanto, para esta área não se projeta qualquer ampliação. (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2020b)

3. CONCLUSÃO

O artigo conclui que, pelos próprios termos do contrato, a universalização não está prevista já que, paradoxalmente, não inclui as áreas não urbanizadas ou parcialmente urbanizadas de todas as cidades do Estado do Rio de Janeiro nas metas de universalização do serviço. Áreas onde, justamente, se concentra o maior déficit do serviço de saneamento, onde vivem as parcelas mais empobrecidas da população e com baixa capacidade de pagamento.

⁶ Para se ter uma ideia, somente o PAC 1 realizou investimentos na favela da Rocinha, entre 2007 e 2011, no valor de R\$ 259 milhões, principalmente no saneamento, porém sem chegar a dar uma resposta efetiva aos problemas de saneamento na favela. (LIMA, 20203)

Deste modo, a principal justificativa, tanto para a mudança no marco regulatório do saneamento, quanto para a privatização da CEDAE, ou seja, a universalização do saneamento, não ocorrerá, simplesmente por não estar prevista. Fica demonstrado que, na ausência das obrigações contratuais para garantia da universalização, as três concessionárias e o Estado descumprem o que determina o novo marco do saneamento, violando o direito humano à água e ao saneamento no Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Projeto de Decreto Legislativo 57/2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2021/04/PDL-57-21-ALERJ.pdf>> Acesso em 27 fev. de 2023.
- [2] BRASIL. Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020. **Diário Oficial da União, Brasília, 19 jul. 2020**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm#>. Acesso em 27 fev. de 2023.
- [3] BRASIL, Lei Federal nº 13.334, de 13 de setembro de 2016. **Diário Oficial da União, Brasília, 18 set. 2016**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13334.htm>. Acesso em: 27 fev. de 2023.
- [4] BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da União, Brasília, 11 jan. 2007**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 27 fev. de 2023.
- [5] BRITO, C. Entenda por que 4 cidades do Grande Rio estão entre as 20 piores do país no ranking de saneamento. **Portal G1**. Rio de Janeiro, 27 de março de 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2022/03/27/entenda-por-que-4-cidades-do-grande-rio-estao-entre-as-20-piores-do-pais-no-ranking-de-saneamento.ghtml>> Acesso em 20 fev. 2023.
- [6] GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (2020a). Decreto Estadual 47422, de 23 de dezembro de 2020. **Diário Oficial do Estado, Rio de Janeiro, 23 dez. 2020**. Disponível em: http://www.concessaosaneamento.rj.gov.br/publicacoes-oficiais/DOERJ_28.12.2020_Decret_Art_5.pdf> Acesso em: 27 fev. de 2023.
- [7] GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (2020b). Edital de Concessão da Companhia de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro, 29 dez. 2020. **Portal da Transparência**. Disponível em: <http://www.concessaosaneamento.rj.gov.br/documentos.php>> Acesso em 27.fev.2023.
- [8] GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (2021). Contratos de Concessão dos blocos 1, 2, 3 e 4. **Agência Reguladora de Energia e Saneamento**. Disponível em: http://www.agenersa.rj.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&id=53&Itemid=92: Acesso em: 15 fev. 2023.
- [9] GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (1997). Lei Estadual 2831, de 13 de novembro de 1997. **Diário Oficial do Estado, Rio de Janeiro, 16 nov. 1997**. Disponível em: <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/90705/lei-2831-97>>. Acesso em 27 fev. de 2023.
- [10] Portal G1 (2023). Depois de reação do mercado, governo vai rever MP que tirava regulação de saneamento da ANA. Rio de Janeiro, 03 de janeiro de 2023. **Portal G1**. <https://g1.globo.com/politica/noticia/2023/01/03/depois-de-reacao-do-mercado-governo-vai-rever-mp-que-tirava-regulacao-de-saneamento-da-ana.ghtml>> Acesso em 16 de fev de 2023.
- [11] INSTITUTO MAIS DEMOCRACIA (2018). Quem são os proprietários do Saneamento no Brasil? Rio de Janeiro. Disponível em: https://br.boell.org/sites/default/files/proprietarios_do_saneamento-pesquisa-institutomaisdemocracia-fundacao_boll_brasil.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2023.
- [12] JANONE, L; BARRETO, E. (2021) Justiça do Rio suspende decreto da Alerj que tentava impedir leilão da Cedae. **Portal CNN**, Rio de Janeiro, 30 de abril de 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/justica-do-rio-suspende-decreto-da-alerj-que-tentava-impedir-leilao-da-cedae/>> Acesso em 27.fev de2023.

- [13] LIMA, L. Saneamento básico é complexo na Rocinha. **Favela da Rocinha .com**. Disponível em: <<https://faveladarocinha.com/saneamento-basico-e-complexo-na-rocinha/>> Acesso em 17 fev. 2023.
- [14] MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. (2022a) Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS). Disponível em: <<http://appsniis.mdr.gov.br/regionalizacao-hmg/web/mapa/index?id=20>> Acesso em: 27 fev. 2023.
- [15] MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. (2022b) Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS). Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel>. Acesso em: 15 fev. de 2023
- [16] MEDEIROS, P. (2020) Claudio Castro diz que governo pode reconsiderar a privatização. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 29 de outubro de 2020. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/rio/claudio-castro-diz-que-governo-pode-reconsiderar-privatizacao-da-cedae-24718512>>. Acesso em: 27 fev. 2023.
- [17] MODELAR A METRÓPOLE. Produto 18 Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro **Tomo I**.
- [18] ONDAS. (2022) Direitos à Água e ao Saneamento e a iminência de um marco histórico no Brasil. São Paulo, 8 de julho de 2022.
- [19] RAMOS, C. S. BRITTO, A. L. A face oculta da privatização das águas". Disponível em: <<https://outraspalavras.net/crise-brasileira/face-oculta-da-privatizacao-das-aguas/>>. **Outras Palavras**, 10 de junho de 2021. Acesso em: 29 jun. 2021.
- [20] SILVA, C. R.; PINTO, J. R L.; CAVALCANTE A. V. L.; RIBEIRO, D. G.; SOUZA, A. G. G. (2020). Mercado das águas e o suspeito leilão da CEDAE. **Outras Palavras**, 1 de junho de 2020. Disponível em: <<https://outraspalavras.net/crise-brasileira/o-mercado-das-aguas-e-o-suspeito-leilao-da-Cedae/>>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- [21] TNI – Transnational Institute. Reclaiming Public Services: How cities and citizens are turning back privatisation. June 2017. Satoko Kishimoto, Olivier Petitjean and Lavinia Steinfert (eds.). Amsterdam and Paris.

Capítulo 2

Faltou água, e agora? Uma reflexão sobre o planejamento municipal

Bianca Dieile da Silva

Resumo: Para a elaboração deste artigo foi feita uma revisão da literatura sobre o tema por meio de consultas a legislação brasileira, banco de dados sobre os serviços de saneamento, periódicos científicos, livros e portais de notícias eletrônicos de forma exploratória para a apresentação das questões atuais envolvendo a intermitência em serviços públicos de abastecimento de água principalmente na região da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara.

1. INTRODUÇÃO

O acesso à água sempre foi fundamental para o desenvolvimento civilizatório humano, razão pela qual várias sociedades estabeleceram-se próximas às margens de rios e lagos. Com o adensamento das áreas urbanizadas e o consequente aumento no uso houve uma redução de disponibilidade também pela contaminação das fontes de água, muitas delas usadas no Brasil para descarte de efluentes domésticos e industriais. Diante disso, procedimentos de controle tanto de quantidade quanto de qualidade da água tiveram que ser utilizados para evitar a distribuição e consumo de água de forma insegura. Assim, foram criados critérios para garantir água em quantidade e qualidade adequada para o consumo. Os mecanismos de controle têm se atualizado com ferramentas cada vez mais específicas, com parâmetros cada vez mais abrangentes. Apesar dos esforços ainda há muito a ser feito neste campo para a garantia de água segura a todos.

Kofi Annan, então secretário-geral da ONU, afirmou que nenhuma medida poderia contribuir para reduzir a incidência de doenças e salvar mais vidas no mundo em desenvolvimento do que fornecer água potável e saneamento adequado a todos (CASTRO; SCARIOT, 2005). Porém, segundo o Relatório da Organização Mundial da Saúde, atualmente 785 milhões de pessoas não possuem acesso a uma fonte adequada de água (UNICEF, 2019).

Na busca de garantir o acesso seguro à água, em 2010, o acesso a água potável foi reconhecido como direito humano pela Resolução ONU A/RES/64/292. Nesse sentido, o despertar da água como direito humano fundamental e a preocupação com a edição de legislações para salvaguardar a qualidade e o acesso a esse elemento natural, mediante políticas públicas, são questões recentes (AUGUSTO *et al*, 2012).

As normas internacionais de direitos humanos determinam que os serviços de água e saneamento devem ser física e financeiramente acessíveis, disponíveis em quantidades suficientes, de qualidade, além de cultural e socialmente aceitáveis. As desigualdades de acesso – entre pobres e ricos, entre zonas rurais e urbanas ou entre bairros formais e favelas – devem ser progressivamente eliminadas.

O acesso à água também é um indicador de qualidade de vida e de desenvolvimento dos países, tendo sido incluído em um dos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio definidos pelas Nações Unidas. Cujas metas era reduzir à metade o número de pessoas sem acesso a uma fonte segura de água, com o ano de 1990 como referência, o que foi alcançado pelo Brasil em 2010. Porém esta meta ainda deixava muitas pessoas sem acesso à água, por isso uma atualização foi feita e, em 2015, houve o lançamento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que dedica o ODS 6 que prevê o acesso universal e equitativo a água potável e saneamento até 2030.

No Brasil, segundo o Censo de 2022, rede geral de distribuição de água foi a forma principal de abastecimento de água para 82,9% dos habitantes, mas para seis milhões de brasileiros o abastecimento ainda é feito de forma inadequada como pela distribuição caminhões-pipa, coleta de água de chuva ou de fontes não tratadas, onde há mais riscos de contaminação. Este quadro é ainda mais preocupante pois 4 milhões destes brasileiros são crianças de até 9 anos (IBGE, 2024).

Assim, o Brasil está longe de garantir serviços de saneamento básico a todos, a expectativa era que chegássemos a universalização em 2033, segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2011), porém suas metas foram reavaliadas diante da insuficiência dos investimentos das últimas décadas. Além disso vale salientar que o país

apresenta desigualdades de acesso tanto na esfera regional e, também quando observadas as questões de renda, raça e gênero (JESUS, 2020; HELLER, 2022; MORAES, 2023; IBGE, 2024).

Além da ausência de abastecimento por rede geral, em locais onde há esta estrutura segundo Lee e Schwab (2005), em países em desenvolvimento os principais problemas são ligados à vulnerabilidade e intermitência destes sistemas, mais do que a sua cobertura. Isso se dá principalmente pela intrusão de agentes patogênicos através da água contaminada nas redes de distribuição (LECHEVALLIER *et al.*, 2003).

Atualmente a maioria dos indicadores de serviço de abastecimento de água é descrita a partir da origem da água que abastece os domicílios, como, por exemplo, a existência ou não de rede de água de abastecimento ou na descrição de fontes alternativas, desconsiderando aspectos relativos à qualidade deste serviço, como a intermitência e a qualidade da água. Entre os indicadores que se encaixam nessa descrição estão os utilizados pela UNICEF e, aqui no Brasil, os publicados pelo Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Embora a distribuição de água por rede pública seja considerada uma forma adequada de acesso à água no Brasil segundo o Sistema Nacional de Informação de Saneamento, há muitos problemas relacionados a esta rede como uma elevada perda de água que gira em torno de 40%. A perda de água pode ser um indicador de falhas como rupturas nos dutos da rede de distribuição, situação que pode ocasionar a entrada de patógenos. A intermitência no funcionamento da rede de abastecimento de água também pode piorar este quadro facilitando a entrada de elementos externos pela ocorrência de pressão negativa nos dutos.

Portanto, a proporção de domicílios abastecidos por rede de água não pode ser considerado um indicador que aponte com precisão e sensibilidade os problemas relacionados à segurança hídrica. Para uma avaliação mais abrangente deve-se considerar a cobertura da rede de coleta de esgoto, a contaminação da água na rede de abastecimento, a possível contaminação de mananciais de água, o tratamento inadequado ou insuficiente da água, a intermitência do abastecimento e a interação entre água e esgoto no solo no entorno do domicílio (BARCELLOS *et al.*, 2013).

Com efeito, a intermitência depende de vários fatores como a disponibilidade de água local, de medidas estruturantes que potencializem a capacidade de tratamento e armazenamento público, o funcionamento adequado do sistema de distribuição e o armazenamento domiciliar.

A intermitência também ocorre por interrupções nas estações de tratamento de água causadas por problemas na qualidade da água bruta como o aumento da turbidez em caso de chuvas ou por acidentes com contaminantes químicos nos mananciais. A falta de energia também compromete o tratamento além de prejudicar a distribuição que depende normalmente do uso de bombas. Além destas causas temos outros problemas como o rompimento de adutoras e interrupções para serviços de manutenção em geral.

A interrupção do serviço de abastecimento de água além de poder contaminar a rede de distribuição, limita a sua disponibilidade, assim, compromete a qualidade dos hábitos de higiene de uma população e ser um fator de risco para desnutrição crônica (TEIXEIRA; HELLER, 2004). Com a falta de água, aumenta-se o consumo de fontes não controladas de abastecimento, como bicas e poços, aumentando o risco de doenças infectocontagiosas. Outro problema é que a busca pela água de outras fontes muitas vezes

depende da capacidade de carregar esta água da fonte alternativa até o domicílio, o que compromete o tempo (que poderia ser usado para outras atividades) e também ocasiona em desgaste físico (e distúrbios musculoesqueléticos) e pioram a qualidade de vida, principalmente das mulheres, que em grande parte das vezes pela divisão sexual do trabalho imposta, são as responsáveis por este trabalho (HELLER, 2022).

Outro ponto é que repetidos episódios de intermitência, juntamente com uma comunicação falha sobre as questões de abastecimento, reduz a confiança no sistema. Este fato leva a população a manter nos seus espaços peridomiciliares reservatórios de água, que podem favorecer a proliferação de vetores como o *Aedes aegypti*, transmissor dos vírus causadores do dengue, da chikungnia e da zika. A crise hídrica de 2015 em São Paulo é emblemática, nesse sentido, pois, as próprias autoridades estaduais admitiram a associação entre “crise hídrica” e “epidemia de dengue” (CAMBRICOLI, 2015; LARA, 2015). Outros agravos relacionados ao consumo de água contaminada no seu processo de armazenagem e transporte em reservatórios indevidos também tendem a aumentar.

Hunter e seus colegas (2009) afirmam que poucos dias de interrupção no abastecimento de água podem ser suficientes para arruinarem os benefícios do suprimento de água potável de boa qualidade. Nesse sentido, um sistema que não funciona bem teria pouco valor econômico em termos de saúde em geral, o melhor custo benefício seria melhorar o gerenciamento dos sistemas já existentes ao invés de se construir novos sistemas que não funcionariam a contento ou que tivesse intermitências. Eles também ressaltam a importância dos investidores (agências ou governos) se esforçarem mais para avaliar a efetividade dos investimentos no acesso à água em longo prazo.

Há também o empobrecimento da população que sofre intermitência pelo aumento dos gastos relacionados a compra de água envazada ou de caminhão-pipa. Também a redução na confiança no sistema público de abastecimento de água pode levar a um aumento no consumo de água envazada com valor mais alto do que a água de rede, o que corrobora com o aumento dos custos no acesso à água.

Sendo este um fenômeno com tantos impactos na qualidade de vida das pessoas, este trabalho busca apresentar como é caracterizada a intermitência no serviço de abastecimento de água público nos primeiros Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) elaborados pelas cidades da Bacia Hidrográfica da Baía da Guanabara no Estado do Rio de Janeiro que abordaram a questão nos seus diagnósticos e, principalmente nos seus planos de emergência e contingência.

2. FALTA D'ÁGUA: UM PROBLEMA BRASILEIRO

No Brasil, a universalização do acesso à água é um dos princípios da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei No. 11.445/2007), que atribui ao Estado e aos operadores dos serviços o atendimento adequado para toda a população do território (BRASIL, 2015a). Na recente atualização da lei em 2020 (Lei No. 14.026/2020) além da universalização do acesso incluiu-se nos princípios a efetiva prestação do serviço.

Porém, prevalece no país um cenário no qual a intermitência na distribuição de água apresenta-se como um problema recorrente. Dada ao seu papel no aumento da vulnerabilidade social (DINIZ et al, 2021) principalmente pelo seu impacto para a saúde pública, coube ao Ministério da Saúde (2011) a definição da intermitência como “paralisação do fornecimento de água com duração igual ou superior a seis horas em cada

ocorrência” segundo a Portaria No. 888/2021, que também é utilizada pelo Sistema Nacional de Informação de Saneamento.

Por outro lado, pode ser enfrentada com o estabelecimento da capacidade de armazenamento e de medidas não estruturantes como comunicação prévia e educação dos usuários. No Brasil é comum que as interrupções não sejam devidamente comunicadas à população seja pela ausência de planejamento ou até mesmo por falhas nos meios de comunicação utilizados. Com o objetivo de minimizar os impactos relativos à interrupção nos serviços de abastecimento público de água, o Decreto No. 7.217/2010 estabelece que: “as interrupções programadas dos serviços de abastecimento de água deverão ser *previamente comunicadas ao regulador e aos usuários* no prazo estabelecido na norma de regulação, que preferencialmente será superior a quarenta e oito horas.”

Problemas de comunicação sobre a ocorrência de intermitência e sua duração resultam em riscos maiores ainda para a população, comprometendo assim medidas preventivas e levando muitas vezes a população a acumular água em condições inadequadas.

As causas da intermitência nos sistemas de abastecimento de água do país são muitas, em um dos primeiros estudos de caráter nacional sobre o tema em 2010, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) já previa que 55% dos municípios brasileiros poderiam sofrer déficit de abastecimento até 2015 (ANA, 2010), o que implicaria em problemas que se manifestariam, por sua vez, através da inconstância do serviço. Fato que em parte se comprovou, em 2017, um estudo apontou que 2.319 municípios registraram intermitência ou racionamento no abastecimento de água nos últimos 12 meses que antecederam a pesquisa (IBGE, 2020). Um estudo recente chamado “Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos do Brasil” apresenta projeções onde, até 2040, o Brasil pode ter uma redução de 40% na disponibilidade hídrica nas principais bacias hidrográficas do país, o que pode implicar em uma situação mais grave ainda na intermitência relacionada a redução da disponibilidade hídrica local, seja por eventos relacionados com a seca. Ao mesmo tempo, a ANA prevê um aumento na demanda de água no Brasil de 30% (ANA, 2024).

Com os recentes eventos de racionamento no país, os riscos da intermitência nos sistemas de abastecimento de água, principalmente no sudeste, estão sendo mais divulgados e a população e as instituições de controle têm se mobilizado mais na busca da solução do problema (SANTOS; LOIOLA, 2015). Entretanto, deve-se levar em conta que no semiárido brasileiro sempre sofreu períodos de racionamento pelas condições climáticas aliadas à ausência ou à ineficácia das políticas públicas, porém nunca alcançou o debate público nacional como apresenta o trabalho de Sena e Alpino (2022).

As fontes de dados sobre intermitência ainda são insipientes no país. Em 2008, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico abordou o tema, definindo racionamento como qualquer interrupção no sistema em decorrência de problemas e apontou que 23,4% dos municípios brasileiros tiveram racionamento de água, por motivos diversos em 2008. Os principais motivos apontados foram em primeiro lugar a estiagem, com exceção da região norte. Outros motivos apontados são: insuficiência de água no manancial, deficiência na produção e na distribuição e população flutuante. As regiões com maior ocorrência desse tipo de problema foram a Nordeste (40,5%) e a Norte (24,9%). Na Região Nordeste, chama a atenção o conjunto de municípios dos Estados de Pernambuco (77,3%), Ceará (48,9%) e Rio Grande do Norte (46,7%); na Região Norte, os Estados do Amazonas (43,5) e Pará (41,4%). Os motivos mais frequentes apontados pelos municípios para o

acionamento de água são: problemas relacionados à seca/estiagem (50,5%); insuficiência de água no manancial (39,7%); deficiência na produção (34,5%); e deficiência na distribuição (29,2%) (IBGE, 2008).

O Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, que está se estruturando desde 1994 por sua vez, incluiu as interrupções e as paralisações nos seus indicadores, que integram um banco de dados, alimentado por informações oriundas de questionários respondidos pelos gestores dos municípios e das operadoras de sistemas de distribuição de água. Porém, como esses dados não são auditados e somente descrevem as interrupções que ocorrem como parte do controle de processo das operadoras, os mesmos, para muitos municípios, não constituem uma fonte altamente confiável.

Estudos acadêmicos também buscaram mapear melhor a intermitência em alguns contextos locais, principalmente no nordeste como em Campina Grande na Paraíba, onde GRANDE (2016) identificou uma escassez hídrica estrutural, que associa a topografia com problemas relacionados a rede de distribuição em si. Outro estudo feito por NASCIMENTO (2008) na Região Metropolitana de Recife descreveu a intermitência causada por problemas também estruturais na distribuição de água associados a um déficit na quantidade de água que vulnerabiliza parte da população, o que aumenta também a adução de água subterrânea.

Na região metropolitana do Rio de Janeiro estudos feitos por Britto e colegas em 2016 caracterizou os problemas de abastecimento público de água como escassez hidrossocial marcada pela desigualdade social. Essa desigualdade foi também descrita no estudo de Quintsl (2023) a partir dos sistemas sociotécnicos e da distribuição espacial da população em um estado onde as ações sempre priorizaram a estrutura de abastecimento na capital em detrimento das outras cidades.

3. PLANEJAMENTO MUNICIPAL DO SETOR SANEAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAIÁ DE GUANABARA

O planejamento é uma ação política, uma vez que representa uma forma da sociedade exercitar quais visões de futuro que são compartilhadas. Engloba um processo dinâmico de lidar com conflitos de interesse e de reflexão e análise para escolha de alternativas, pode ser visto como uma ferramenta de trabalho utilizada para tomar decisões, marcadas por visões sociais de mundo. Toda escolha coletiva envolve interesses e percepções, especialmente sobre o que se pretende alcançar no futuro, que se apresentam diferenciados em qualquer grupo social (BUARQUE, 1999).

A falta de planejamento sempre está relacionada como uma das principais causas para os problemas com a gestão de água e conseqüente aumento do risco de racionamento gerando intermitência no sistema de abastecimento. Historicamente no Brasil, esta é uma questão que atravessa o campo do planejamento urbano e de saúde e, quando há falta de água que move a mobilização social, conseqüentemente também envolve o campo político.

Estes diferentes campos possuem visões distintas sobre os papéis dos planos, como ficou explícito no caso da elaboração do plano de contingência do sistema de abastecimento público de água da região metropolitana de São Paulo, que foi classificado pelo então Governador Geraldo Alckmin como "papelório inútil" já que na sua visão, não haveria a necessidade de utilizá-lo. Esta postura demonstra como a importância das ferramentas de planejamento ainda não é reconhecida amplamente (SANTIAGO, 2015).

A disseminação da prática do planejamento no setor de saneamento, desde que desenvolvida com a metodologia adequada, poderia tornar menos arbitrárias as decisões cotidianas dos gestores e dos técnicos, explicitando os propósitos dos prestadores, e, facilitaria a tomada de decisões com objetivos de mais longo prazo, superando a descontinuidade nas ações políticas, sobretudo quando da alternância de dirigentes políticos (HELLER; REZENDE, 2013).

O planejamento de demanda de água na Região Metropolitana do Rio de Janeiro foi primeiramente elaborado de forma mais estruturada no ano de 1967 pela empresa americana *Engineering Science*, chamado “Plano Diretor de Abastecimento para o Estado da Guanabara”. Depois disso, em 1982, outro estudo foi realizado, o chamado “Plano Diretor de Abastecimento de Água para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro”, o qual recomendava o controle de perdas, a redução do desperdício e a conservação do manancial do Rio Guandu além de alertar sobre a existência de uma demanda reprimida (RIOS, 1991).

Os planos feitos até a Lei de Saneamento Básico de 2007 eram na sua maioria de caráter técnico administrativo e não contemplavam outras visões além da dos gestores públicos e seus interesses naquele momento histórico. A visão de futuro era baseada na ideia da eficiência na utilização dos recursos disponíveis, ou seja, na otimização da relação benefício/custo. Além disso, não se propuseram a considerar a inter-relação entre os aspectos econômicos e políticos, e não permitiram que se compreenda a maneira pela qual são produzidas as estruturas de reprodução de desigualdades, assim, pouco avançaram na sua redução. Além disso, tiveram como característica entender o futuro como uma mera projeção do passado ou de sua trajetória, e supunham que o ator que planeja tem poder absoluto, neste caso o Estado, com poderes concentrados no executivo. Este modelo foi adotado por vários países da América Latina a partir da Conferência de Punta del Este, no início da década de 60 (MATUS, 1984, apud HELLER; REZENDE, 2013, p.1).

As políticas públicas posteriores à restauração da democracia formal, na década de 1980, intensificaram a produção de contradições geográficas ao priorizarem intervenções em áreas centrais e em benefício de população de maior renda. Além do mais, normalmente obedeceram a critérios exógenos, demandas tecnocráticas e agendas político-partidárias (PORTO, 2001). Neste cenário, até hoje, os serviços de abastecimento de água refletem a segmentação social e da segregação socioespacial da sociedade brasileira tanto na disponibilidade de sistemas mais seguros, como estações de tratamento de água e redes de distribuição, quanto nas questões de qualidade do serviço como a ocorrência de intermitência.

Para reverter o quadro de desigualdade social, um dos caminhos seria pensar a função social da cidade como o uso socialmente justo e equilibrado do espaço urbano, como direito de acesso a bens e serviços que garantam condições de vida digna, culturalmente dinâmica e condizente com os valores considerando o direito à informação e à participação política. Isto não era possível em planos feitos por um grupo pequeno de técnicos. Assim, uma grande mudança foi como o planejamento foi definido como uma das ações de gestão do saneamento básico prevista na Lei No. 11.445/2007, que previa a elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico e pela primeira vez com a garantida participação das comunidades, movimentos e entidades da sociedade civil em todas as etapas do estudo.

O PMSB é o resultado de um conjunto de estudos com o objetivo de conhecer a situação atual do município e planejar as ações e alternativas para a universalização dos

serviços públicos de saneamento básico. Também deve descrever as condições para a prestação dos serviços, objetivos, metas, programas, projetos, ações e planos de emergência e contingência. Como forma de incentivo para que os municípios elaborassem seus planos, o governo federal condicionou o acesso a recursos orçamentários da União a partir de 2015 a apresentação dos planos, prazo que foi expandido até dezembro de 2022

Estes planos deveriam contemplar as quatro dimensões do saneamento básico: abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem pluvial além de dialogar com a gestão de recursos hídricos e planejamento urbano. Dificuldades foram identificadas neste sentido no Estado do Rio de Janeiro onde a maioria dos PMSBs, segundo o Programa de Saneamento Ambiental, não se apresentam completos possuindo na maioria dos casos apenas as vertentes de abastecimento de água e esgotamento sanitário (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2020).

A elaboração de um plano intersetorial, integrado e participativo apresenta desafios consideráveis, principalmente por parte dos municípios menores, como a indisponibilidade de recursos financeiros, a limitação quanto à qualificação profissional e capacidade técnica municipal além das questões como integração de órgãos das áreas que compõem o saneamento e vontade política (LISBOA, HELLER, SILVEIRA, 2013).

4. METODOLOGIA

Para a elaboração deste artigo foi feita uma revisão da literatura sobre o tema por meio de consultas a legislação brasileira, banco de dados sobre os serviços de saneamento, periódicos científicos, livros e portais de notícias eletrônicos de forma exploratória para a apresentação das questões atuais envolvendo a intermitência em serviços públicos de abastecimento de água principalmente na região da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara.

Esta bacia foi selecionada para este estudo por ser a mais densamente povoada do Estado e que apresenta maior risco de intermitência pela sua baixa disponibilidade hídrica, por limitações estruturais e por apresentar na região metropolitana um grande sistema de tratamento de água centralizado, o que por si só já representaria um agravante para o risco de interrupções do sistema. Além disso o abastecimento depende em grande parte de água oriunda da transposição do Rio Paraíba do Sul para o Rio Guandu, outro ponto de fragilidade para o sistema já que o Rio Paraíba do Sul é alvo de disputa para vários outros sistemas de abastecimento e recebe grande carga de poluentes.

Buscou-se nos PMSBs informações referente à caracterização do problema de intermitência no serviço de abastecimento de água e as ações prevista para sua mitigação. Para isso foram analisados os diagnósticos, planos de metas e de planos de emergência e de contingência. Os PMSBs se mostraram uma alternativa viável de serem utilizadas como base de estudos sobre dados municipais de saneamento básico como a intermitência e a consequente falta d'água por possuírem informações de fontes variadas e de congregar a visão de diferentes atores.

A discussão sobre a intermitência no serviço de abastecimento de água fundamenta-se nos cinco primeiros PMSBs de municípios da bacia hidrográfica da Baía da Guanabara, são eles: Rio de Janeiro, Tanguá, Guapimirim, Cachoeira de Macacu e Magé. Uma breve descrição é feita sobre o processo de revisão do PMSB da Cidade do Rio de Janeiro que ainda se encontra em andamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara ocupa uma área de 4.198 km² e abrange 17 municípios do Estado do Rio de Janeiro, que são: Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti, Nilópolis e parcialmente os municípios de Maricá, Rio Bonito, Cachoeira de Macacu, Petrópolis, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro, abrangendo 80% da população do Estado.

Segundo a ANA, na sua avaliação sobre a demanda de água na bacia hidrográfica, é necessária uma ampliação na sua captação para atender uma demanda populacional crescente.

Esta região sempre apresentou problemas de qualidade nos serviços de saneamento básico prestados embora já tenha sido alvo de investimentos consideráveis, como o Plano de Despoluição da Baía de Guanabara, que não atingiu as metas de melhoria e apresentou problemas de gestão no seu processo de implantação (GOLO, 2010).

Nos municípios que compõem a bacia hidrográfica há um histórico de controle das instituições estaduais sobre os serviços de saneamento, principalmente de água e esgoto pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), apesar de recentemente o controle da distribuição ter sido concedido a empresas privadas, a Cedae ainda é responsável pela produção de água. A CEDAE justificava a falta de um abastecimento satisfatório pela variação de demanda gerada, seja em função do fluxo de turistas, o que geraria uma população flutuante, seja por ligações clandestinas, rompimentos de dutos – que ocasionam vazamentos e desperdício –, e por eventuais novas extensões da rede sem um correspondente aumento na capacidade de produção (OLIVEIRA, 2005). Outros problemas foram recentemente considerados como manutenção do sistema de tratamento de água, falta de energia, além de repetidas suspensões na captação de água por alterações na sua qualidade pelo aumento da turbidez por causa de chuvas e pela presença de poluentes.

Para a elaboração dos PMSBs, que exige um esforço tanto técnico quanto político, nos municípios da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara houve uma ação conjunta do governo federal por meio do Ministério das Cidades e do estadual, pelo Programa de Saneamento dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara – PSAM. Os primeiros cinco planos da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara que foram objetos deste estudo são:

Tabela 1: Planos Municipais de Saneamento Básicos e seus respectivos instrumentos legais:

Município	Lei Municipal/Decreto
Rio de Janeiro	Decreto No. 34.290/2011
Cachoeira de Macacu	Lei Municipal No. 1.991/2013
Guapimirim	Lei Municipal No. 806/2013
Magé	Lei Municipal No. 2.221/2014
Tanguá	Decreto No. 132/2013

Primeiramente será descrita a intermitência no serviço de abastecimento público de água a partir dos diagnósticos e depois serão discutidos os planos de emergência e contingência, que compõem também os PMSBs de forma conjunta.

Começando pela capital, a rede hidrográfica do Município do Rio de Janeiro caracteriza-se pelo modesto volume d'água e alto grau de contaminação não sendo usado para o abastecimento, embora vários pequenos sistemas pudessem colaborar, esta alternativa foi abandonada para priorizar o sistema de tratamento de água do Rio Guandu. Embora a construção da estação de tratamento de água, considerada a maior da América Latina, tenha melhorado a situação, ainda há uma demanda reprimida. As ações futuras prevêm a construção de mais uma estação de tratamento de água junto à atual, utilizando também águas do Rio Guandu, ou seja, com água da transposição do Rio Paraíba do Sul. No PMSB do município do Rio de Janeiro não cita no seu diagnóstico a intermitência, embora a questão esteja sempre presente nos noticiários e relatada em outros estudos como no livro "Rio, O Aquecimento Global e a Cidade – Próximos 100 anos" organizado pelo Instituto Pereira Passos, que afirma:

"Como já observado, áreas da cidade do Rio de Janeiro estão sujeitas ao abastecimento público intermitente e, portanto, contam com sistemas individuais e particulares de extração de água subterrânea(...). Da mesma forma, redes de distribuição constantemente despressurizadas poderão também estar sujeitas à infiltração da água subterrânea salinizada." (IPP, 2008, p. 32)

Uma possível explicação para isso é que no PMSB do Rio de Janeiro, foram excluídas do diagnóstico as áreas irregulares e as áreas de obrigação de terceiros na definição de metas de cobertura mínima do serviço de abastecimento de água (99,9%). Esta definição resultou na exclusão de grande parte das favelas do município, onde os episódios de intermitência ocorrem mais segundos recentes como o de MORAES (2023). No PMSB há um índice para avaliação sistemática de evolução para a ocorrência de intermitência, porém sem linha de base e metas definidas, não é possível o seu acompanhamento.

Com relação ao município de Magé, no diagnóstico participativo foi relatada a insegurança sanitária da população quanto à água que consome, pois na falta do sistema público, utiliza poços rasos e ligações clandestinas à rede e às nascentes, fontes de água sem controle de qualidade. Como a cobertura de rede de abastecimento é baixa (39,7% dos domicílios), a primeira demanda da população foi a ampliação do sistema e também foi relatado que nos bairros que tem rede há intermitência e problemas de qualidade que se agravam em períodos de estiagem.

Uma das causas para a intermitência no serviço de abastecimento de água seria a pequena disponibilidade hídrica dos mananciais, que não é suficiente para atender a demanda atual e são indicados como mananciais alternativos os Rios Estrela, Suruí, Irirí e Macacu, com captação a longo prazo do Complexo Guapi-Macacu. A construção deste complexo, que envolve uma barragem, é atualmente questionado por produtores rurais que teriam suas terras inundadas.

Nesta ação de expansão em particular, há uma discrepância entre os planos de investimento da CEDAE para o município comparado com o Plano Diretor de Magé (Lei Municipal No. 1773/2006), pois a concessionária visa manter e ampliar a captação de água através dos municípios de Guapimirim e de Cachoeira de Macacu, e abandonar as captações menores enquanto o município prioriza estas captações.

Em Tanguá, segundo o seu respectivo PMSB, a intermitência no município ocorria em dias alternados fazendo com que a população atendida tenha que instalar conjuntos de cisterna, recalque e reservatório para suprir o consumo em dias que seu bairro tem a pressão reduzida. Em localidades como Mangueirinha, alguns residentes chegaram a instalar bombas de sucção para permitir que a água da rede tivesse pressão para abastecer o domicílio. O município não possui mananciais superficiais com vazão suficiente para suprir as suas demandas em curto, médio e longo prazos, até a captação atual que supre a parte mais urbanizada é feita no município vizinho de Rio Bonito.

O PMSB de Cachoeira de Macacu afirma que como o município apresenta sistemas de abastecimento de água vulneráveis a situações climáticas, somadas à insuficiência de reservação, há frequentes interrupções no abastecimento na área urbana. O Município possui água suficiente para a sua demanda, sendo inclusive estudada a possibilidade da construção da Barragem do Rio Guapiaçu.

O PMSB de Guapimirim descreve a variação de vazão do Rio Soberbo, que abastece a região, varia ao longo do ano e no período de estiagem e a operadora realiza remanejamento de pressão, caracterizando alto risco de intermitência. A população por meio do diagnóstico participativo descreveu várias áreas que não possuem distribuição por rede de abastecimento e áreas que mesmo com a rede sofrem constantemente de falta d'água.

Os planos dos municípios de Magé, Tanguá, Cachoeira de Macacu e Guapimirim foram realizados pela mesma consultoria contratada pela Secretaria do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. Esses planos apresentaram uma influência do PSAM pelo financiamento disponibilizado e apresentam as mesmas metas de acesso aos serviços de abastecimento de água que o programa, que são 99,9% para a população urbana e de 75% da população rural.

Quanto aos planos de emergência e contingência para o setor de abastecimento de água, as principais ações previstas são: verificação e adequação de plano de ação às características da ocorrência; comunicação à população/instituições/autoridades/Defesa Civil; comunicação à Polícia; comunicação à operadora em exercício de energia elétrica; deslocamento de frota grande de caminhão tanque; controle da água disponível em reservatórios e reparo das instalações danificadas.

Para os municípios de Tanguá, de Magé, de Cachoeira de Macacu e de Guapimirim, os planos de emergência e de contingência são idênticos, as ações são divididas entre falta d'água generalizada e parcial. Embora as origens do problema sejam descritas como variadas as ações são similares com as do PMSB do Rio de Janeiro. Não há definição de quais os critérios que definem o início do estado de emergência que definiria uma eventual contingência e nem os responsáveis pela sua definição. Com efeito, considerando que os planos de emergência e de contingência estudados são praticamente idênticos, identificou-se que não há uma aprofundamento da avaliação de risco dos sistemas que contemple as particularidades de estrutura e realidades socioespaciais de cada município.

Um dos primeiros pontos a ser considerado nesta análise destes documentos foi a dificuldade de se integrar os processos de elaboração dos planos de saneamento em suas quatro vertentes. Todos os municípios apresentaram diagnóstico para os serviços de água e de esgotos e deixaram os outros serviços para traz. Como o município do Rio de Janeiro, que em 2011, não apresentou informações sobre os serviços de drenagem urbana e de gestão de resíduos sólidos, que foram complementadas somente em 2015, contrariando o princípio de integralidade da Lei No. 11.445/2007.

Outros princípios previstos são a universalidade e a equidade. A universalidade prevê que todos os brasileiros tenham acesso igualitário ao saneamento básico, sem barreiras de qualquer natureza. No PMSB do Rio de Janeiro, em função de terem sido adotadas metas de cobertura mínima que desconsideram as áreas irregulares e as áreas de obrigação de fazer de terceiros, resultou na exclusão de grande parte das favelas do município, onde a maioria da população é de baixa renda e negra. Dessa forma os problemas do abastecimento de água nesses territórios continuam sem metas concretas de melhoria, o que perpetua a ausência de políticas públicas específicas para a superação da desigualdade.

O princípio da equidade que possibilita a concretização da justiça, com a prestação de serviços de forma a não favorecer nenhum grupo também não é respeitado. No caso da recomendação da Grupo Executivo da Secretaria de Estado do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro, que definiu as metas do PSAM de cobertura de serviços de abastecimento de água como 99,9% para a população urbana e 75% para a população rural representou um retrocesso nos PMSBs de Guapimirim, Magé, Cachoeira de Macacu e Tanguá, principalmente para o município de Cachoeira de Macacu com 32,5% de domicílios na zona rural e que pode ter a sua zona rural como fornecedora de água até para outros municípios.

A intermitência no serviço de abastecimento de água, com exceção do PMSB do município do Rio de Janeiro que não a cita, foi melhor caracterizada pelas ferramentas participativas de aquisição de dados comprovando a importância da contribuição da população no processo de diagnóstico. Porém esta ferramenta apresenta limitações como a garantia da representatividade de pessoas que sofrem mais com o saneamento inadequado pois nas audiências públicas nem sempre as pessoas estão suficientemente informados, sensibilizados e disponíveis para garantirem uma participação efetiva no processo.

Os Planos dos Municípios do Rio de Janeiro, de Cachoeira de Macacu e de Magé apresentam como solução ao déficit hídrico o uso de águas oriundas de outros municípios e/ou outras bacias hidrográficas. Esta opção foi defendida pelas instituições estaduais como a CEDAE e o Grupo Executivo da Secretaria de Estado do Ambiente. Esta opção por grandes sistemas compartilhados entre mais de um município desconsiderou os sistemas de produção alternativos em Cachoeira de Macacu e pequenos mananciais em Magé.

Sobre esta opção, é importante refletir que, segundo Hespanhol (2015), a política de importar água de bacias cada vez mais distantes para satisfazer a demanda começou há mais de dois mil anos com os romanos e deu origem aos seus famosos aquedutos. A prática ainda persiste, resolvendo, precariamente, o problema de abastecimento de água de uma região, em detrimento daquela que a fornece. Esta prática compromete a sustentabilidade do sistema de abastecimento de água já que reduz a resiliência desses sistemas que dependem de recursos de bacias que, por sua vez, também estão submetidas a condições extremas de estresse hídrico.

Mesmo os municípios com baixa cobertura de serviço de abastecimento de água como Tanguá e Magé, com 30% e 39,7%, respectivamente, não possuem dados nem quantitativos nem qualitativos das fontes alternativas como poços, nascentes e bicas. O controle da qualidade da água como uma ação do Sistema Único de Saúde, também conhecida como VIGIÁGUA, tem o papel de controlar a qualidade das águas potáveis independente da sua origem. Esta ação não está descrita nos planos, tampouco se há uma estrutura de controle como laboratórios. Esta ausência reflete a falta de participação do

setor saúde na elaboração e acompanhamento nas políticas intersetoriais da saúde como é o caso do saneamento.

Os planos de emergência e de contingência para o setor de abastecimento de água estudados são genéricos e não definem com clareza as responsabilidades. As prioridades no abastecimento de água são definidas para os setores públicos de saúde, os educacionais e os de internação coletiva de pessoas, porém não se descreve como será esta distribuição prioritária e não inclui os serviços de saúde e de educação particulares. Em caso de racionamento, não são descritas ferramentas para evitar conflitos de uso dentro dos sistemas de abastecimento como, por exemplo, a restrição do uso para recreação ou sistema de contingenciamento do consumo industrial.

Embora estes planos têm se mostrado cada vez mais importantes na mitigação da falta de abastecimento como no cenário previsto pela crise hídrica de São Paulo, assim como, naqueles resultados de acidentes como os que ocorreram no Rio de Janeiro (BIANCHI, 2013) e mais recentemente em Aracaju (MADEIRO, 2015) com o rompimento de adutoras, muito ainda há de ser observado para que sejam ferramentas que ajudem a garantir o acesso ao serviço de abastecimento de água.

6. CONCLUSÃO

A experiência da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico é positiva na busca de abertura de discussão no campo das políticas públicas que reduzam a desigualdade e corroborem na solução dos problemas de saneamento básico local, porém esta ferramenta ainda tem um grande potencial de melhoria no seu escopo, nos seus processos participativos, na definição de metas claras para o desafio da universalização dos serviços e na construção de planos emergenciais factíveis.

Como a intermitência e as paralisações são falhas no serviço de abastecimento, o seu monitoramento e controle também deve ser feito pelos órgãos como a agência reguladora e também pelas prefeituras. Os indicadores de qualidade do serviço de abastecimento de água, como o número de interrupções e paralisações devem ser melhor aferidos para uma ampla discussão sobre as suas causas e consequências. Os dados fornecidos oficialmente hoje não refletem a realidade por limitações na sua coleta e não há uma comunicação efetiva com a população sobre a interrupção do abastecimento de água e da qualidade da água fornecida, embora seja previsto no Decreto No. 5.440/2005.

Outro ponto é que, embora a melhor maneira de disponibilizar a água seja por meio de rede, é necessário um monitoramento das fontes alternativas até que todos tenham acesso a um sistema que não apresente intermitência. A ausência destes dados e de planos e metas específicos de mapeamento e controle destas fontes expõem a população a riscos, já que no caso de problemas no abastecimento, o consumo de água destas fontes aumenta.

A desigualdade no acesso ao serviço de abastecimento de água seguro e perene deve ser melhor caracterizado e abordado por meio de políticas públicas específicas visando a regularização dos serviços existentes e a criação de ferramentas de inclusão como os modelos de tarifa social e de adoção de distribuição de volume mínimo vital. Sem estas ações, significativa parte da população já vulnerabilizada e das áreas rurais continuarão excluídas do acesso à água segura.

Os planos de emergência e de contingência devem apresentar uma avaliação específica de riscos e dos seus impactos e meios de mitigação para cada realidade.

Recomenda-se que estes planos devam ser construídos de forma intersetorial para que as ações fossem previstas de modo a incluir a todos.

REFERÊNCIAS

- [1] AGRA FILHO, S.S.; BORJA, P.C.; MORAES, L.R.S.; SOUZA, D.N. Desigualdade no acesso à água de consumo humano: uma proposta de indicadores. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 17. Set.2010.
- [2] AUGUSTO, L.G.S.; Gurgel, I.G.D.; CÂMARA NETO, H.F.; Melo, C.H.; COSTA, A.M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência e saúde coletiva**. v.17. n.6. Rio de Janeiro. Jun. 2012.
- [3] ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas Brasil. Abastecimento Urbano de Água**. 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em 25 mai. 2015.
- [4] ANA. Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos do Brasil. Brasília, 2024.
- [5] BARCELOS, C. (coordenador); Desenvolvimento de Indicadores para um sistema de gerenciamento de informações sobre saneamento, água e agravos à saúde relacionados. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/cms/templates/trata_brasil/util/pdf/Agua.pdf. Acesso em: 28 de março de 2024.
- [6] BIANCHI, P. Rompimento de adutora inunda casas e mata criança no Rio. Portal de notícias UOL. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2013/07/30/rompimento-de-adutora-em-campo-grande-no-rio-inunda-casas-e-arrasta-carros.htm>>. Acesso em 27 maio 2015.
- [7] BRASIL, Presidência da República. Casa Civil. Decreto 5.440 de 4 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5440.htm. Acesso em 27 maio 2015.
- [8] BRASIL, Presidência da República. Casa Civil. Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 25 mai. 2015.
- [9] BRASIL, Presidência da República. Casa Civil. Decreto Nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm>. Acesso em: 25 mai.2015. (b)
- [10] BRITTO, Ana Lúcia. FORMIGA-JOHNSON, Rosa Maria ; CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira. Abastecimento Público E Escassez Hidrossocial na Metrópole do Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, v. XIX, n. 1, p. 185-208, jan.-mar. 2016.
- [11] BUARQUE, S. C. Metodologia de planejamento do desenvolvimento local e municipal sustentável. Brasília, DF: MEPF, INCRA, IICA, 1999. Disponível em: <http://www.iica.org.br/docs/publicacoes/publicacoesiica/sergiobuarque.pdf>. Acessado em: 20/08/2015.
- [12] CAMBRICOLI, F. Com impacto da crise hídrica, casos de dengue triplicam em SP. Estado de São Paulo. Disponível em <<http://saude.estadao.com.br/noticias/geral,com-impacto-da-crise-hidrica-casos-de-dengue-triplicam-em-sp,1649623>>. Acesso em: 25/5/2015.
- [13] CASTRO, C.F.A.; SCARIOT, A. Escassez de água, uma crise silenciosa. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Notícias**. Organização das Nações Unidas. 2005. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/noticia.aspx?id=3509>. Acessado em: 27 mai. 2015.

- [14] DINIZ, Tibério Gomes; GRANDE, Maria Helena ; Galvão, Carlos de Oliveira. Vulnerabilidade domiciliar em situação de intermitência no abastecimento de água. Eng. Sanit. Ambient. 26 (3), May-Jun 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/ZrN9hqNNXQFHcwcJvhJvqLH/#>
- [15] ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Emenda Constitucional nº 22, de 27 de junho de 2001. Acrescenta os parágrafos 1º, 2º e 3º ao artigo 262 da constituição do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: < <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/f25571cac4a61011032564fe0052c89c/8e41e22ea9adc55503256a79004aa986?OpenDocument>>. Acesso em: 27 maio 2015.
- [16] ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual 43.982/12. Submete a Companhia Estadual de Águas e Esgotos - Cedae – À Fiscalização e Regulação de suas atividades por parte da Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro - Agenersa e dá outras providências. Disponível em: http://www.agenersa.rj.gov.br/agenersa_site/documentos/Legislacoes/43982_2012.pdf. Acesso em 27 maio 2015.
- [17] ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Programa de Saneamento Ambiental, Plano Municipal de Saneamento Básico, 2020. Disponível em: <https://psam.eco.br/pmsb>. IBGE, Disponível: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39239-censo-2022-cerca-de-oito-a-cada-dez-pessoas-moravam-em-casas-mas-cresce-proporcao-de-moradores-em-apartamentos>
- [18] GOLO, L.A. Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG): Quinze anos de obras não despoluíram a baía. **Agência Brasil**. 2010. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2010/02/08/programa-de-despoluicao-da-baia-de-guanabara-pdbg-quinze-anos-de-obras-nao-despoluiram-a-baia/>. Acesso em: 27 mai. 2015.
- [19] GRANDE, Maria Helena Del. Distribuição e Acesso à Água em Campina Grande: Uma análise a partir da Ecologia Política. Tese. UFCP, 2016. Disponível em:
- [20] <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/17000/3/MARIA%20HELENA%20DEL%20GRANDE%20-%20TESE%20PPGRN%202016.pdf>
- [21] GUBLER D.J.; CLARK G.G.; Dengue/dengue hemorrhagic fever: the emergence of a global health problem. **Emerging Infectious Diseases**, v.1, n. 2, p. 55-7. April-June 1995.
- [22] GURUGAMA P.; GARG P.; PERERA J.; WIJEWICKRAMA A.; SENEVIRATNE S.L. Dengue viral infections. **Indian J Dermatol**. V.55, p.68-78. 2010. GUSMÃO, P. P. (Org.); CARMO, P. S.; VIANNA, S. B. **Rio, Próximos 100 anos**. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos – IPP/SMU. Rio de Janeiro. 2008.
- [23] HELLER, Leo & Resende, S. Planejamento em saneamento básico: aspectos teórico-metodológicos. Fundação Vale. 2013. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002230/223068por.pdf>. Acessado em: 10/08/2015.
- [24] HELLER, Leo. Os Direitos Humanos à Água e ao Saneamento. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. 2022.
- [25] HESPANHOL I, A Inexorabilidade do reúso potável direto, **Revista DAE**, Edição 198. 2015. Disponível em: < <http://revistadae.com.br/site/artigos/198>>. Acesso em: 27 maio 2015.
- [26] HUNTER, P. R.; ZMIROU-NAVIER, D.; HARTEMANN, P. The impact on health of poor reliability of drinking water interventions underdeveloping countries; **Science of the Total Environment** , v. 407, p. 2621–2624. 2009
- [27] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2008. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 27 maio 2015.
- [28] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **IBGE Cidades**. 2013. Disponível em:< <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 27 maio 2015.
- [29] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Agência IBGE. MUNIC 2017: Menos da metade (44,7%) dos municípios com rede de abastecimento de água tem lei de proteção a mananciais. Notícias. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28323-munic-2017-menos-da-metade-44-7-dos->

[municipios-com-rede-de-abastecimento-de-agua-tem-lei-de-protecao-a-mananciais](#). Acesso em: 21 de março de 2024.

[30] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Censo 2022: rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas desigualdades regionais e por cor e raça persistem. Agência IBGE de Notícias. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 12 de março de 2024.

[31] IPP – Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Rio, O Aquecimento Global e a Cidade – Próximos 100 anos. Rio de Janeiro, 2008.

[32] JESUS, Victor de. Racializando o olhar (sociológico) sobre a saúde ambiental em saneamento da população negra: um continuum colonial chamado racismo ambiental. Saúde Soc. São Paulo, v.29, n.2, e180519, 2020.

[33] LARA, W. **Epidemia de dengue em São Paulo pode ter relação com a crise hídrica**. G1-Globo. Disponível em: <http://g1.globo.com/hora1/noticia/2015/02/epidemia-de-dengue-em-sao-paulo-poder-relacao-com-crise-hidrica.html>. Acesso em: 25 mai. 2015.

[34] LEE, E.J.; SCHWAB K.J. Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. **J Water Health.**;3(2):109-27. Jun 2005.

[35] LECHEVALLIER M.W., GULLICK R.W., KARIM M.R., FRIEDMAN M., FUNK J.E., The potential for health risks from intrusion of contaminants into the distribution system from pressure transients. **J. Water Health.** 1(1):3-14. 2003.

[36] LEITE, Cainan de Negreiros Martins. Avaliação de Planos Municipais de Saneamento com base na intermitência no abastecimento de água. TCC, Engenharia Civil. UFRN. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40668>

[37] LISBOA, S. S., Heller, Léo, Silveira, R. B.. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. Eng Sanit Ambient | v.18 n.4 | out/dez 2013 | 341-348

[38] MADEIRO, C. Ponte cai e para abastecimento de água em 70% da Grande Aracaju, Portal UOL de notícias, Maceió. 2015. Disponível em: < <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/05/09/ponte-cai-destroi-adutoras-e-para-abastecimento-em-70-da-grande-aracaju.htm>>. Acesso em: 27 maio 2015.

[39] MINISTÉRIO DAS CIDADES, PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico. 2011. Disponível em: <www.cidades.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=302:plansab&catid=84&Itemid=113>. Acesso em 27 maio 2015.

[40] MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 25 mai. 2015.

[41] MORAES, L. R. S.. Plano Municipal de Saneamento Básico: aportes teóricos e metodológicos para a sua elaboração. Convibra. II Congresso Online - Gestão, Educação e Promoção da Saúde. 24 a 26 de outubro de 2013 ISSN 2317-0441

[42] MORAES, Chayenne Fraga. A relação entre as condições de saúde e saneamento básico na comunidade do Parque Esperança, Complexo do Chapadão, Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Saúde Pública. Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz. 2023.

[43] NASCIMENTO, Bartolomeu Braz. Vulnerabilidade do Sistema de Abastecimento de Água Potável da Região Metropolitana do Recife. Trabalho apresentado ao curso de mestrado em Gestão e Políticas Ambientais da UFPE. 2003. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/6743/1/arquivo8308_1.pdf

[44] OLIVEIRA, S., Conflitos Ambientais e Saneamento básico no Estado do Rio de Janeiro, **Revista Rio de Janeiro**, n. 16-17, maio-dez 2005.

- [45] Secretaria do Estado do Ambiente, **Planos Municipais de Saneamento Básico**, 2015. Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=1461705>. Acesso em: 27 maio 2014.
- [46] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU, Resolução A/RES/64/292 de 28 de julho de 2010. The human right to water and sanitation. Disponível em: http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292. Acesso em: 27 maio 2015.
- [47] PORTO, H. R. L. Saneamento e Cidadania: Trajetórias e efeitos das políticas públicas de saneamento na Baixada Fluminense. Dissertação de Mestrado. UFRJ/IPPUR. 2001.
- [48] QUINTSLR, Suyá. Da Crise Hídrica à Ecologia Política da Água – Megaprojetos de Abastecimento e Injustiça Ambiental no Rio de Janeiro. Letra capital: Rio de Janeiro, 2023.
- [49] REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL – ReCESA, **Planos Municipais de Saneamento Básico**, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Brasília. 2013.
- [50] RIOS, J.L.P., O Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, **Revista DAE**. Edição 160. N. 112. São Paulo. 1991.
- [51] SANTIAGO, Tatiana. Plano de Contingência da crise hídrica é 'papelório inútil', diz Alckmin, G1, São Paulo, 2015, Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/07/plano-de-contingencia-da-crise-hidrica-e-papelorio-inutil-diz-alckmin.html>. Acessado em: 15/08/2015
- [52] SANTOS, J. LOIOLA, R. A falta d'água em São Paulo tem solução?, **Revista Veja**. Editora Abril. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/a-falta-de-agua-em-sao-paulo-tem-solucao/>. Acesso em: 27 mai.2015
- [53] SENA, Aderita Ricarda Martins de; ALPINO, Tais de Moura Ariza. Seca Silenciosa, Saúde Invisível: um desastre naturalizado no Semiárido do Brasil. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2022.
- [54] TEIXEIRA, J. C.; HELLER, L., Fatores ambientais associados à desnutrição infantil em áreas de invasão, Juiz de Fora, MG, Revista Brasileira de Epidemiologia. São Paulo, v.7, n.3 Set. 2004.
- [55] UNICEF, 1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, dizem o UNICEF e a OMS. Comunicado de Imprensa, 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>. Acesso em: 12 de março de 2024.

Capítulo 3

Água para quem? A agenda de privatização da gestão da água e a regulação da prestação dos serviços na perspectiva do novo marco legal do saneamento no Brasil

Alex Eduardo Lopes¹

William Cardoso Lima²

Resumo: Diante da atualização do marco legal do saneamento que estimula a entrada das empresas privadas na concorrência pelos contratos de concessão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil, o presente trabalho busca fazer uma reflexão sobre a atuação dos governos ao longo dos processos de discussão das políticas de gestão da água e como esse recurso natural passou a ser tratado sob a lógica mercadológica visando o lucro, ao invés da lógica do acesso à água como direito humano essencial. Além disso, também é abordada a importância dos agentes reguladores para proporcionar normas de segurança relacionadas ao atendimento e tarifação adequada aos usuários, sob os princípios de igualdade, não discriminação, livre participação, acesso à informação e sustentabilidade. O artigo também ilustra um caso internacional que optou pelo caminho inverso da reestatização do saneamento em decorrência do descumprimento das regras contratuais pelo consórcio privado.

Palavras-chave: concessão privada, recursos hídricos, mercantilização, direito social, sustentabilidade

¹ Engenheiro ambiental. Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental. Professor colaborador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

² Químico. Doutor em Ciências dos Alimentos. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

1. INTRODUÇÃO

Os processos de intensiva urbanização do século XX foram responsáveis por mudanças profundas nas questões ambientais, socioeconômicas e nas próprias relações humanas, que passaram a se nortear por um senso de individualidade e corporativismo em detrimento do bem público coletivo. Na visão de Swyngedouw (2001) a cidade é como um organismo híbrido, onde natureza e sociedade se transfiguram a todo momento, entrelaçadas por redes de contradições, tensões e conflitos.

A água é o ponto principal de muitos desses conflitos em várias partes do mundo, quando observado que apesar de sua natureza vital e de grande abundância, cerca de 2,2 bilhões de pessoas no mundo ainda não tem acesso a fontes seguras desse recurso para consumo e 4,2 bilhões de pessoas não possuem soluções adequadas de esgotamento sanitário, segundo a ONU (UN-WATER, 2020). A maneira desigual de sua distribuição, e as formas de uso não sustentáveis pelo homem, como o crescimento de atividades agrícolas, da urbanização e o lançamento de poluentes nos recursos hídricos são alguns dos motivos que justificam esse déficit.

Mesmo no Brasil, país que detém cerca de 12% das reservas mundiais de água doce, dados do IBGE demonstram que a universalização do acesso à água ainda está longe de se tornar uma realidade. De acordo com a Pesquisa Nacional de Amostras por Domicílios Contínua – PNAD contínua – com dados de 2022, cerca de 85,5% dos domicílios possuem redes de abastecimento de água, enquanto 69,5% contam com redes coletoras de esgotos (IBGE, 2023). Apesar disso, há uma tendência de queda no percentual de redes de abastecimento de água, revelando uma diminuição na cobertura desse serviço se comparados aos anos anteriores.

A limitação do endividamento público e a ineficiência das políticas de saneamento ao longo dos anos são alguns dos empecilhos que dificultam esse avanço em direção à universalização do atendimento. Segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLAN SAB –, para atingir a meta de universalização até o ano de 2033, o Brasil precisaria de investimentos da ordem de R\$ 283,8 bilhões em ações de medidas estruturais (relativas à expansão e operação dos sistemas ou unidades de tratamento) e mais R\$ 224,7 bilhões em ações de medidas estruturantes (relativas às ações de gestão e prestação de serviços) (SNSA, 2013). Entretanto, os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS – demonstram que os investimentos totais realizados entre os anos de 2016 a 2018, chegaram a apenas R\$35,6 bilhões. A região Norte, que apresenta os piores índices de cobertura, recebeu apenas 4,2% do total dos investimentos realizados em 2018, segundo o diagnóstico (SNS, 2019).

Em relação às políticas de saneamento, Souza (2013) destaca quatro condicionantes que foram preponderantes para a ineficiência dos arranjos do setor ao longo dos anos. Essas condicionantes passam pelas (1) incertezas acerca do estatuto do saneamento enquanto direito social ou de serviço passível de privatização; (2) as inúmeras variáveis e entendimentos relativos às questões regulatórias e legislativas; (3) as dificuldades de criação de regras específicas para as quatro dimensões do saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais) e (4) as dificuldades de construção de acordos que envolvam a aderência da iniciativa privada. Como apontado pela autora, ao menos duas dessas condicionantes passam pela “participação do capital privado” como um obstáculo que carece de entendimento nas arenas políticas.

Este tema se torna um assunto de oportuna reflexão no atual momento em que foi publicada a Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020) que atualiza o marco legal do saneamento e altera as regras de prestação de serviços. Essa nova Lei estimula a inserção da iniciativa privada na prestação dos serviços de distribuição de água e tratamento de esgotos, ao obrigar estados e municípios a criarem licitações públicas quando precisarem implementar esses serviços, retirando assim o direito de preferência das Companhias Estaduais de Saneamento Básico – CESBs. Além disso, a Agência Nacional de Águas – ANA – que tem um papel de regulação sobre os diversos usos das águas de domínio da União entre os usuários de recursos hídricos, passa a ter um papel regulatório também sobre o setor de saneamento, na qual se torna responsável por emitir normas de referência sobre os padrões de qualidade e eficiência na prestação dos serviços, regulação tarifária dos serviços públicos de saneamento básico, metas de universalização dos serviços, governança das entidades reguladoras infranacionais, entre outras atribuições.

O arranjo administrativo presente nesse novo marco referencial amplia os conflitos e a dicotomia entre a lógica mercantilizadora e a lógica do saneamento como um direito social. O saneamento como direito social estabelece a água como um bem público de uso comum, que deve ser disponibilizada a todos que dela necessitam, e a um custo mínimo, muitas vezes insignificante. Por outro lado, a lógica mercantilizadora na gestão dos serviços urbanos define a água como um recurso escasso e que deve ser gerido de forma eficiente, que deve ser garantida através de uma política de preços adequados ao mercado e de uma gestão por empresas privadas qualificadas. Essa lógica de mercantilização passa a visar, então, a inserção do capital transformando este recurso numa *commodity*, provocando dependência a uma política de preços (Britto e Rezende, 2017).

Swyngedouw et al. (2016) relatam que a tendência de mercantilização da água, iniciada nos anos 1980, é quase hegemônica, independente da maneira escolhida para a organização do setor hídrico (seja privada, pública ou de natureza mista). Os autores apontam uma diferenciação importante entre mercantilização e privatização. A mercantilização está relacionada à transformação da água de um bem público em uma mercadoria trocável, sujeita à economia de mercado, independente da natureza de propriedade das empresas gestoras dos serviços de água. Já a privatização refere-se à mudança da gestão dos serviços de água ou de propriedade das infraestruturas sanitárias do setor público para o setor privado.

De acordo com o Panorama da Participação Privada no Saneamento no Brasil, até o ano de 2019 a iniciativa privada estava presente em 325 municípios do país, atuando através de 135 contratos de parceria público-privada ou de concessão e abrangendo uma população de mais de 33 milhões de pessoas (ABCON-SINDCON, 2019).

Para os próximos anos a expectativa é que a tendência de novos aportes oriundos dessas e de outras empresas que vão entrar no mercado se consolide, e a gestão do saneamento no país se reestruture em direção a um sistema compartilhado entre as companhias públicas e as concessionárias privadas. Os desafios dessa reestruturação são equilibrar os interesses do mercado sem reforçar os desequilíbrios já existentes entre as práticas de acesso e exclusão, dificultando a garantia do direito ao acesso à água e aos demais serviços de saneamento aos indivíduos que não detém o capital.

2. CONSTRUÇÃO DA AGENDA DE PRIVATIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO NO MUNDO

A discussão sobre a privatização dos serviços de saneamento não é recente no Brasil ou no mundo. No cenário internacional, Swyngedouw et al. (2016) ponderam que apesar das consequências reais ou potenciais da privatização estarem presentes nos debates atuais, já existiam arranjos que incorporavam algum tipo de parceria público-privada na prestação desses serviços desde a época dos primeiros sistemas de distribuição de água no século XIX.

Entretanto, sem querer passar por todo o recorte histórico que compreende a gestão da água desde aquela época, a mudança mais recente na relação público-privada no setor de água e esgotos veio após o declínio do crescimento econômico durante a recessão global, da década de 1970, e a transição para as formas pós-fordistas de desenvolvimento econômico. Na visão de Swyngedouw et al. (2016), cinco fatores foram importantes como precursores dessa mudança. O primeiro ponto levantado é que os elevados gastos sociais e de investimentos aumentaram as dificuldades orçamentárias para o Estado Nacional e autarquias locais, tornando necessário reavaliar o direcionamento dos recursos como a previdência social, o apoio a setores endividados ou a programas de infraestrutura. Nesse contexto, os investimentos subsidiados no setor de saneamento associados à uma crescente demanda por água, uma política de preços baixos, e uma infraestrutura hídrica ultrapassada que necessitava de constante manutenção e modernização colocaram ainda mais pressão nos orçamentos públicos. Em segundo lugar, a demanda por maior eficiência e produtividade decorrente do aumento da competitividade surgiu como uma oportunidade para estancar a crise econômica nos Anos 70 e 80. Esse planejamento foi realizado através da desregulamentação do mercado, flexibilidade de investimentos e diminuição da burocracia. Como forma de implementar essas soluções houve então uma tendência de diversas privatizações alterando a natureza da competição que a acompanhou, além da desregulamentação e desterritorialização dos mercados financeiros em virtude do aumento de disponibilidade de capital privado obtido. Como resultado, o setor privado se fortaleceu e começou a conquistar um terreno que era predominantemente do setor público. Em terceiro lugar, esse processo de transição naturalmente encontrou resistência, e as forças sociais contrárias à essa mudança institucional também desempenharam o seu papel. Os mecanismos democráticos tradicionais influenciados por sindicatos e outras organizações sociais atuaram como uma barreira para frear a rápida implementação das mudanças políticas. No entanto, os novos arranjos institucionais aprovados surgiram em consonância com a visão de uma gestão mais orientada para o mercado e mais afinada com estratégias de geração de lucros. Quarto, os investidores partiram para novas formas de investimento, tendo a natureza e todos os recursos naturais disponíveis sendo um objeto interessante para as novas estratégias de transformação e comercialização. Assim, a água passa a ser apresentada como um recurso possível de ser explorado como forma de se obter lucro. Em quinto e último lugar, com o aumento dos desequilíbrios ambientais e dos conflitos sobre a gestão e regulação da água, surgem novos desafios para os modelos tradicionais de organização e implementação de atividades relacionadas ao saneamento. Os sistemas de governança tiveram que se adequar especialmente aos contextos em que os grupos da sociedade civil mobilizados sobre o tema se tornaram mais visíveis e influentes. Essa adequação é ainda mais importante nos cenários onde os grupos sociais possuem força política e podem prover a restrição ou controle sobre a demanda.

A transição do modelo de gestão pública para a privada criou, segundo Kalis e Coccossis (2002), um sistema de governança compartilhada dos serviços de água e esgotos, no qual o setor público mantém a titularidade, ou seja, o controle e a responsabilidade sobre as infraestruturas e custos excepcionais, enquanto o setor privado assume a responsabilidade pela prestação dos serviços a partir dos critérios pré-definidos. Essa dinâmica de concessão privada se repetiu em diversos países do continente europeu e americano em níveis diferentes de intensidade.

3. DO PLANASA À LIVRE CONCORRÊNCIA DE MERCADO: ANTECEDENTES HISTÓRICOS E A POLÍTICA NACIONAL DE SANEAMENTO

O saneamento no Brasil teve o seu modelo institucional concebido ainda no regime militar (1964-1985), no qual os investimentos no setor foram implementados como consequência direta da escassez dos serviços e dos problemas de saúde nos centros urbanos. De acordo com Ferreira (2013), os municípios desempenhavam um modelo de gestão descentralizada através de execução direta (por administração direta) ou indireta (por autarquias). No entanto, os índices de cobertura estavam muito aquém do esperado, com um índice de cobertura de cerca de 26,4% de abastecimento de água e 15,6% de esgotamento sanitário, no ano de 1967. Para tentar reduzir esse déficit, o governo brasileiro criou, no ano seguinte, o Sistema Financeiro de Saneamento (SFS) para financiar a política nacional de saneamento e centralizar os recursos para este setor.

Em 1971 foi criado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) que estimulou a criação das CESBs. Elas deveriam obter as concessões dos municípios (que detinham a titularidade), para prestarem os serviços e tinham as atribuições pelo planejamento e execução da política federal de saneamento de maneira regionalizada em cada estado. O financiamento do plano era realizado majoritariamente pelo Banco Nacional de Habitação – BNH – e, em menor parte, pelos governos estaduais. Os municípios que não aderiram ao PLANASA e mantiveram os serviços de saneamento sob a gestão municipal enfrentaram escassez de recursos e incentivos do governo federal. (GALVÃO JR. et al., 2009; FERREIRA, 2013).

Os pilares econômicos do PLANASA eram a autossustentação tarifária e o subsídio cruzado entre consumidores e cidades do mesmo estado. Além de concentrar a prestação dos serviços sob a coordenação das CESBs, os objetivos do plano incluíam a ampliação da cobertura dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento em um curto período, e a instituição de uma política tarifária com valores reais para o setor. Houve, entre os anos de 1970 e 1980 um aumento significativo dos índices de abastecimento de água, e em menor escala, da coleta de esgotos no país. Entretanto, devido à crise econômica da década de 1980, ocorreu um comprometimento da capacidade financeira que sustentava o PLANASA, prejudicando diretamente as CESBs que tiveram uma redução significativa de investimentos. (FARIA e FARIA, 2004; REZENDE et al., 2009; LIMA, 2011)

A partir do declínio do BNH, em 1986, teve início o processo que culminou com o fim do PLANASA em 1992, deixando um vazio legal no controle da prestação dos serviços pelas CESBs (LIMA, 2011). De acordo com Faria e Faria (2004), havia naquele momento uma ascensão do modelo neoliberal no país que defendia uma reforma estrutural do Estado brasileiro, incluindo do próprio modelo administrativo, através da desestatização das empresas públicas. Segundo essa nova concepção, alguns setores estatais deveriam ser oferecidos à iniciativa privada através da privatização ou

exploração mediante concessão pública, com a justificativa da contenção dos gastos públicos, da diminuição da dívida pública e da melhoria da qualidade dos serviços e produtos ofertados, através da livre concorrência, sob a “mão-invisível” do mercado. Esse novo arranjo institucional caracterizou a mudança de um Estado produtor para um Estado regulador de serviços.

O setor de saneamento passava por um vazio institucional naquele período. O PLANASA havia acabado longe de cumprir suas metas estabelecidas; o Pró-Saneamento realizava ações com dificuldades de articulação com outros programas; a Política Nacional de Saneamento que trataria do marco legal do setor foi aprovada pelo Congresso ao final de 1994, porém vetada integralmente pelo presidente Fernando Henrique Cardoso. Em outra via, a Lei das Concessões (Lei nº 8.987/1995) foi aprovada, regulamentando o regime de concessões e permitindo a entrada de empresas privadas na prestação de serviços públicos e que, em 1997, possibilitou a abertura de financiamento público para essas empresas, via FGTS e BNDES (Britto e Rezende, 2017).

A partir de 2003, com o início de um governo de espectro político antagônico, a política de privatização foi atenuada. O governo do presidente Lula passou a ter uma atuação diferente em relação ao setor privado, focando mais em programas de concessões com prazos de validade renováveis, seguido pelo governo de sua sucessora, a presidente Dilma Rousseff. Para o saneamento, ambos os governos petistas demonstraram avanços significativos na perspectiva do saneamento como direito social: aprovação da Política Nacional de Saneamento Básico através da Lei nº 11.445/2007 e do Decreto nº 7.217/2010; o estímulo dos conselhos participativos de controle social, através do Conselho Nacional das Cidades (ConCidades) e das Conferências Nacionais das Cidades; a elaboração do PLANSAB sob os princípios de equidade e universalidade; e implementação de recursos públicos de financiamento através dos Programas de Aceleração do Crescimento (PAC 1 e PAC 2) (Britto e Rezende, 2017).

Apesar desses avanços, o setor privado também se organizou e se fortaleceu nesse período, tendo consolidado algumas conquistas. Dentre esses avanços as autoras citam a aquisição de novos contratos de concessões em diversos municípios que operavam os serviços de maneira direta ou via CESBs, a captação de recursos via PAC para as empresas que detinham concessões de saneamento, a institucionalização de uma pessoa jurídica organizada capaz de representar os seus interesses no ConCidades, através da ABCON-SINDCON, e a ampliação da participação como sócias minoritárias das CESBs que abriam o seu capital no mercado de ações (Britto e Rezende, 2017).

Após a crise econômica de 2015 e do *Impeachment* de 2016, o enfraquecimento do setor público e o crescimento das dívidas abriu espaço para a volta dos planos de mercantilização das estatais. Em 2018, o governo do presidente Michel Temer anunciou a inclusão de 57 projetos de concessões e privatizações do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), envolvendo empresas públicas de segmentos diversos (como a Eletrobrás, Casa da Moeda, aeroportos, portos, rodovias, entre outros). Em relação ao saneamento, foram editadas duas Medidas Provisórias, a MP nº 844/2018, substituída pela MP 868/2018 que buscaram alterar o marco legal e restringir a titularidade do setor, pressionando os municípios locais para a concessão dos seus sistemas. O texto limitava a participação dos municípios apenas para os casos de interesse local e previa uma maior participação dos estados, a partir da criação de blocos regionais, priorizando, ainda, a destinação de recursos federais para estes blocos, como forma de pressionar os municípios a optarem pela concessão para a iniciativa privada.

Em 2020 foi aprovado pelo plenário do Congresso o texto do Projeto de Lei nº 4.162/2019 e que foi sancionado pelo presidente Jair Bolsonaro através da Lei nº 14.026/2020, alterando o marco legal do setor e abrindo caminho para a exploração privada dos serviços de saneamento em um texto com semelhanças explícitas ao da MP editada pelo seu antecessor. Entre as críticas à nova Lei estão a descontinuidade do subsídio cruzado e dos contratos de programa para as CESBs, assinados entre os municípios e as estatais sem a necessidade de licitação. O novo modelo determina que seja realizada licitação para todos os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e acaba com o direito de preferência das CESBs, estimulando a concorrência no setor.

4. ACESSO E REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS

Heller e Castro (2007) e Heller (2017) discorrem sobre aspectos fundamentais a respeito do acesso ao saneamento como um direito humano essencial para a conquista da cidadania. Além disso, a regulação e prestação desses serviços devem ser implementadas no âmbito das políticas públicas, de maneira isenta de pressões ou interesses que possam transformar ou condicionar o saneamento ao viés puramente mercadológico, sob a ótica do lucro privado em detrimento do interesse da equidade social.

A reflexão sobre este tema é um assunto importante, pois quando se considera a participação da iniciativa privada, fala-se em regras de livre mercado, onde vigora a lei da oferta e procura em objetivo de um lucro. Em muitos casos, os objetivos do capital privado podem ser contrários ao do interesse público. Isso estimula a mercantilização da prestação dos serviços, nos quais eles são disponibilizados em quantidade e/ou qualidade para os usuários de maior poder econômico, acentuando as desigualdades sociais e regionais. Os municípios menores e com menos recursos tendem a ser negligenciados em detrimento dos municípios mais atrativos economicamente nesse modelo que visa o lucro ao invés da autossustentação financeira.

Desse modo, o papel das políticas públicas (como meio de discussão, formulação e materialização das ações, metas e investimentos), pode servir como atenuador das desigualdades sociais ou pode reforçá-las ainda mais, a depender do direcionamento político dos tomadores de decisões. Alguns exemplos já foram abordados nesse texto como a adesão (quase compulsória) dos municípios ao PLANASA, as discussões sobre a legislação do saneamento, os processos que levaram os municípios a romper ou renegociar as concessões com as CESBs, os processos de privatização dos serviços, entre outros.

Nessa perspectiva, Heller e Castro (2007) norteiam dois pressupostos que as políticas públicas de saneamento devem considerar: o primeiro de que elas são dependentes dos fatores sociopolíticos e econômicos vigentes em dado momento. Logo, as instituições públicas devem assumir que parte da população ainda não é atendida pelos serviços básicos, e parte da população, ainda que atendida, não recebem serviços satisfatórios. O segundo pressuposto orienta que as políticas públicas devem ser formuladas considerando o saneamento como um direito social da cidadania. Assim, todos os cidadãos têm o direito de ser atendidos por serviços que assegurem as mínimas condições de utilização, higiene e proteção à saúde, independentemente de onde vivem e se podem ou não pagar pelos serviços.

Essa última condição é destacada por Heller (2017) como uma obrigação que os agentes reguladores devem se atentar para proporcionar um tratamento igualitário aos usuários. Na definição da política de regulação devem ser estabelecidas a tarifa praticada, os mecanismos de proteção social para a parcela da população de baixa renda, as soluções sugeridas para as comunidades em assentamentos informais ou áreas rurais, entre outras condições.

Por se tratar de uma parte de um processo complexo, a regulação deve ser construída sob os princípios de igualdade e não discriminação, livre participação, acesso à informação e sustentabilidade. Os instrumentos devem incluir uma clara definição de responsabilidades do prestador dos serviços e como os serviços devem ser oferecidos para a população. O acompanhamento e fiscalização das ações estabelecidas no documento de regulação também é importante para assegurar o cumprimento do acordo pelo provedor dos serviços. Além disso, o usuário tem o direito de exercer a sua participação através do controle social para reivindicar melhorias na qualidade dos serviços prestados.

A separação entre o agente regulador e do prestador dos serviços também é relevante, como destacado por Lima (2011), que cita a existência de experiências internacionais em que a atuação das empresas públicas que não tinham esses papéis bem definidos possibilitou o surgimento de processos de privatização baseados em interesses corporativos, empresariais ou políticos, em várias esferas da administração pública.

No Brasil, as regras para a regulação dos prestadores públicos e privados dos serviços de saneamento foram estabelecidas a partir da Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), que determinou que a delegação pelo agente responsável pela regulação e fiscalização, bem como os procedimentos dessa atuação ficariam a critério de escolha dos titulares dos serviços. A Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020) incorporou algumas mudanças neste tema ao instituir a ANA como a entidade de abrangência nacional para tratar de estabelecer as normas de referência e padrões de prestação e expansão dos serviços para a área do saneamento. As diretrizes gerais estabelecidas pela ANA relacionadas a desempenho dos serviços prestados, reajuste de tarifas, procedimentos de controle social, cumprimento de condições contratuais, entre outros, devem ser seguidas pelas 60 agências infranacionais que atuam no setor em todos os estados brasileiros.

5. O CAMINHO INVERSO

Na contramão da privatização, alguns Estados Nacionais que estabeleceram contratos de concessão com empresas privadas tiveram problemas de abastecimento, cobertura, tarifação, aceitabilidade, segurança, descumprimento de cláusulas contratuais, entre outros sérios conflitos. Um dos casos mais emblemáticos é avaliado por Azpiazu (2010) sobre a experiência na Argentina entre os anos de 1993 a 2006.

O consórcio Águas Argentinas S.A. – AASA – (formado pela francesa Suez e a catalã Águas de Barcelona) foi uma das concessões criadas pelo governo do presidente Carlos Menem com a promessa de redução de tarifas e implantação de estruturas de cobertura para o abastecimento de água e esgotamento sanitário na ordem de investimentos milionários, mas a empresa realizou o contrário. Após várias revisões das cláusulas contratuais (sempre em favor do consórcio) e de uma série de problemas

apresentados, inclusive de saúde pública (com contaminação por nitrato na água de consumo), o presidente Néston Kirchner rescindiu a concessão em 2006, reestatizando os serviços. No lugar da AASA foi criada a Águas e Saneamentos Argentinos, de sociedade anônima, com divisão acionária em 90% para o Estado e 10% para os trabalhadores.

Outros casos de remunicipalização dos serviços de saneamento por insuficiência na qualidade dos serviços ou descumprimentos contratuais são apontados por Britto e Rezende (2017), que citam os casos dos municípios de Nova York, Berlin e Jacarta. Essas experiências demonstram que a gestão pública fundamentada sobre os princípios de ética, equidade e universalidade tendem a resultar em condições mais socialmente justas do que as experiências baseadas em práticas corporativistas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil passa por um momento de transformação em que a perspectiva sobre a concessão dos serviços de saneamento à iniciativa privada tem sido impulsionada, colocando em dúvida a garantia da manutenção do acesso à água como um direito humano social. Os grupos representados pela iniciativa privada possuem um vasto poder de influência sobre os formadores das políticas públicas, o que ficou comprovado nas discussões que levaram à aprovação do novo marco legal do saneamento. Muitos desses grupos são formados por empresas globais pertencentes a grandes conglomerados internacionais, que avaliam as questões como governança e sustentabilidade sob uma ótica puramente mercadológica, drasticamente diferente das associadas a outras formas de controle e gestão. O delineamento histórico e normativo discutidos neste trabalho mostram que a atuação dos governos é moldada, em grande parte, em função dos fatores relacionados ao padrão de desenvolvimento socioeconômico vigente em momentos específicos. Apesar de enfrentar resistência de alguns setores e exigir um reforço substancial da capacidade institucional, a tendência para um maior envolvimento do setor privado continua, com privatizações em grande escala, como a venda da CEDAE no Rio de Janeiro e a potencial privatização da Sabesp em São Paulo. Nesse sentido, a formação de ambientes urbanos igualitários e sustentáveis demanda por espaços administrativos e políticos mais inclusivos, abertos ao diálogo com outros setores da sociedade e economicamente eficientes, de modo que as políticas de saneamento sejam integradas às políticas de saúde pública, meio ambiente, desenvolvimento econômico e planejamento urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABCON-SINDCON. *Panorama da Participação Privada do Saneamento no Brasil – 2019*. São Paulo: Abcon-Sindcon, 2019.
- [2] AZPIAZU, D. Privatización del agua y el saneamiento en Argentina: el caso paradigmático de Aguas Argentinas S. A. *Vertigo*, v. 7, jun., 2010.
- [3] BRASIL. Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes para o saneamento básico... *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília: DF, 5 jan. 2007.
- [4] BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico... *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília: DF, 15 jul. 2020.
- [5] BRITO, A. L.; REZENDE, S. C. A política pública para os serviços urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil: financeirização, mercantilização e perspectivas de resistência. *Cad. Metrop.*, São Paulo, v. 19, n. 39, p. 557-581, 2017.

- [6] FARIA, S. A.; FARIA, R. C. Cenários e perspectivas para o setor de saneamento e sua interface com os recursos hídricos. *Eng. sanit. ambient.*, v. 9, n. 3, jul./set. p. 202-210, 2004.
- [7] FERREIRA, D. R. F. O setor de saneamento no Brasil: da descentralização para a centralização. *Revista Espaço Acadêmico*, n. 151, dez. 2013.
- [8] GALVÃO JR., A. C.; NISHIO, S. R.; BOUVIER, B. B.; TUROLLA, F. A. Marcos regulatórios estaduais em saneamento básico no Brasil. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 207-227, jan., 2009.
- [9] HELLER, L. Report of the special rapporteur on the human rights to safe drinking water and sanitation. Human Rights Council. A/HRC/36/45, 2017.
- [10] HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico- conceituais. *Eng. sanit. ambient.*, v. 12, n. 3, jul./set., p.284-295, 2007.
- [11] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. *Características gerais dos domicílios e dos moradores do ano 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102004_informativo.pdf >
- [12] KALLIS, G.; COCCOSSIS, H. Water for the city: lessons from tendencies and critical issues in five advanced metropolitan áreas. *Built Environmental*, v. 28, n. 2, p. 96-110, 2002.
- [13] LIMA, C. H. C. Empresas privadas na gestão de serviços de saneamento básico. In: PHILIPPI JR, A.; GALVÃO JR, A. C. (Org.). *Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Barueri: Manole, 2011. p. 125-161.
- [14] REZENDE, S.; HELLER, L.; QUEIROZ, A. C. L. Agua, saneamento y salud em Brasil: intersecciones y desacuerdos. *Anuario de Estudios Americanos*, Sevilla, v. 66, n. 2, jul./dic., p. 57-80, 2009.
- [15] SNS – SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. *24ª Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2018*. Brasília: SNS/MDR, 2019.
- [16] SNSA – SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Plano Nacional de Saneamento Básico. Brasília: SNSA/MCidades, 2013.
- [17] SOUZA, C. Estado e política de saneamento no Brasil. In: REZENDE, S. C. (Org.). *Panorama do saneamento básico no Brasil: Cadernos temáticos*. N°VII. Brasília: Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011. p. 614– 645.
- [18] SWYNGEDOUW, E. A cidade como um híbrido: natureza, sociedade e “urbanização- ciborgue”. In: ACSELRAD, H. (org.). *A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas*. Rio de Janeiro: DP&A, Lamparina, 2001. p. 99-120.
- [19] SWYNGEDOUW, E.; KAIKA, M.; CASTRO, J. E. Agua urbana: uma perspectiva ecológico- política. WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers. Thematic Area Series SATCUASPE TA3. Urban Water Cycle and Essential Public Services, v. 3, n. 7, p. 11-35, 2016.
- [20] UN-WATER. United Nations World Water Development Report. *Water and Climate Change*. Climate neutral: Paris, 2020.

Capítulo 4

Ocorrência do vírus SARS-CoV-2 em águas fluviais contaminadas por esgoto sanitário provenientes da baixada fluminense na bacia do Rio Guandu

Adriana Sotero-Martins^{1 2}

Eric Lopes Gama², Manuela Alves Batista³

Natasha Berendonk Handam²

Elvira Carvajal⁴

Resumo: A região da Baixada Fluminense do Rio de Janeiro é reconhecida por ser uma das regiões periféricas com mais carências em saneamento básico do estado, ela está localizada na Bacia Hidrográfica do Guandu. Na região de confluência dos rios que chegam dos municípios de Nova Iguaçu, Queimado e Japeri foi instalada a primeira Unidade de Tratamento de Rio (UTR), como medida tecnológica de tratamento do esgoto lançado das águas desses rios devido à falta de saneamento dessas cidades. Portanto, devido ao recebimento de elevadas cargas de esgoto nesses rios, monitoramos a presença de SARS-CoV-2 durante o período de pandemia do COVID-19 nas águas dos rios Poços, Queimados e na Lagoa do Guandu, visando a vigilância sentinela da dinâmica epidemiológica viral a nível populacional, baseada em água fluviais. Para isso, foi realizada a concentração das partículas virais das amostras ambientais, extração e detecção por RT-PCR em tempo real foi baseada na pesquisa dos alvos virais N1 e N2. Foram analisados os dados epidemiológicos e de contaminação dos rios. Nos períodos de coleta das amostras os rios, a taxa de incidência média de COVID-19 foi de 502,96; 326,35 e 60,75 casos/10.000 habitantes, respectivamente nos municípios de Queimados, Japeri e Nova Iguaçu. Em 43% das campanhas, as amostras do ponto da Bacia do Guandu amplificaram nos alvos N1 e N2 do vírus SARS-CoV-2, e em duas campanhas de coletas realizadas em pontos dos rios Poços e Queimados, em ambas tiveram amplificação dos alvos do vírus. A qualidade sanitária dos pontos amostrais segundo índice de qualidade da água (IQA) e baseado no valor máximo permitido para coliformes termotolerantes indicou a classificação entre média a muito ruim, o que confirma o recebimento de alta carga de esgoto nas águas fluviais. Portanto, estudo nesses locais são propícios a estudos de epidemiologia baseada em esgoto e de avaliação espaço-temporal de dispersão do SARS-CoV.

Palavras-chave: vírus SARS-CoV-2, Baixada Fluminense; vigilância sentinela, saneamento, águas de rios, Bacia do Guandu

¹ Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

² Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

³ Laboratório de Vírus Respiratórios e Sarampo, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

⁴ Departamento de Biologia Celular, IBRAG, Universidade do Rio de Janeiro (UERJ)

1. INTRODUÇÃO

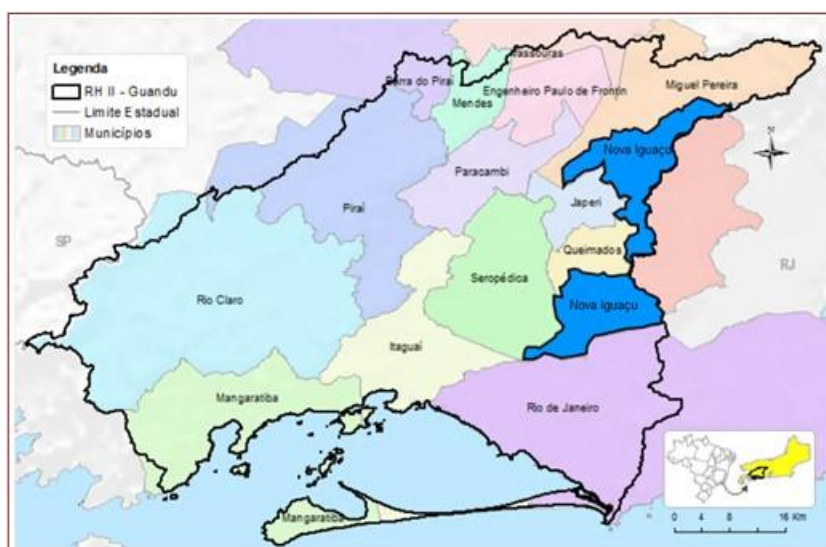
1.1. BAIXADA FLUMINENSE

Os municípios da Baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro estão entre as piores cidades em saneamento básico no ano ranking de 2020, segundo o Trata Brasil, quando avaliou as condições dos 100 municípios brasileiros com baixos índices de saneamento no período de oito anos (2013 a 2020). O relatório do Instituto Trata Brasil de 2020 afirma que as melhores cidades de saneamento básico no Brasil investem 340 % a mais do que os municípios com baixos indicadores. A ausência de água tratada atinge 35 milhões de brasileiros e 100 milhões não têm acesso à coleta de esgoto, o que resulta em pessoas hospitalizadas por doenças veiculadas na água (Instituto Trata Brasil, 2020).

A região da Baixada Fluminense é muito vulnerável a enchentes e deslizamentos, pois, seu crescimento se deu ao longo dos anos de forma não planejada. Os maiores índices pluviométricos acontecem no período de novembro a março, ao final do qual a intensidade de chuvas vai diminuindo gradativamente, chegando a valores mínimos entre junho e setembro. No período das chuvas (geralmente janeiro, março, novembro e dezembro) é que se nota naturalmente um aumento na ocorrência dos deslizamentos nas encostas e enchentes nas áreas mais baixas. O não planejamento da cidade acarreta uma deficiência na infraestrutura da região, que torna as cidades vítimas das catástrofes naturais que trazem transtornos e vítimas fatais (Oliveira et al., 2013), e que se somam a precariedade das condições de falta de saneamento.

Os municípios da Baixada estão localizados na Bacia Hidrográfica do Guandu (Figura 1) cabe destacar os municípios de Nova Iguaçu, Queimado e Japeri, por conta do início de instalações de Unidades de Tratamento de Rio (UTR) como medidas tecnológicas adotadas pelo governo do estado para tratamento do esgoto lançado por essas cidades nos rios da Bacia Hidrográfica do Guandu (Processo MPRJ, 2022), para despoluir as águas captadas na estação de tratamento de água (ETA) do Guandu, que abastece a maior parte da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 1 – Posição dos municípios de Nova Iguaçu, Queimados e Japeri e sua relação com a região hidrográfica II (RH II) da Bacia do Guandu.



Fonte: SIGA GUANDU, em: <http://sigaguandu.org.br/siga-guandu/observatorioMunicipio>

1.2. MUNICÍPIO DE NOVA IGUAÇU

O município de Nova Iguaçu, um dos mais populosos da Baixada, apresenta desenvolvimento econômico expressivo, por conta da implantação de indústrias e centros comerciais, que permitiram melhorias nas condições de saúde, mas que ainda não são as ideais. O desenvolvimento nessa cidade não se deu de forma uniforme, e ainda apresenta um quadro muito deficitário de necessidades básicas a serem atendidas eficazmente nas áreas de saúde, educação e segurança, que a colocam numa situação de extrema pobreza e desigualdades sociais (Oliveira et al., 2013). Esse município possui uma área de 524,04 km², é o maior município da Baixada em extensão territorial (responde por 11,1% da área Metropolitana), e o segundo em população, estimada em 795 mil habitantes, pelo IBGE 2010. Tem alta densidade demográfica, 1.527 hab/km². O PIB per capita 2016 é de R\$ 20.625,03, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) 2010 estava em 0,69, enquanto o da cidade do Rio de Janeiro era de 0,80 (SIGA-GUANDU, 2017). Segundo dados do Sistema Nacional de Infraestrutura Sanitária (SNIS, 2017), esse município possui 94,36% dos domicílios com acesso a rede geral de abastecimento de água, e 46% possuem esgoto sanitário ligado à rede de coleta, sendo que apenas 0,41% deste esgoto é tratado, portanto a maior parte do esgoto coletado, não tratado vai parar nos rios, ou no solo. Segundo SNIS (2017), o volume de água produzida (1000 m³/ano) foi de 119.534, e o volume coletado de esgoto (1000 m³/ano) foi de 23.724. Porém apenas 46% pertencente à Região Hidrográfica de Guandu (RH II), 54% (517,8 km²) do território municipal está situado na Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RH V).

1.3. MUNICÍPIO DE QUEIMADOS

O município possui uma área de 75,7 km², população estimada em 138 mil habitantes, pelo IBGE 2010. Tem alta densidade demográfica, 1.822 hab/km². O PIB per capita 2016 é de R\$ 32.314,25, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) 2010 estava em 0,68 (SIGA-GUANDU, 2017). Segundo dados do Sistema Nacional de Infraestrutura Sanitária (SNIS, 2017), esse município possui 84,16% dos domicílios com acesso a rede geral de abastecimento de água, e 42,83% possuem esgoto sanitário ligado à rede de coleta, sem nenhum tipo de tratamento de esgoto, portanto o esgoto coletado não tratado vai parar nos rios, ou solo, similarmente ao que acontece no Município de Nova Iguaçu. Segundo SNIS (2017), o volume de água produzida (1000 m³/ano) foi de 15.724, e o volume coletado de esgoto (1000 m³/ano) foi de 3.592.

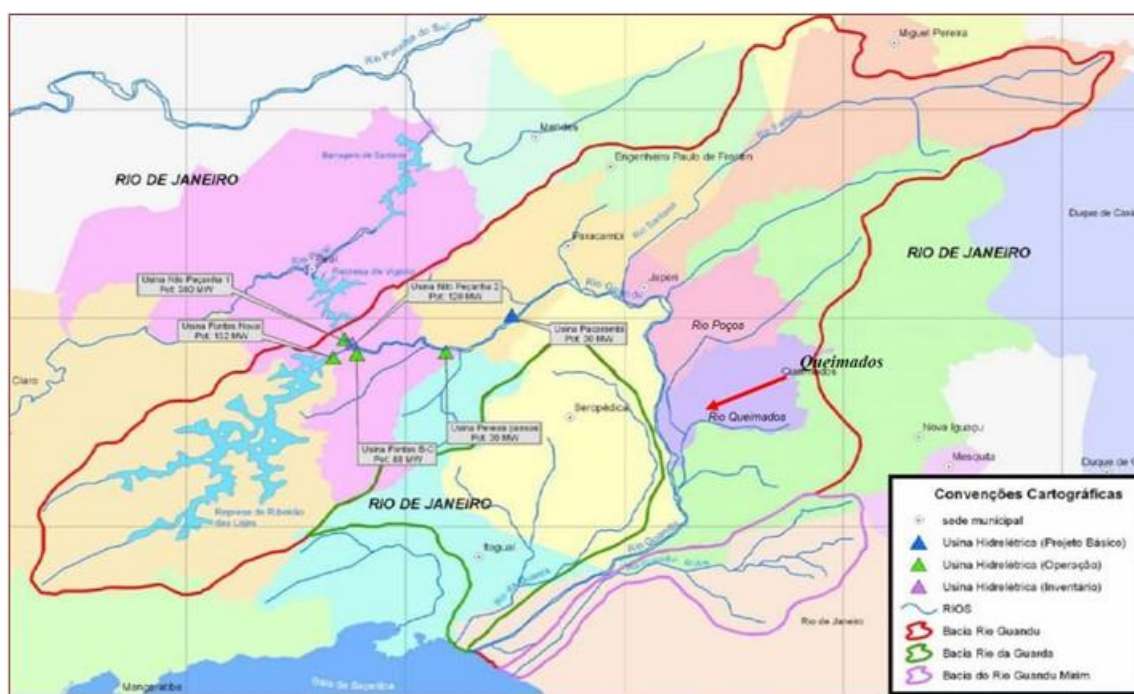
1.4. MUNICÍPIO DE JAPERI

O município possui uma área de 82,9 km², e população estimada em 95 mil habitantes, pelo IBGE 2010. Tem densidade demográfica, 1.166 hab/km². O PIB per capita 2016 era de R\$ 12.875,11, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) 2010 estava em 0,64. (SIGA-GUANDU, 2017). Segundo dados do Sistema Nacional de Infraestrutura Sanitária (SNIS, 2017), esse município possui 74,31% dos domicílios com acesso a rede geral de abastecimento de água, e 0% de esgoto sanitário ligado à rede de coleta, portanto sem tratamento de esgoto, todo esgoto vai parar nos rios, ou solo. Segundo SNIS (2017), o volume de água produzida (1000 m³/ano) foi de 11.072 e não houve volume de esgoto coletado (1000 m³/ano).

1.5. COMPLEXO LAGUNAR DO GUANDU E SUB-BACIAS POÇOS/QUEIMADOS

O complexo lagunar do Guandu recebe contribuições de cinco rios: Rio Poços, Rio Ipiranga, Rio Cabuçu, Rio Queimados e Rio Guandu. Mas, o Rio Poços e o Rio Queimados recebem esgotos industriais do Polo Industrial de Queimados e de Nova Iguaçu que desaguam próximo da área de captação com cheiro de química e com alta taxa de material orgânico. Ainda, os rios Ipiranga e Cabuçu recebem esgotos domésticos de Nova Iguaçu e desaguam com muitos contaminantes e poluentes, e resíduos sólidos. O Rio Guandu, por sua vez, parece cumprir o papel de diluir todos esses poluentes e contaminantes para habilitar essa água para tratamento e fornecimento à população, mas é vulnerável ao cenário de estiagens de São Paulo, de onde vem suas águas (Porto, 2008).

Figura 2 – Representação das bacias hidrográficas dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim.

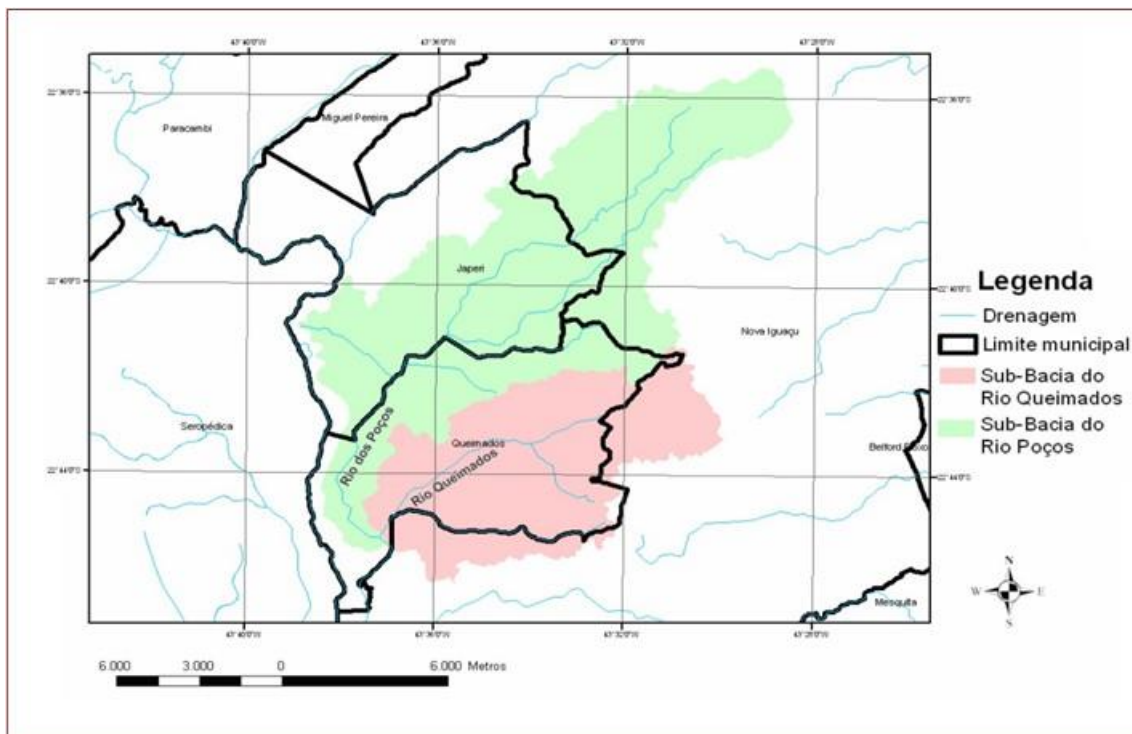


Fonte ANA, 2007.

As sub-bacias Poços/Queimados estão integradas em sua totalidade na Bacia Hidrográfica do Guandu, contribuintes a Baía de Sepetiba, apresentam área de drenagem de 177,70 Km², drenam principalmente áreas urbanas de Queimados. A sub-bacia do rio Poços possui 32 Km de extensão, formada pela confluência dos rios Santo Antônio e D'Ouro, que é afluente da margem esquerda do rio Guandu, contém afluentes: os canais Teófilo Cunha e Anibal (margem esquerda) e os canais Quebra-Coco, Pepino e rio Queimados (margem direita). A seguir (à jusante), recebe pela margem esquerda o rio Queimados, segue por mais 7 Km e desemboca na Lagoa do Guandu. Enquanto, a sub-bacia do rio Queimados possui 12,5 km de extensão e tem os rios Camorim e Abel como seus formadores. O rio Camorim (cabeceiras) drena uma região urbana e de pastos, em Austin (Nova Iguaçu), ingressa na cidade de Queimados passando pelo loteamento Vila do Tinguá, corta o ramal Japeri da estrada de ferro da RFSa e a estrada dos Caramujos até encontrar o rio Abel. O rio Abel tem início no loteamento do bairro São Francisco, corta a BR 116 (via Dutra) e o centro de Queimados e se encontra com o rio Camorim, drenando

áreas de pastagem e urbana de Jacatirã, desembocando no rio Poços (Distrito Industrial de Queimados e assentamento rural conhecida como Fazendinha (Porto, 2008).

Figura 3 – Localização das Sub-Bacias Poços e Queimados – RJ (Porto, 2008).



1.6. VIGILÂNCIA VIRAL AMBIENTAL

Durante a epidemia COVID-19 e em outras viroses, a maioria dos casos não apresentam sintomas (Ge et al., 2020), o que favorece a subnotificação e subestima a real carga da doença, especialmente em cenários de baixa testagem (Aguiar-Oliveira et al., 2020; Freitas Bueno et al., 2022). O mesmo conceito se aplica à vigilância genômica, cujas amostras são majoritariamente referenciadas com base no diagnóstico clínico. A vigilância ambiental permite estimar a incidência e monitorar variantes virais no nível populacional (Doughton, 2020) e com real representatividade temporal e geográfica. Portanto, constitui uma abordagem estratégica para acompanhamento efetivo da dinâmica epidemiológica e evolutiva viral, de modo a implementar a capacidade de intervenção e resposta.

O RNA viral pode ser detectado em matrizes ambientais como esgoto, lodo e rios poluídos (Ge et al., 2020; Guerrero-Latorre et al., 2020), onde os últimos podem ser uma fonte alternativa para a vigilância ambiental (estratégia central em locais onde o sistema de esgotamento sanitário é deficitário, conforme observado nas cidades da Baixada Fluminense do Rio de Janeiro e outros estados brasileiros (IBGE, 2018). Contudo, informações nesse contexto ainda são escassas e pouco exploradas na literatura nacional e internacional (Claro, 2021; Guerrero-Latorre et al., 2020). Mais raras ainda tratam da detecção de Influenza e outros vírus respiratórios (Heijnen e Medema, 2021; Horm et al., 2012), bem como de Monkeypox (Nelson, 2022).

2. OBJETIVO

Monitorar a presença de SARS-CoV-2 em águas dos rios Poços e Queimados, e na Lagoa do Guandu, correlacionando com os dados de saneamento de três municípios da Baixada Fluminense, que possuem saneamento básico precário.

3. METODOLOGIA

3.1. ÁREA DE COLETA E REPRESENTAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE ESTUDO

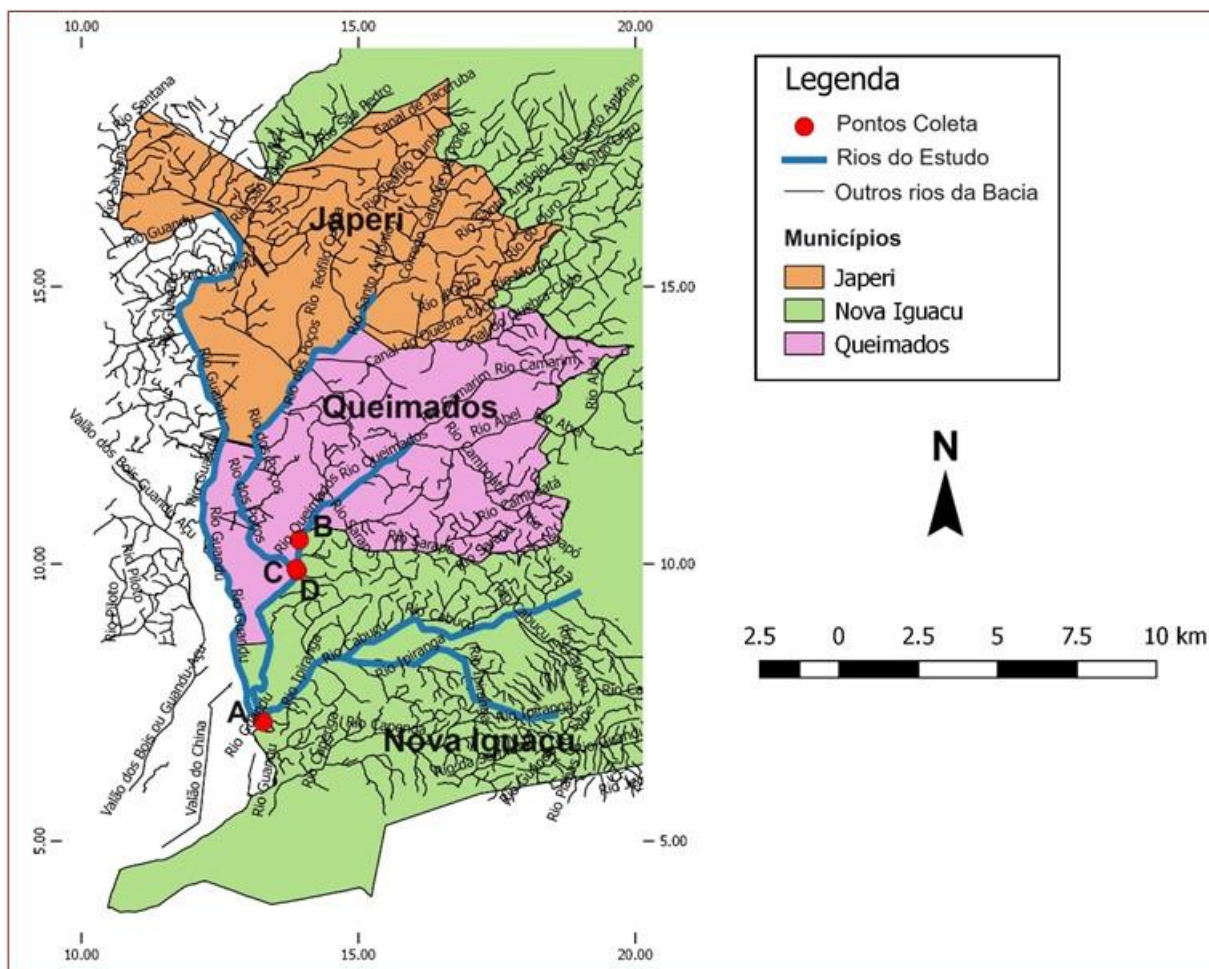
Trata-se de estudo descritivo longitudinal em amostras de água superficial, em pontos representativos para avaliação do esgoto que é lançado pelas cidades de Nova Iguaçu em pontos contribuintes do rio Poços assim como da cidade de Japeri pelo rio Poços (ponto C.), pela cidade de Queimados (ponto B.), pelas porção sul da cidade de Nova Iguaçu, e Japeri e Queimados e outras a montante do ponto de captação de água na estação de tratamento do Guandu (ponto A.), compreendendo 4 pontos amostrais (Figura 4), pois também foram coleta amostras no ponto D, que tem corresponde a confluência das águas dos rios poços e queimados, trecho instalado uma Unidade de Tratamento de Rios (UTR) (Tabela 1).

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais na Bacia do Guandu;

Bacia do Guandu		Coordenadas Geográfica	
A.	Lagoa do Guandu (3 municípios)	S 22° 48' 27.13''	W 43° 37.34' 22''
B.	Rio Queimados (Mun de Queimados)	S 22° 45' 36''	W 43° 36' 54''
C.	Rio Poços (Mun de Nova Iguaçu)	S 22° 45' 34''	W 43° 36' 57''
D.	Confluência dos rios poços e queimados	S 22° 45' 03''	W 43° 36' 59''

Nos pontos B, C e D foram coletadas amostras, com auxílio de becker acoplado a corda para coleta da água superficial do rio, de 400 mL, distribuídos em tubos Falcon de 50 mL, identificados quanto ao local, número da campanha e data. Um total de 200 mL foram imediatamente submetidos à concentração viral e os demais tubos foram congelados a -80°C, para eventual necessidade de confirmação de algum dado. No ponto A, como o esgoto presente está mais diluído na matriz ambiental, visto ser uma lagoa que recebe também água do rio Guandu, foram coletados 2 litros de amostra, e da mesma forma, metade desse volume foi processado imediatamente para concentração viral, sendo a outra metade congelada, e mantida como *backup*.

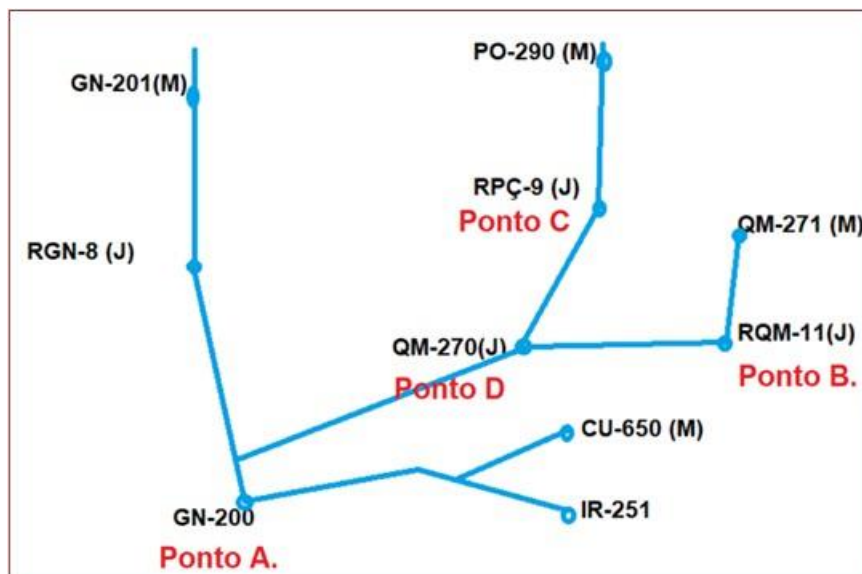
Figura 4 – Região de coleta das amostras nos rios Poços, Queimados e Guandu na Bacia Hidrográfica do Guandu, RJ/RJ, Brasil, destaque para as regiões de drenagem dos municípios da região da Baixada Fluminense: Japeri, Queimados e Nova Iguaçu.



Fonte: elaborado por esse trabalho.

O aspecto de contaminação das águas dos pontos amostrados forma comparados com dados amostrados e analisados pelo INEA, conforme número descrito na Figura 5.

Figura 5 - Posicionamento relativo dos pontos de coleta de amostra e a equivalência com 10 pontos amostrais considerados no Plano Verão 2021 do INEA.



Fonte: Sotero-Martins, 2022.

Foram realizadas ao todo sete campanhas de coletas (7 vezes na Bacia do Guandu) durante o período de pandemia de Covid-19 nos anos de 2021 e 2022, em diferentes semanas epidemiológicas (SE), realizadas nos seguintes períodos: 27/07/2021 (SE 30 – 1X); 21/09/2021 (SE 38 – 2X); 03/10/2021 (SE 40 – 3X); 18/01/2022 (SE 03 – 4X); 12/04/2022 (SE 15 – 5X); 24/05/2022 (SE 21 – 6X); 05/10/2022 (SE 40 – 7X). Em todas as sete campanhas foram coletadas amostras no ponto A (Bacia do Guandu), porém em apenas duas campanhas foram realizadas coletas em pontos específicos relacionados aos rios Poços e Queimados, nas campanhas 4X e 6X, no ano de 2022, quando a equipe esteve junto com o Ministério Público na avaliação da construção da UTR no Rio Queimados (ponto D).

3.2. CONCENTRAÇÃO VIRAL

Por conta da baixa concentração de partículas virais nesse tipo de matriz ambiental foi necessário fazer a concentração. Neste estudo optamos por filtração em membrana eletronegativa, seguida de extração do RNA viral diretamente da membrana, uma modificação do método de adsorção-eluição em membranas eletronegativas de Katayama et al. (2002) e Symonds et al. (2014), que tem demonstrado resultados mais eficientes para vírus com envoltório (Ahmed et al., 2020). Neste método, não se realiza a eluição dos vírus retidos na membrana, mas faz-se a extração do material genético diretamente da membrana, usando kit AllPrep® PowerViral® DNA/RNA (QIAGEN) para a extração de ácidos nucleicos virais. O procedimento foi realizado de acordo com o POP LVRS TA-002, “método de concentração viral em amostras ambientais por filtração em membrana”.

Antes do processo de extração, adicionou-se 200 mL do controle viral - vacina Inforce 3, que contém BRSV, a cada 200 mL de amostra que passaria no processo de extração, sendo incubada à 4°C por 30 min, seguida da filtração em filtros de 0.8 µm para retirada de sujeiras presentes nas amostras. Foi adicionado 2 mL de MgCl₂ (2.5 M) para obter a concentração final de 25 mM. Após homogeneização, por 3 min em agitador

mecânico, foi medido o pH. A amostra foi acidificada com ácido acético (1M) até pH ficar entre 3 e 3,5. A amostra tratada passou por nova filtração em membrana, HAWP04700 de éster de celulose, com poro de 0,45µm, diâmetro de 47mm (MILLIPORE, Darmstadt, Alemanha), conectada a sistema de filtração. A membrana foi retirada do suporte do filtro com pinça, foi cortada em pedaços menores com auxílio de tesoura esterilizada e introduzida dentro do tubo PowerBead do kit de extração de DNA, AllPrep PowerViral DNA/RNA (Qiagen®, Hilden, Alemanha) previamente identificado com o número da amostra. Nesse ponto, a amostra podia ser congelada ou dava-se prosseguimento com a adição de 600 µL da solução PM1 do kit de extração AllPrep PowerViral DNA/RNA (Qiagen®, Hilden, Alemanha) e 6µL de 2-b mercaptoetanol a cada tubo, a fim de minimizar riscos de degradação do RNA. A amostra passava por homogeneização (Vortex) por 30 seg. e incubada por 5 minutos à temperatura ambiente. Nessa etapa, a amostra podia também ser armazenada (no tubo com as soluções) à -80°C até a etapa de extração do RNA. A vacina Inforce 3 contém BRSV e foi utilizada para o controle do processo de filtração. O BRSV também foi testado como controle interno por RT-PCR em tempo real, de concentração viral.

3.3. EXTRAÇÃO DE ÁCIDOS NUCLÉICOS

A extração de ácidos nucléicos foi realizada utilizando o kit AllPrep PowerViral DNA/RNA (Qiagen®, Hilden, Alemanha), conforme as instruções do fabricante. Usamos o equipamento QIAVAC (Qiagen).

3.4. DETECÇÃO MOLECULAR DE SARS-COV-2 E BRSV (CONTROLE)

A detecção molecular do SARS-CoV-2 por RT-PCR em tempo real foi baseada na pesquisa dos alvos N1 e N2, com o kit de Biomanguinhos e seguindo rigorosamente o manual de instruções. A mistura para o PCR foi composta pelo tampão de reação, enzimas e o mix de oligonucleotídeos. Após pipetar 10 uL de ácido nucléico, a reação de transcrição reversa ocorreu a 50°C por 15 min, seguida por 1 ciclo de 95°C por 2 min para a ativação da enzima. A fase de amplificação ocorre em 45 ciclos de 95°C por 20 seg e 58°C por 30 seg. A amostra foi considerada positiva na presença de curva de amplificação para os alvos N1 ou N2.

Para cálculo da concentração viral em cópias/mL, foi utilizado o padrão comercial 1 2019-nCoV_N_Positive Control (IDT), que consiste em plasmídeo do vírus, na concentração de 200.000 cópias/mL. Para a curva de quantificação, foram realizadas 5 diluições (10E1-10E5) do padrão, testadas juntamente com as amostras. Com base no valor de Ct foram estimados a concentração viral em cada amostra frente à curva padrão, aplicando a fórmula obtida na curva de regressão. Cada diluição do padrão foi testada em triplicata e cada amostra foi avaliada em duplicata. Para a detecção do BRSV, foi utilizado o protocolo descrito por Boxus e Kerkhofs (2005).

3.5. BASES DE DADOS

3.5.1. DADOS EPIDEMIOLÓGICOS

Os dados epidemiológicos foram obtidos a partir da base de dados do Painel COVID do Estado do Rio de Janeiro da Secretaria de Saúde do Estado do Rio de Janeiro no Painel Coronavírus COVID-19 no link:

<https://painel.saude.rj.gov.br/monitoramento/covid19.html>

3.5.2. DADOS DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DOS RIOS

Para avaliar o nível de contaminação das águas dos pontos amostrais foram consultados dados históricos dos relatórios na página do SIGA Guandu e do INEA. Na figura 3 estão os códigos dos pontos que foram acompanhados nesse levantamento de dados de contaminação em INEA (2020 e 2021) correspondentes aos mesmos pontos de coleta das amostras. Foram tabulados o Índice de Qualidade da água (IQA), que é um valor que ajuda na avaliação resumida sobre a qualidade dos rios e anotados a classificação conforme definido na Tabela 1, e os valores do parâmetro coliformes termotolerantes no dia ou do dia mais próximo da data que foram coletas as amostras nesse estudo, os dados foram avaliados em mapas temáticos em programa SIG.

Tabela 2 – Classificação das águas fluviais segundo índice IQA.

Categoria de Resultados	EXCELENTE	BOA	MÉDIA	RUIM	MUITO RUIM
IQA _{NSF}	100 ≥ IQA ≥ 90	90 > IQA ≥ 70	70 > IQA ≥ 50	50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0
Significado	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público			Águas impróprias para tratamento convencional visando abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados	

Fonte: INEA

3.6. ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA

Para avaliação epidemiológica foi realizado o cálculo da taxa de incidência (Ti), taxa de letalidade (Tl) e taxa de mortalidade (Tm) de COVID-19 nos três, conforme indicado nas Equações 1, 2 e 3.

$$Ti = \frac{N^{\circ} \text{ de casos de COVID-19}}{\text{População total de risco}} \times 10.000 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Tl = \frac{N^{\circ} \text{ de óbitos por COVID-19}}{N^{\circ} \text{ de casos de COVID-19}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$Tm = \frac{N^{\circ} \text{ de óbitos por COVID-19}}{\text{População total de risco}} \times 10.000 \quad (\text{Eq. 3})$$

A análise dos dados e cálculo dos indicadores epidemiológicos foram realizados por meio da utilização do software Microsoft Excel® 2021. Foram realizadas as análises estatísticas dos dados, e correlação com informações de dados secundários das bases oficiais do IBGE de 2022, sobre a população dos municípios de Japeri, Queimados e Nova Iguaçu, de forma gerar informações que permitam melhor compreensão sobre a transmissão/disseminação viral na população da Baixada Fluminense.

Para as análises espacial dos dados foi utilizado um sistema de informação geográfica (SIG) software QGIS 3.30.1 para elaboração de mapas temáticos, a fim de apresentar os resultados obtidos de forma especializada por semana epidemiológica. A base de arquivos do tipo *shapefile* (*SHP) para a Bacia do Guandu foram obtidas do site do Comitê Guandu em <http://sigaguandu.org.br/siga-guandu/map#>, e foram trabalhadas no programa SIG para as análises espaciais devidas.

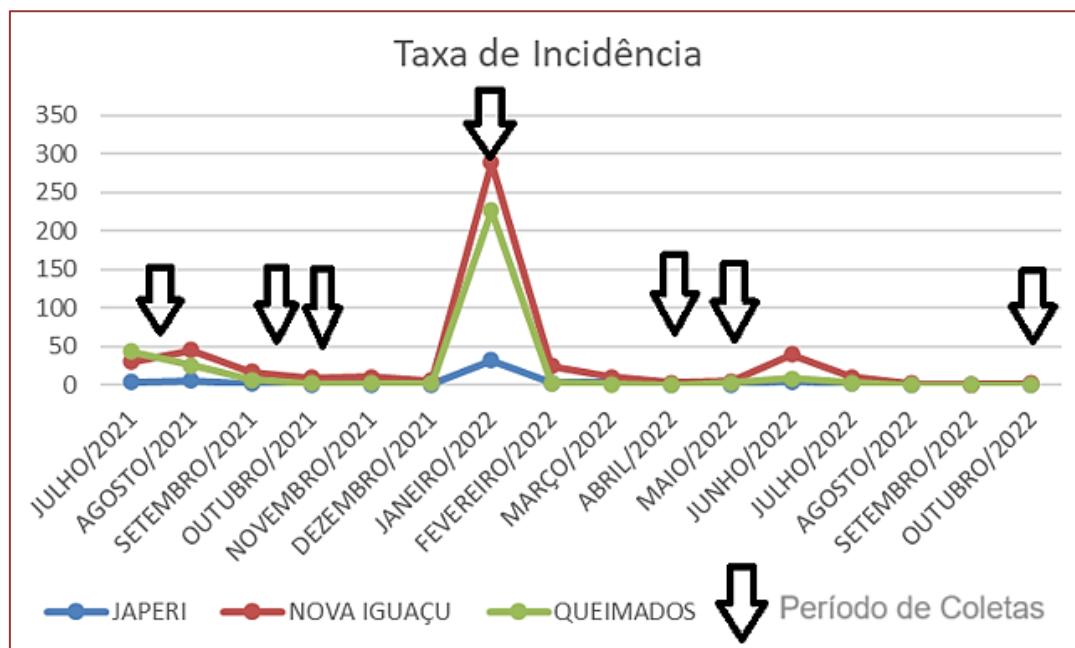
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TAXAS DE COVID-19 NOS MUNICÍPIOS DO ESTUDO

Dados do censo IBGE de 2022 informam que o município de Nova Iguaçu possui 785.867 habitantes, com densidade demográfica de 1.509,6 habitante por quilômetro quadrado; o de Queimados com 140.523 habitantes, porém com densidade demográfica maior do que o de Nova Iguaçu, sendo de 1.850,76 habitante por quilômetro quadrado; enquanto o de Japeri apresenta 96.289 habitantes e densidade demográfica de 1.178,61 habitante por quilômetro quadrado.

No que se refere aos aspectos epidemiológicos para a COVID-19 no período do estudo, de julho de 2021 a outubro de 2022, o município de Nova Iguaçu apresentou uma taxa de incidência média de 60,75 casos/10.000 habitantes. A taxa de letalidade média foi de 5,64 % e a taxa de mortalidade equivalente a 3,43 óbitos/10.000 habitantes. Enquanto o município de Queimados a taxa de incidência média foi a maior dos três municípios, de 502,96 casos/10.000 habitantes, a taxa de letalidade média foi de 0,97 % e a taxa de mortalidade foi a maior dos três municípios equivalente a 4,89 óbitos/10.000 habitantes. A taxa de incidência média do município de Japeri foi de 324,35 casos/10.000 habitantes. A taxa de letalidade média foi de 1,29 % e a taxa de mortalidade equivalente a 4,20 óbitos/10.000 habitantes. Silva et al. (2023), avaliou os dados epidemiológicos de COVID-19 nos blocos de concessão de saneamento do município do Rio de Janeiro, no período de 2021 a 2023, e identificou que os bairros pertencentes ao bloco 4, onde se enquadram esses três municípios, apresentaram taxa de incidência de 303,82 casos/10.000 habitantes próximas dos valores de Japeri, mas menores do que a de Queimados, porém a taxa de letalidade foi mais elevada do que a desses municípios, esteve em 9,88 %. Na Figura 6 estão os valores da taxa de incidência de COVID-19 sinalizando as datas de coletas nos pontos.

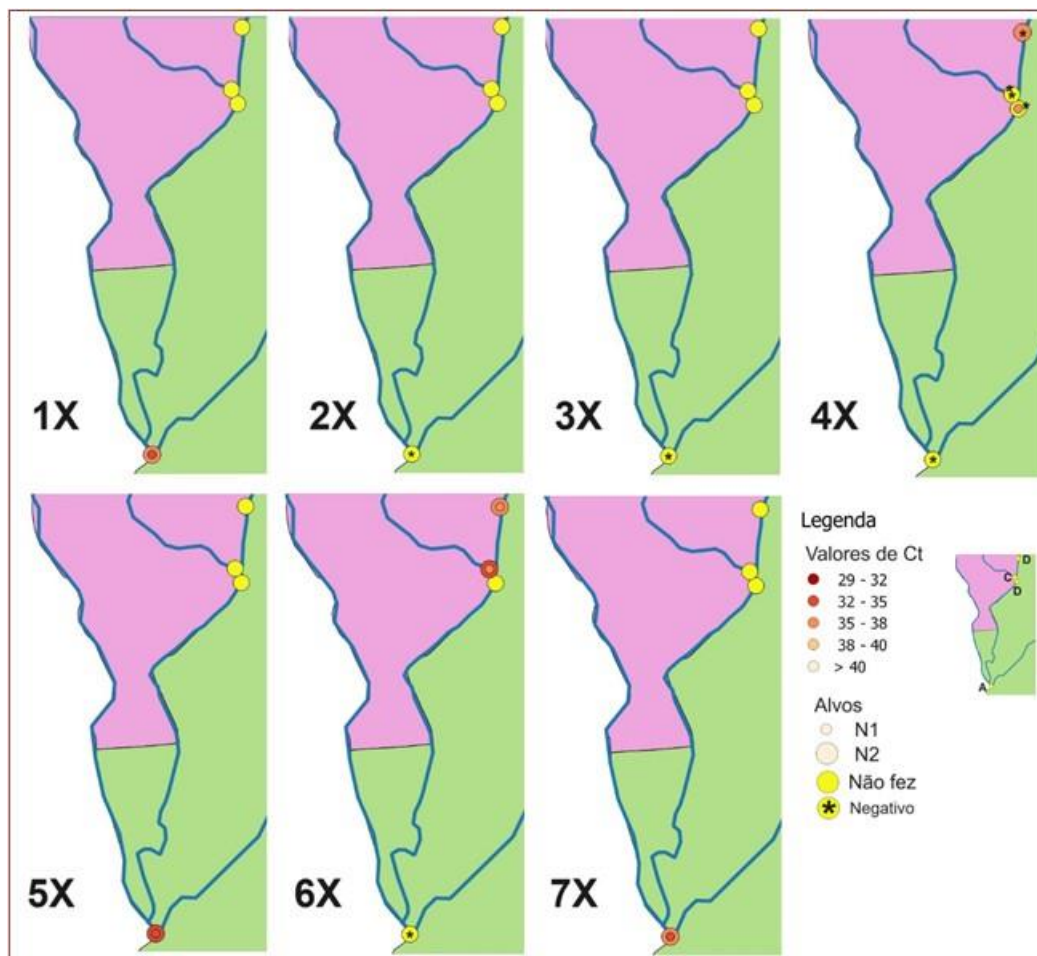
Figura 6 – Taxa de incidência de COVID-19, nos municípios de Nova Iguaçu, Queimados e Japeri. Jul/2021 a out/2022, destaque para os período das coletas de amostras.



4.2. AVALIAÇÃO DA AMPLIFICAÇÃO DO SARS-COV-2 POR CAMPANHA

Das sete coletas realizadas durante a pandemia do COVID-19 (Figura 7), no ponto A (Bacia do Guandu), que é o ponto que tem esgoto proveniente dos três municípios alvos da região da Baixada Fluminense do Rio de Janeiro, em três campanhas (1X, 4X e 7X) foram amplificados os dois alvos do vírus SarsCov2 (N1 e N2). Nas duas campanhas que foram realizadas coletadas nos pontos dos rios Poços e Queimados, em ambas tiveram amplificação dos alvos de SARS-CoV-2 (N1 e N2), porém na 6X os alvos amplificaram para os dois pontos dos rios, mas nessa campanha não foi realizada coleta no ponto de confluência dos dois rios. Na 5X foi amplificado somente o alvo N2 para o ponto B (do rio Queimados), mas não foi amplificado o alvo N1, e foi amplificado nessa campanha amostra do ponto de confluência para o alvo N1, mas não foi para o N2, e não houve aumento dos alvos para o Rio Poços.

Figura 7 - Representação dos valores de Ct para os alvos N1 (disco interno) e N2 (disco externo) do vírus SARS-CoV-2, de amostras nas diferentes campanhas de coleta.



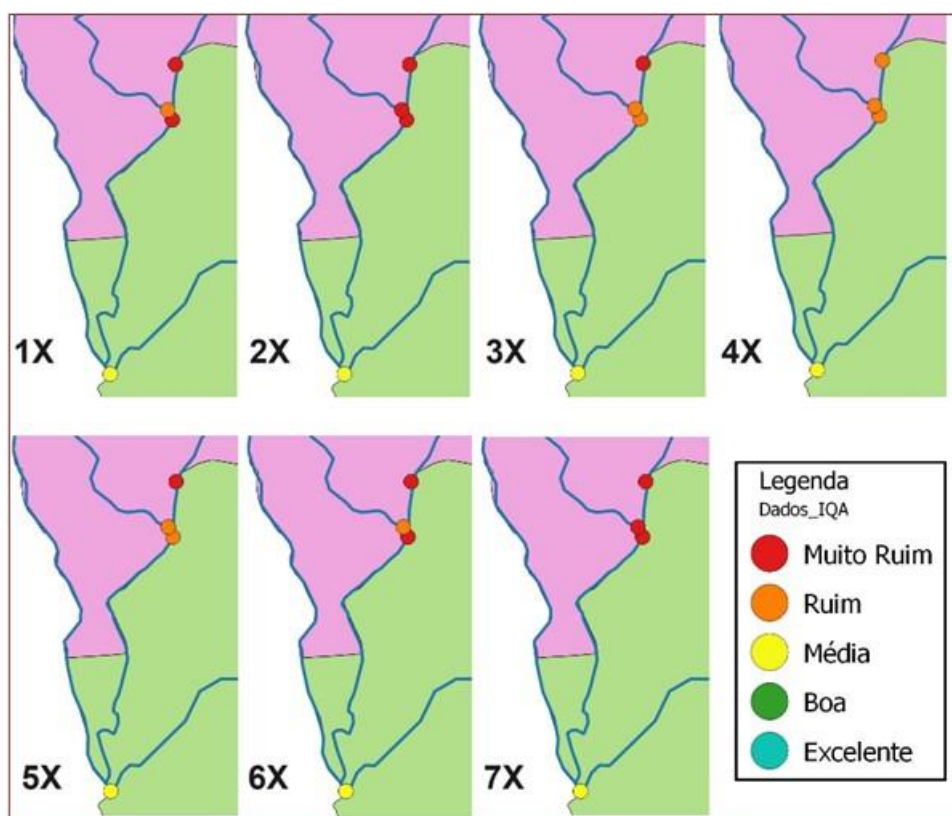
Fonte: Esse trabalho.

Os resultados apontam que RNA viral foi detectável em algumas amostras dos rios da Bacia do Guandu durante a pandemia, comprovando a eficácia do procedimento metodológico proposto para a concentração, extração e detecção do novo coronavírus em amostras de água com presença de esgoto sanitário. Análises da concentração viral e sequenciamento desse material poderá revelar qual variante do vírus estava circulando naquela população, como um sistema sentinela dos tipos circulantes de vírus. Na literatura, encontram-se trabalhos baseados na concentração e detecção viral em amostras de esgoto sanitário, e até o momento não há um protocolo único que seja utilizado como padrão para determinar a concentração viral do SARS-CoV-2 em águas (SYMONDS et al., 2014; AHMED et al., 2015, AHMED et al., 2020, KITAJIMA et al., 2020). Os resultados aqui representados são preliminares e ainda serão correlacionados com a concentração viral, bem como com números de infectados. Outros grupos de pesquisa também conseguiram detectar a presença do SARS-CoV-2 em amostras de esgoto sanitário na Holanda (MEDEMA et al., 2020), Espanha (RANDAZZO et al., 2020), Austrália (AHMED et al., 2020), nos Estados Unidos (WU et al., 2020) e até mesmo no Brasil (CHERNICHARO et al., 2020).

4.3. QUALIDADE SANITÁRIA DA ÁGUA DOS LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRA

Os dados do INEA sobre a qualidade dos pontos amostrais de coletas apontam que o ponto A – Bacia do Guandu, apresentava índice de qualidade da água (IQA) na faixa de “Média” em todas as campanhas de coleta (Figura 8). Porém no ponto do rio Poços, em média o valor esteve com IQA na faixa “Ruim”, e o ponto do rio Queimados ficou na maior parte das vezes na faixa “Muito Ruim”.

Figura 8 – Representação do valor do IQA dos pontos amostrais nas campanhas de coleta desse estudo.



Fonte: Esse trabalho.

Os valores de IQA apresentados pelos corpos hídricos dos rios indicam significativo impacto de contaminantes e poluentes devido a presença de esgoto sanitário e industrial que são lançados pelas cidades a montante, que possuem deficiência no sistema de coleta e tratamento de esgoto. Embora o ponto A, na Bacia do Guandu esteja com IQA na faixa média, por conta da diluição que ocorre nas águas que vem dos rios a montante pelas águas do Rio Guandu que também chegam nessa bacia, ainda assim esse ponto se mostrou adequado na vigilância sentinela para a epidemiologia viral da população da Baixada Fluminense.

O parâmetro sobre os níveis de coliformes tolerantes podem ser utilizados na composição da estimativa da carga de esgoto sanitário recente presente nos corpos hídricos, e como esperado este indicador de qualidade sanitária foi um dos parâmetros que mais vezes esteve fora dos valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece que para corpos hídricos de classe 2, os níveis de coliformes termotolerantes não deve ultrapassar a 1.000 NMP/100 mL, em 80%

ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, apenas uma única vez no ponto D (no ponto de confluência entre os rios Poços e Queimados) esteve dentro do VMP, todos os demais pontos estiveram sempre acima do VMP nesse parâmetro bacteriológico. Embora o ponto A da Bacia do Guandu, estivesse com IQA médio nas campanhas de coleta, há de se considerar que é nesse ponto que ocorre a captação de água bruta para ser tratada dentro da Estação de Tratamento de Água (ETA Guandu), e no parâmetro bacteriológico as águas estiveram sempre acima do VMP, indicando que grande parte da população fluminense consome água de reúso não intencional conforme descrito por Moura et al. (2020).

5. CONCLUSÃO

A implementação da epidemiologia ambiental do SARS-CoV-2 no contexto *One Health* trará importantes contribuições com impacto em Saúde Pública como: elucidar a epidemiologia e dinâmica de transmissão e dispersão espaço-temporal do SARS-CoV em regiões sem saneamento básico; e avaliar o potencial da utilização da vigilância em saúde como um sistema de sentinela.

AGRADECIMENTOS

A Pesquisadora Dra. Maria de Lourdes Aguiar Oliveira e ao Renan da Silva Faustino do Laboratório de Vírus Respiratórios e Sarampo, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).

REFERÊNCIAS

- [1] Aguiar-Oliveira, ML. et al. Int. J. Environ. Res. Public. Health 17, 9251 (2020)
- [2] Ahmed, W. et al. Comparison of virus concentration methods for the RT-qPCR-based recovery of murine hepatitis virus, a surrogate for SARS-CoV-2 from untreated wastewater. Sci. Total Environ. 739, 139960 (2020).
- [3] BRASIL. (2005) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, n. 53, p. 58-63.
- [4] Boxus, M., Letellier, C. & Kerkhofs, P. Real Time RT-PCR for the detection and quantitation of bovine respiratory syncytial virus. J. Virol. Methods 125, 125–130 (2005)
- [5] Claro, I. C. M. et al. Water Res. 203, 117534 (2021).
- [6] Daughton, C. G. Sci. Total Environ. 736, 139631 (2020).
- [7] Freitas Bueno, R. et al. J. Environ. Chem. Eng. 10, 108298 (2022).
- [8] Ge, H. et al. Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. 39, 1–9 (2020).
- [9] Guerrero-Latorre, L. et al. Sci. Total Environ. 743, 140832 (2020).
- [10] Heijnen, L. & Medema, G. J. Water Health 9, 434–442 (2021).
- [11] Horm, S. V., Gutiérrez, R. A., Sorn, S. & Buchy, P. Influenza Other Respir. Viruses 6, 442–448 (2012).
- [12] IBGE. Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira. Rio de Janeiro: IBGE. (2018).
- [13] IBGE. Panorama das Cidades. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>

- [14] INEA - Instituto Estadual do Ambiente, Boletins de Qualidade das Águas por Região Hidrográfica, para RH II Guandu, em <https://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das-aguas-por-regiao-hidrografica-rhs/>
- [15] Instituto Trata Brasil. Relatório do Ranking do Saneamento, 2020. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2020/>
- [16] Katayama, H., Shimasaki, A. & Ohgaki, S. Appl. Environ. Microbiol. 68, 1033–1039 (2002).
- [17] Moura, PG; Aranha, FN; Handam, NB; Martin, LE; Salles, MJ; Carvajal, E; Jardim, R; Sotero-Martins, A. (2020). Água de uso: uma alternativa sustentável para o Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental. 25(6), 791-808. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201> DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-4152202020180201>
- [18] Nelson, B. BMJ o1869 (2022) doi:10.1136/bmj.o1869.
- [19] Oliveira, A.S. L.S.; Rodrigues, C.G.O.. Mapeamento e análise do uso público e da percepção ambiental das comunidades da área de abrangência da Reserva Biológica do Tinguá, 87f. 2013. Relatório (Iniciação Científica). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Ensenanzadelageografia/Investigacionydesarrolloeducativo/37.pdf>
- [20] Porto, E.N.N. Gestão de recursos hídricos no município de Queimados: subsídios para um diagnóstico sócio-ambiental das sub-bacias Poços/Queimados. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia, 2008.
- [21] Processo MPRJ, 2022 – TUTELA ANTECIPADA EM CARÁTER ANTECEDENTE, disponível em: https://www.mprj.mp.br/documents/20184/540394/acp_utr_verso_10mar2022_final_002.pdf
- [22] Rio de Janeiro, Secretaria de Saúde Estado do Rio de Janeiro - Painel Coronavírus COVID-19, Link <https://painel.saude.rj.gov.br/monitoramento/covid19.html>
- [23] SIGA-GUANDU - Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Disponível em: <http://sigaguandu.org.br/siga-guandu/observatorioMunicipio>
- [24] Silva, C. E. O et al. A incidência de COVID-19 e o acesso ao abastecimento de água no município do Rio de Janeiro. Interfaces científicas: Saúde e ambiente. 2023, v. 9, n. 2, p. 1-18. 2023. DOI: 10.17564/2316-3798.2023v9n2p335-352
- [25] Sotero-Martins, A. Relatório Técnico de 2022 para o Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro – MPRJ – considerando a Série histórica de análises do INEA dos anos de 2015-2016.
- [26] Symonds, E. M. et al. A case study of enteric virus removal and insights into the associated risk of water reuse for two wastewater treatment pond systems in Bolivia. Water Res. 65, 257–270 (2014).

Capítulo 5

Análise crítica da aplicação de ferramentas de análise de risco em estações de tratamento de efluente de indústria farmacêutica

Wallace Fernandes Tavares da Silva¹

Adriana Sotero Martins²

Fabiana Valéria da Fonseca³

Miguel Angel de la O Herrera⁴

Resumo: A indústria farmacêutica e biofarmacêutica desempenha papel fundamental no que diz respeito a produção de produtos estratégicos para manutenção e prevenção da saúde da população brasileira com o fornecimento através do Sistema Único de Saúde (SUS). Para desempenhar este papel, o setor é responsável pela produção de insumo farmacêutico ativo (IFA), que são substâncias que possuem atividade biológica de interesse, podendo constituir uma vacina ou um biofármaco. Apesar das variedades de produtos já existentes, muitas substâncias vêm sendo desenvolvidas e produzidas decorrente da demanda imediata para o tratamento de doenças, como por exemplo, a vacina contra a COVID-19. Acompanhado deste avanço, tem-se a preocupação em relação ao conhecimento dos impactos à saúde pública e ao meio ambiente como consequência do lançamento dessas substâncias ao meio ambiente, mesmo que em baixas concentrações. Desse ponto de vista, o adequado funcionamento de todas as etapas das estações de tratamento de efluentes industriais (ETE), tanto farmacêutico quanto biofarmacêutico, é essencial para evitar o lançamento dessas substâncias nos corpos receptores. A utilização de ferramentas de análise de risco suporta as tomadas de decisão baseadas em riscos prevenindo e evitando que desvios de parâmetros de processos ocorram, assim como falhas de operabilidade, diminuindo a chance de perda de eficiência no tratamento do efluente e o descarte do efluente fora das especificações recomendadas. Sendo assim, o trabalho em questão analisou o cenário geral da aplicação de ferramentas de análise de risco em ETE de indústria farmacêutica, identificando que o setor, apesar de crescimento constante de seus processos produtivos atendendo às boas práticas de fabricação (BPF) e os requisitos de gerenciamento de risco como o International Council for Harmonisation (ICH) Q9, carece da aplicação das ferramentas de análise de risco a jusante de seus processos que poderiam auxiliar no adequado funcionamento das plantas, evitando impactos negativos ao meio ambiente e saúde pública.

Palavras-chave: Análise de Risco, Tratamento de Efluentes, Indústria Farmacêutica, Saúde Ambiental.

¹ Engenheiro Químico pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Mestre em Engenharia Ambiental do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PEA) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Analista de Transferência de Tecnologia em Bio-Manguinhos/FIOCRUZ.

² Pesquisadora Titular em Saúde Pública na Escola Nacional de Saúde Pública -ENSP/ FIOCRUZ, Docente na ENSP/FIOCRUZ e IOC/FIOCRUZ, Docente do Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental (PEA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre em Bioquímica (UFRJ) e Doutorado em Bioquímica (UFRJ).

³ Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Mestrado e Doutorado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos (UFRJ). Diretora da Escola de Química da UFRJ e Docente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos (UFRJ) e do Programa de Engenharia Ambiental (PEA/UFRJ).

⁴ Engenheiro Químico pela Universidad Autónoma Del Estado de México (UAEM). Mestrado e Doutorado em Engenharia Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Especialista em Gestão de Risco. Gerente de Projetos e Analista de Produção em Bio-Manguinhos/FIOCRUZ.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a indústria farmacêutica é uma das maiores consumidoras de recursos hídricos do mundo (ROCHA,2018). Tal fato se deve ao consumo associado às operações tanto de limpeza de equipamentos quanto aos próprios processos produtivos farmacêuticos, que estão atrelados ao desenvolvimento e produção de medicamentos que desempenham papel fundamental para a manutenção da saúde, cura e tratamento de doenças (EMA, 2018).

Acompanhado com o desenvolvimento tecnológico, a indústria farmacêutica e biofarmacêutica vem crescendo objetivando atender a necessidade da população. Esse cenário acarreta o aumento do volume de produção, que aumenta o consumo de água e matérias primas, gerando assim, mais efluente líquido a ser tratado. Devido a isso, nas últimas décadas os produtos farmacêuticos têm sido cada vez mais reconhecidos mundialmente como substâncias de preocupação para o meio ambiente e para a saúde pública (PENA *et.al*, 2021). Percebe-se o aumento de estudos sobre os possíveis impactos à saúde do meio ambiente e a saúde pública causadas por essas substâncias, como por exemplo, as moléculas que compõem o IFA. Tem-se encontrado essas substâncias que são geradas por efluentes domésticos, hospitalares e principalmente pela indústria em águas superficiais e águas subterrâneas (LI, 2014). No que diz respeito às moléculas que compõem o IFA, estas possuem alta atividade biológica em baixas concentrações, e possuem natureza hidrofílica e baixa taxa de adsorção, o que oferece estabilidade e resistência a estas substâncias tornando desafiador a sua degradação por técnicas convencionais. Substâncias como antibióticos e hormônios, caso não tratados adequadamente, podem oferecer risco ao meio ambiente, aumentando a chance do desenvolvimento de bactérias resistentes, bioacumulação na cadeia trófica e contaminação dos solos e rios (SANGION e GRAMÁTICA, 2016).

No que diz respeito a legislação vigente brasileira, tanto na Resolução CONAMA 357/2005 quanto na 430/2011, ambas carecem de informações que dispõe sobre os limites de concentração e não levam em consideração os parâmetros de caracterização de monitoramento dessas substâncias nos efluentes de industriais farmacêuticos.

Diferente de outros setores, o setor farmacêutico também utiliza organismos geneticamente modificados (OGM) em seus processos produtivos, que do ponto de vista de biossegurança, devem ser inativados e tratados adequadamente para permitir o devido descarte. Estas características oferecem desafio para o estabelecimento das técnicas utilizadas na estação de tratamento, que devem atender tanto a variação de volume quanto a complexidade da variedade das substâncias a serem tratadas (GIODARNO e SURERUS, 2015).

Martz (2012) defende que as estações de tratamento de efluente devem ser parte integrante dos processos produtivos farmacêuticos. Portanto, além de atender as exigências de boas práticas de fabricação alinhado à Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 658 de 2022, a indústria farmacêutica deve garantir o devido tratamento de seus efluentes, evitando impactos negativos ao meio ambiente. Desta forma, ferramentas de análise de risco podem auxiliar na identificação e mitigação dos riscos inerentes ao processo, além de auxiliar em tomadas de decisão baseadas em riscos através da análise de impactos ao processo, meio ambiente e aos seus colaboradores.

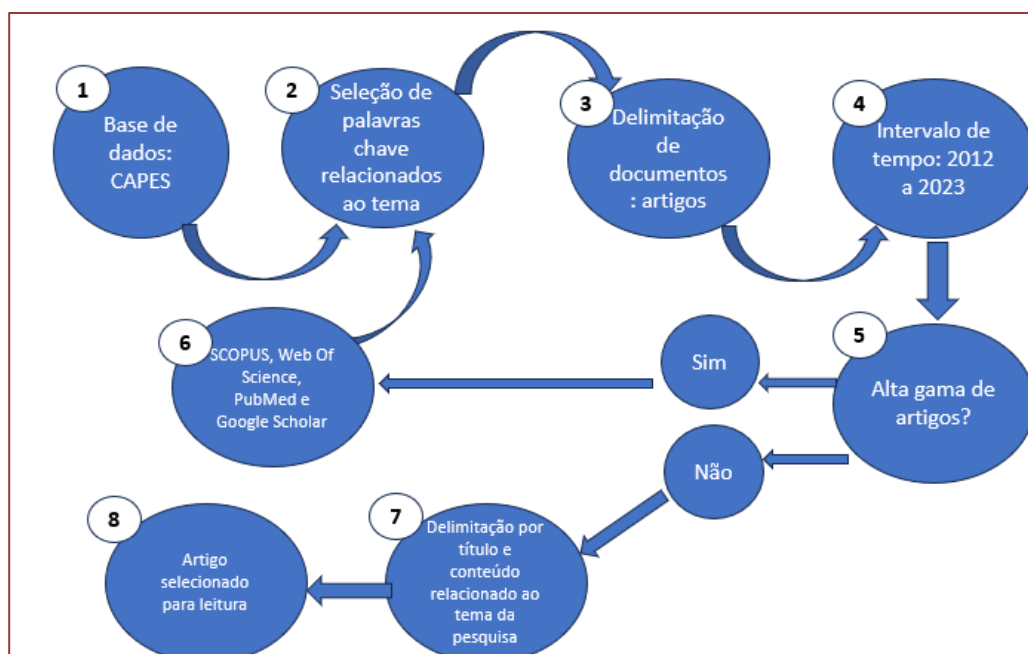
2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi analisar o cenário geral da aplicação da análise de risco e suas respectivas ferramentas nas estações de tratamento de efluentes industriais, especialmente no setor farmacêutico, buscando estabelecer um panorama de sua aplicação para a identificação, análise e avaliação de risco para mitigar impactos ao meio ambiente e saúde ambiental causados por possíveis falhas de operabilidade em seus processos.

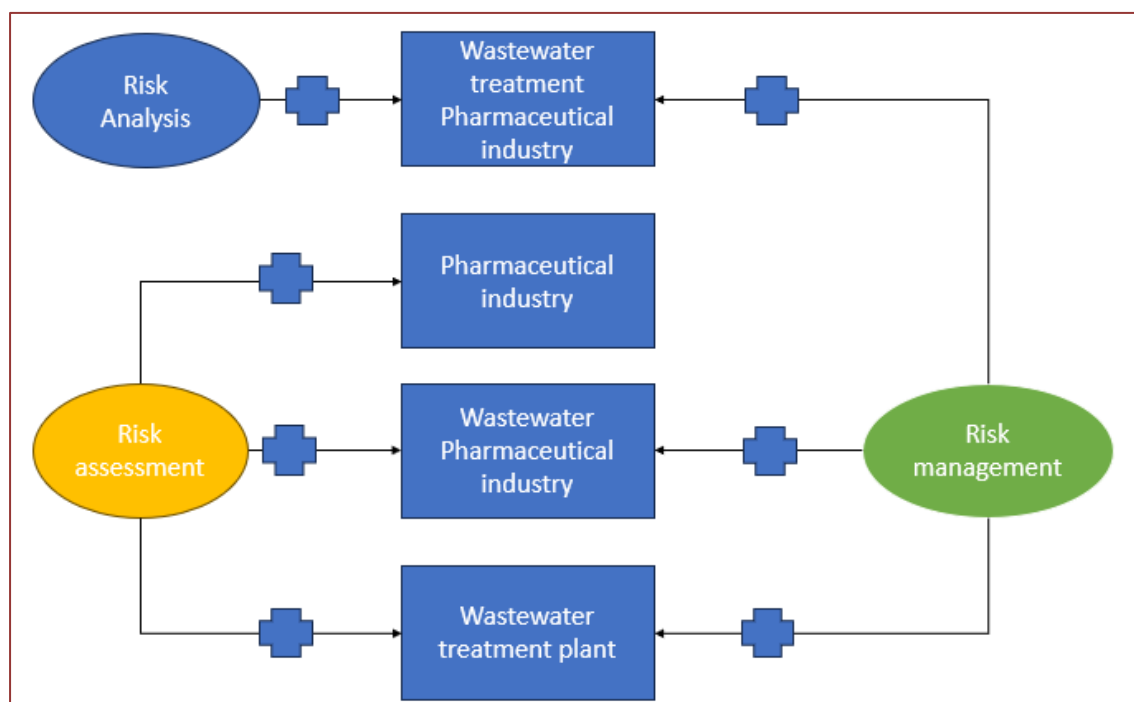
3. METODOLOGIA

O trabalho em questão teve caráter exploratório, onde a metodologia utilizada é esquematizada na Figura 1.

Figura 1: Racional utilizado na metodologia



De acordo com o racional metodológico proposto, inicialmente as pesquisas foram feitas na plataforma CAPES devido sua importância na abrangência de importantes bases de dados científicos. Como entrada da segunda etapa da metodologia, foram utilizadas combinações de palavras-chave de acordo com o tema, conforme esquema da Figura 2.

Figura 2: Combinação de Palavras

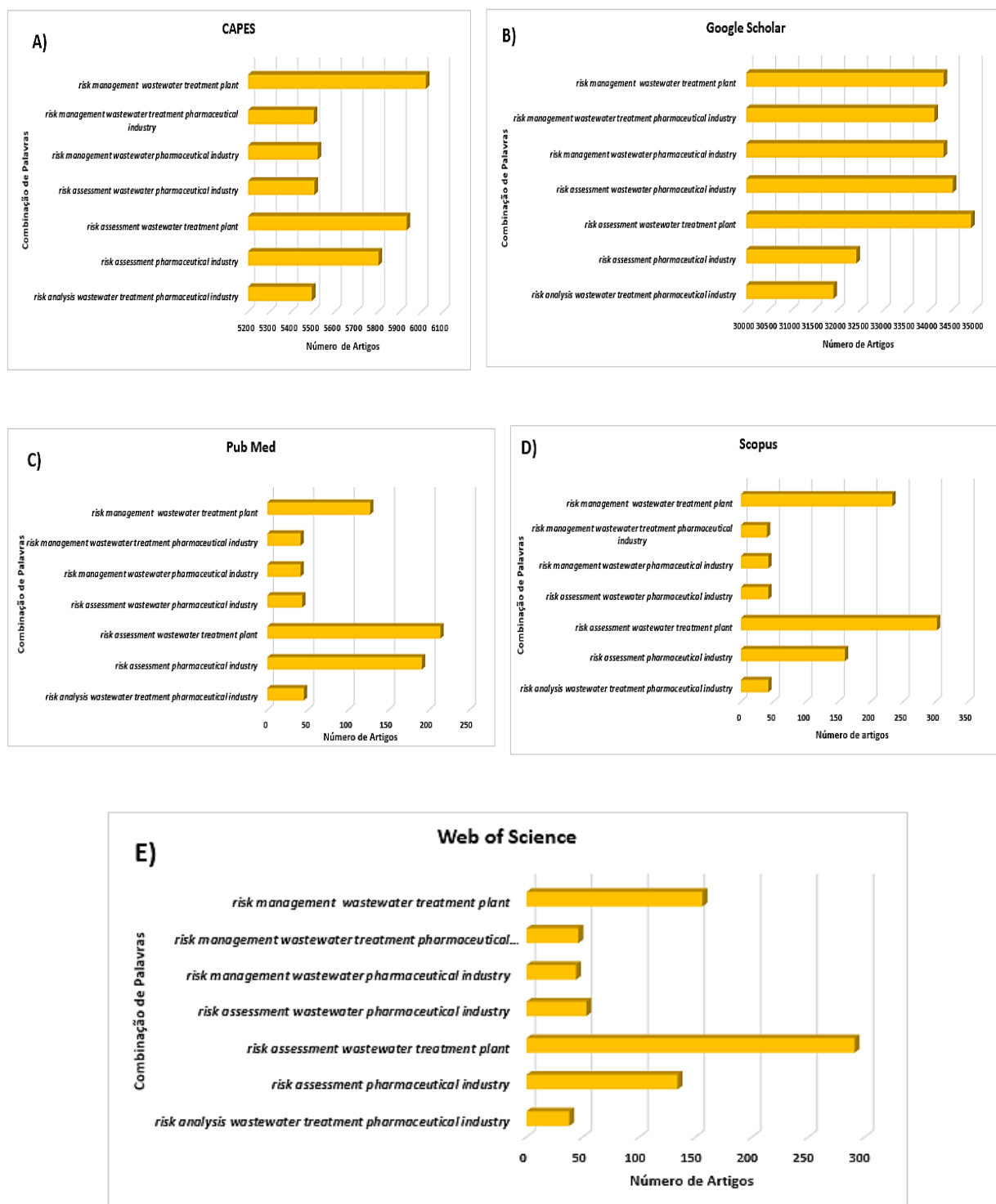
A Figura 2 mostra através das setas as combinações que foram realizadas. As combinações de palavras-chave foram traduzidas para o inglês buscando mais proximidade com o significado em português, sendo a busca realizada nas bases de dados no resumo, no título e no corpo do texto. Logo, os termos utilizados foram: “análise de riscos em estação de tratamento de efluente de indústria farmacêutica”, “avaliação de risco indústria farmacêutica”, “avaliação de risco efluentes indústria farmacêutica”, “gestão de risco de efluentes indústrias farmacêutica”, “gestão de risco estação de tratamento de indústria farmacêutica”, “gestão de risco em planta de tratamento de efluente”. A combinação das palavras foi selecionada com o intuito de estabelecer o panorama geral aplicado às estações de tratamento e o panorama mais específico para o setor farmacêutico.

Seguindo a racional da Figura 1, a etapa seguinte foi delimitar o tipo de documento apenas para artigos no intervalo dos últimos dez anos (2012 a 2023). Após os resultados desta etapa, buscou-se limitar a pesquisa de acordo com a quantidade de artigos. Portanto, em caso de extensa gama de artigos encontrada, aplicou-se novamente a metodologia para outras bases de dados, como Scopus, Web of Science, PubMed e Google Scholar. Esta etapa permitiu estabelecer uma noção do cenário de acordo com a variação dos termos utilizados na busca. Com o número de documentos mais limitado, buscou-se a filtragem através da relação entre o título e o resumo com o tema da pesquisa. O mesmo racional foi aplicado para literatura “cinza”, sendo 100 trabalhos selecionados, dentre trabalhos completos de anais de congresso, resumos e artigos, objetivando estabelecer a distribuição das publicações em diferentes países. Por fim, os dados quantitativos foram coletados para análises posteriores e os artigos foram selecionados para leitura completa visando aprofundar o entendimento da aplicação de ferramentas de análise de risco aplicadas em estações de tratamento de efluentes e posteriormente as voltadas para a indústria farmacêutica.

4. RESULTADOS

A seguir, na Figura 3 está presente a distribuição dos resultados relacionados às combinações de palavras-chaves em cada base de dados utilizada.

Figura 3: Resultados em diferentes bancos de dados: A) CAPES; B) Google Scholar; C) PubMed; D) Scopus; E) Web of Science



De acordo com os resultados apresentados na Figura 3, observa-se que os três conjuntos de palavras que obtiveram maior número de artigos em cada base de dados foram as combinações: "risk assessment pharmaceutical industry", "risk management wastewater treatment plant", "risk assessment wastewater treatment plant". Para estas combinações, fez-se a análise temporal em três bases de dados científicas internacionais (Scopus, Web of Science e PubMed). O Gráfico 1 mostra os resultados associados à "avaliação de risco" aplicado à indústria farmacêutica de um modo geral, sem estar restrito às estações de tratamento de efluentes aplicados ao setor.

Gráfico 1: Análise temporal utilizando "risk assessment pharmaceutical industry".

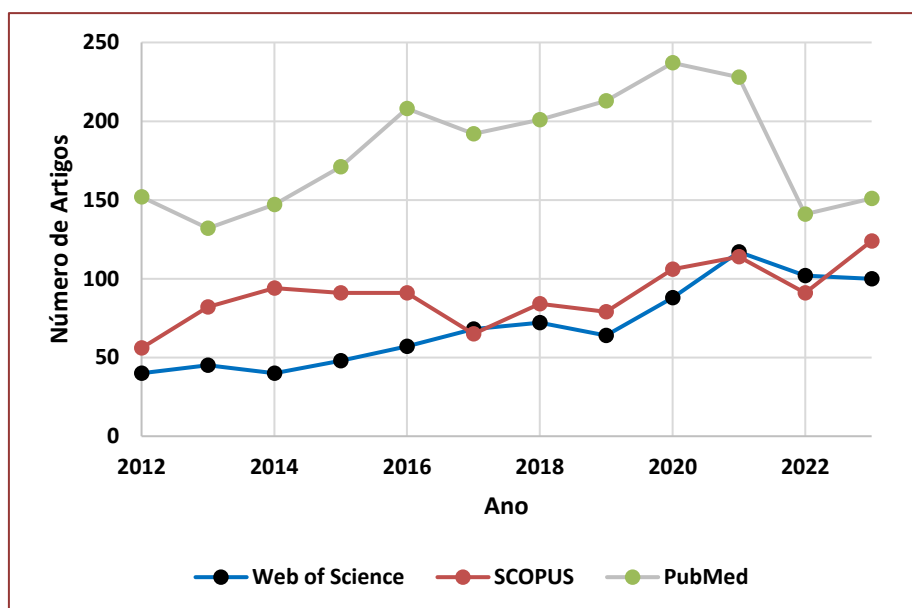
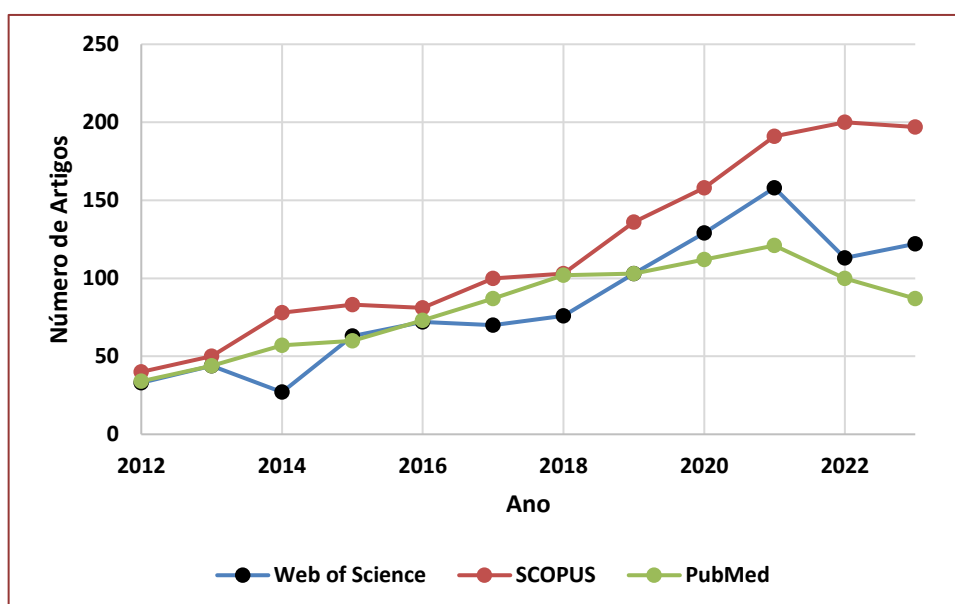
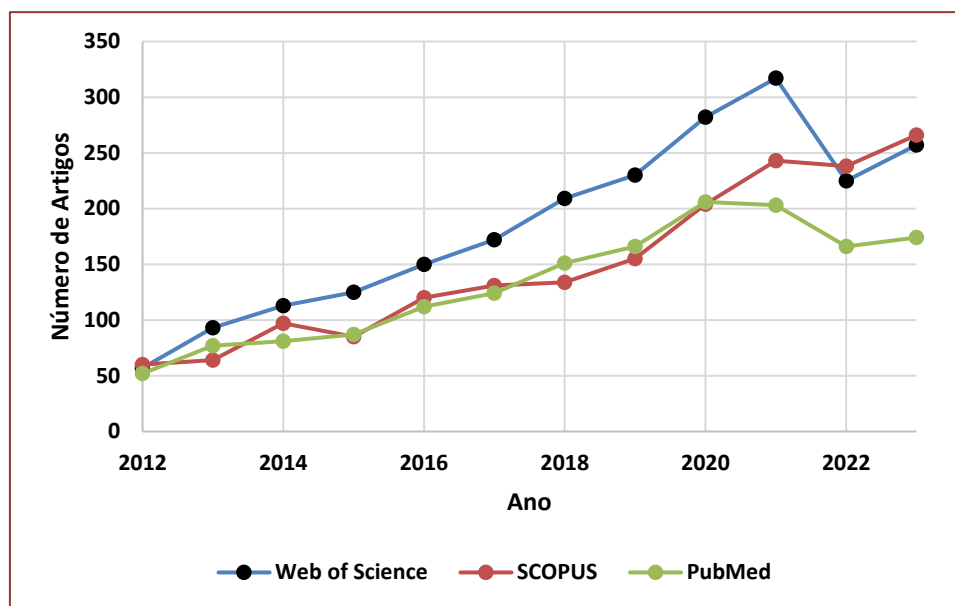


Gráfico 2: Análise temporal utilizando "risk management wastewater treatment plant".



O Gráfico 2 demonstra o cenário da utilização do “gerenciamento de risco aplicado às plantas de tratamento”. De forma similar, o Gráfico 3 apresenta o mesmo cenário, entretanto voltado para a “avaliação de risco nas plantas de tratamento de efluente”. Os dois resultados são mostrados em linhas gerais, sem estão restritas às indústrias farmacêuticas.

Gráfico 3: Análise temporal utilizando "*risk assessment wastewater treatment plant*".



Já os Gráficos 4, 5 e 6 que são apresentados a seguir apresentam os resultados especificamente associados a aplicação de “análise de riscos na estação de tratamento de efluentes na indústria farmacêutica”.

Gráfico 4: Análise temporal utilizando "*risk analysis wastewater treatment pharmaceutical industry*"

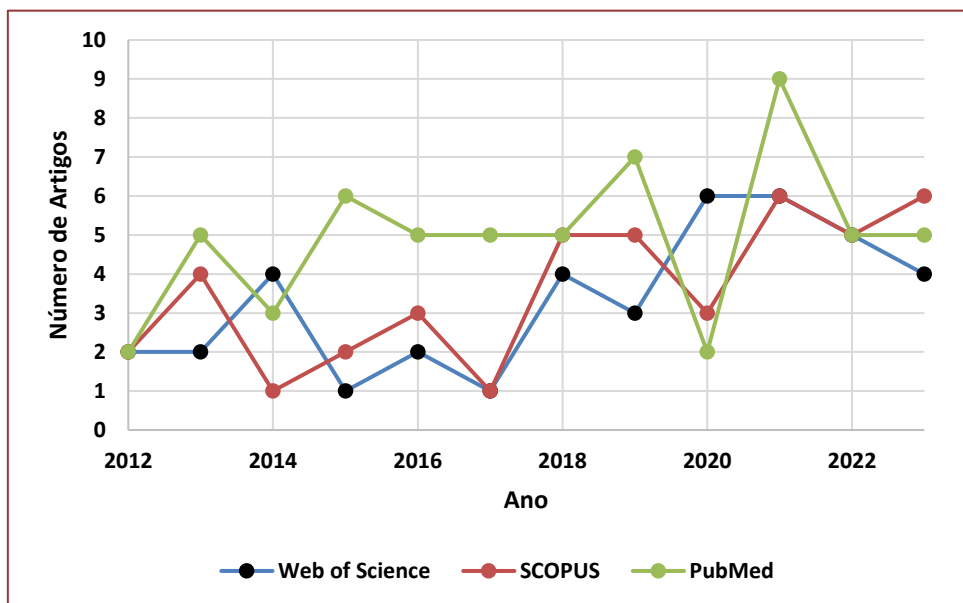


Gráfico 5: Análise temporal utilizando "*risk assessment wastewater pharmaceutical industry*".

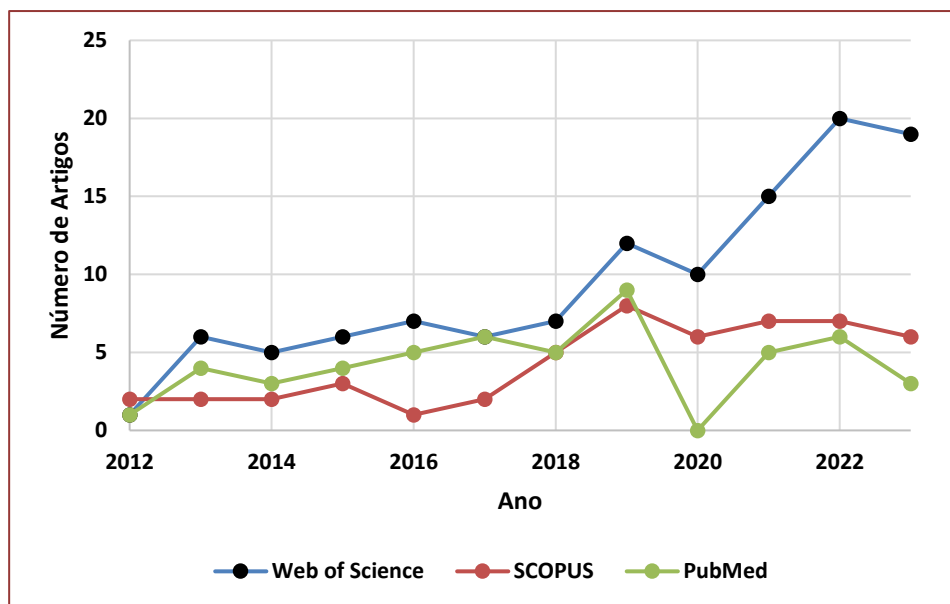
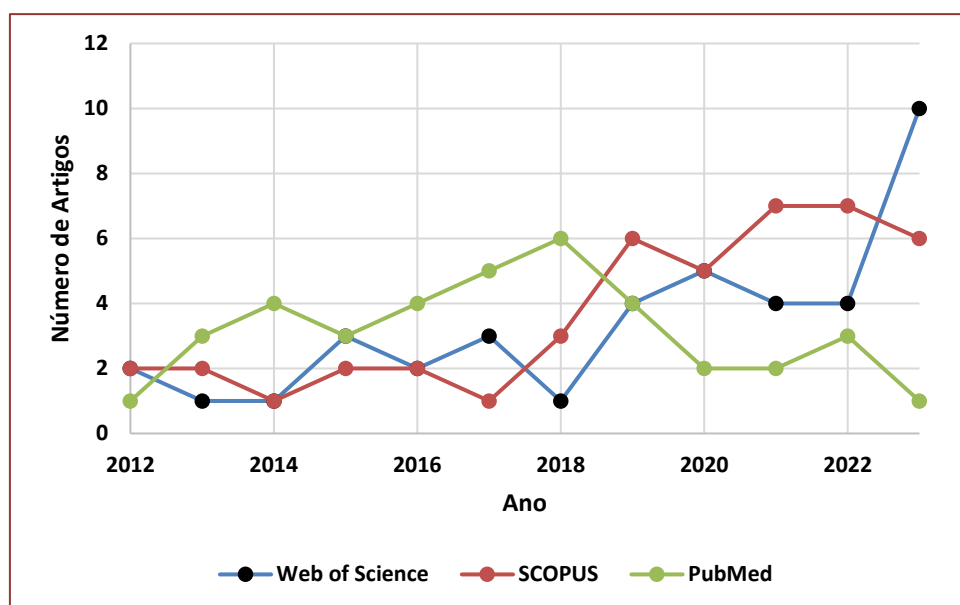
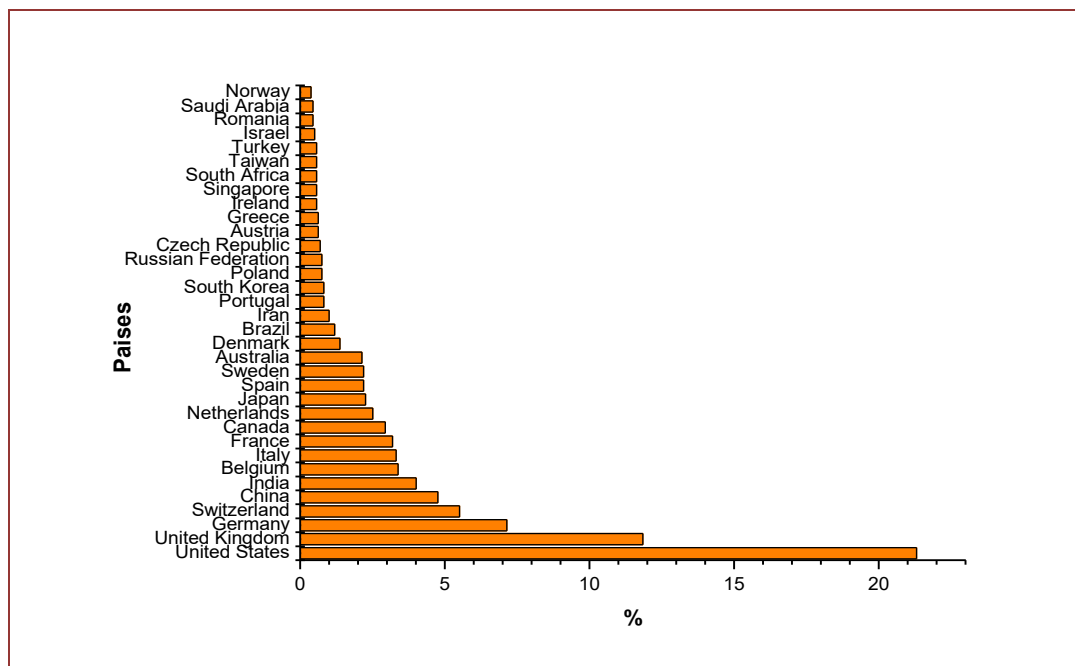


Gráfico 6: Análise temporal utilizando "risk management wastewater pharmaceutical industry"

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

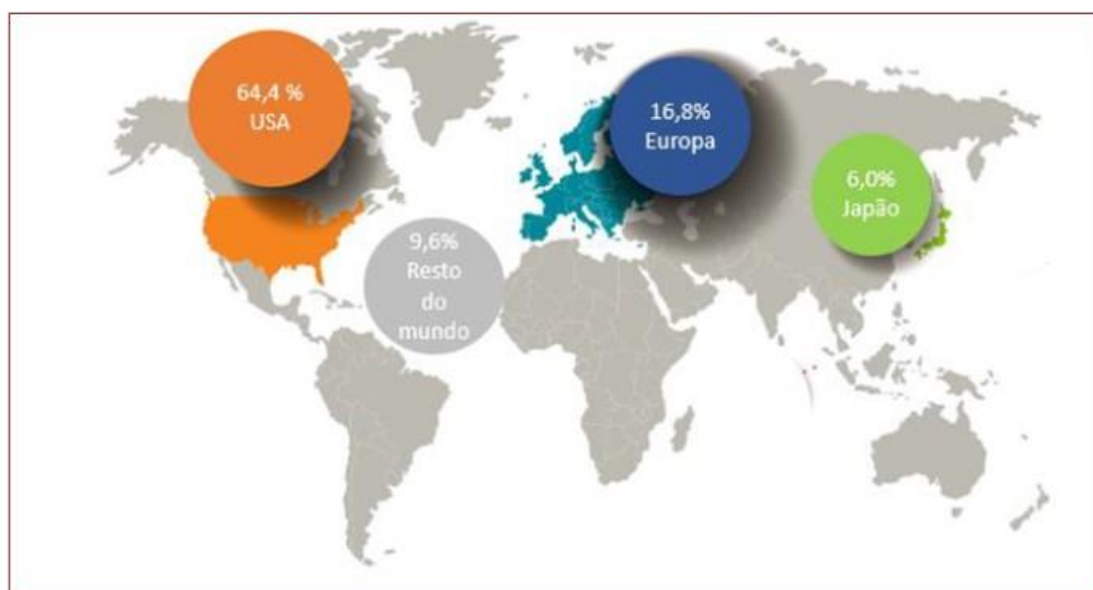
Os resultados obtidos mostram que o conjunto de palavras que constituem os maiores números de artigos em cada base de dados foram as combinações: "risk assessment pharmaceutical industry", "risk management wastewater treatment plant" e "risk assessment wastewater treatment plant". Percebe-se que dos três conjuntos, apenas uma continha palavras que resgataram a indústria farmacêutica, mas que não inclui os processos de tratamento de efluentes. Apesar disso, os resultados indicaram a importância da avaliação de risco para o setor, como mostrado no Gráfico 1, principalmente na utilização de ferramentas para auxílio do gerenciamento de riscos da qualidade, reforçado pelo ICH pelo seu guia Q9 e pela RDC 658/2022. Exemplo disso é o trabalho de Johnson *et.al.* (2012), que através da utilização de ferramentas como FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) e PHL (*Preliminar Hazard Risk*) identificou e avaliou os riscos associados aos equipamentos e instrumentos envolvidos no desenvolvimento e formulação de medicamentos, abrangendo riscos operacional, ambiental e danos aos equipamentos e saúde do operador. Foi observado que os países envolvidos são os líderes de publicações em relação a aplicação do gerenciamento de risco na indústria farmacêutica, conforme mostrado no Gráfico 7, sendo os Estados Unidos o líder de publicação.

Gráfico 7: Países líderes de publicação utilizando "*risk assessment pharmaceutical industry*"



O resultado do Gráfico 7 é corroborado com a pesquisa realizada pela Federação Europeia da Indústria Farmacêutica e Associações (EFPIA), representado na Figura 4, que indica o desenvolvimento da indústria farmacêutica em relação às vendas de novos produtos no período de 2016 a 2021. Desse modo, há o indicativo do atendimento aos requisitos de qualidade que devem ser suportados por gerenciamento de risco na indústria farmacêutica.

Figura 4: Países responsáveis pelas vendas de novos produtos farmacêuticos (2016 - 2021).

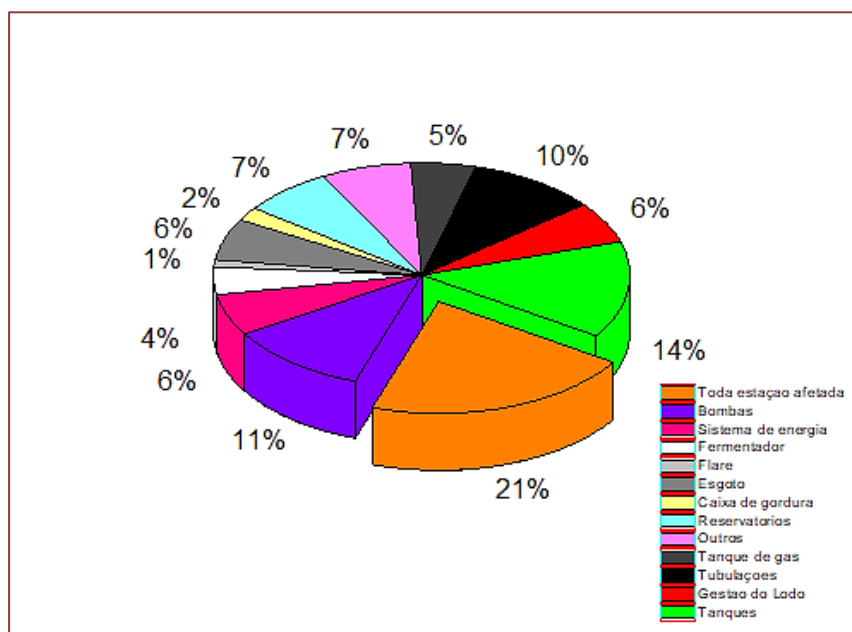


Fonte: Adaptado de EFPIA,2022.

Em relação aos artigos com os conjuntos de palavras-chave “risk management wastewater treatment plant”, “risk assessment wastewater treatment plant” indicaram que grande parte do conteúdo refletia preocupação em relação aos impactos ambientais causados por possíveis falhas no tratamento de efluentes industriais e residenciais, que estavam diretamente relacionados a falhas de equipamentos e instrumentos. Exemplo disso foi observado no trabalho de Asgarian *et. al.* (2017) que demonstrou a importância da segurança operacional para o tratamento de efluentes, objetivando identificar e conhecer as vulnerabilidades das etapas envolvidas na planta que pudessem afetar sua operabilidade utilizando ferramentas de análise de risco integrado com método fuzzy. A utilização da integração da ferramenta FMEA com o método fuzzy também foi utilizado por Bonab *et.al.* (2022) visando identificar aspectos ambientais e providenciar soluções para reduzir e eliminar impactos ambientais em uma planta de tratamento de efluentes operando com lodo ativado no Irã. Com a utilização da ferramenta, os autores conseguiram priorizar os riscos que estavam atrelados a substâncias tóxicas, efluentes fora da natureza especificada à montante da planta e a produção de lodo. Já Analouei *et. al* (2020), identificou os riscos para a reutilização dos efluentes tratados em equipamentos industriais em uma planta de tratamento no Irã, visto que o complexo industrial objetivava a redução de custo em relação ao fornecimento de água. Na realização de sua análise, o autor utilizou a técnica Bowtie, onde conseguiu identificar que a principal causa associada ao risco de ocorrer desvios nos parâmetros de tratamento estavam em erros humanos, representando 55% das causas. Desse modo, o autor conseguiu identificar as vulnerabilidades da planta, além de sugerir recomendações e ações para mitigação dos riscos.

A análise temporal dos Gráficos 2 e 3 indicam comportamento crescente de publicações associadas ao tema de gerenciamentos de risco em estações de tratamento de efluentes. Pode-se dizer que uma justificativa plausível para este comportamento é o crescimento da população mundial que acompanha a expansão do setor industrial e consequentemente o aumento do volume de resíduos líquidos a serem tratados. Adicionalmente, a preocupação em relação ao funcionamento adequado das plantas de tratamento se torna importante para evitar acidentes. Neste ponto, as ferramentas de análise de riscos apresentam papel fundamental para evitar que acidentes ocorram nas plantas de tratamento, evitando assim, impactos negativos ao meio ambiente e saúde da população e colaboradores. Um exemplo que demonstra a importância da aplicação das ferramentas de análise de risco em estações de tratamento de efluente é o trabalho de Trávníček *et.al* (2021), que mostra no período de 1989 e 2019 o mapeamento de 232 acidentes catalogados na Europa, assim como suas principais consequências e causas. O Gráfico 8 apresenta a distribuição da porcentagem de acidentes associados a algumas etapas das estações de tratamento avaliadas.

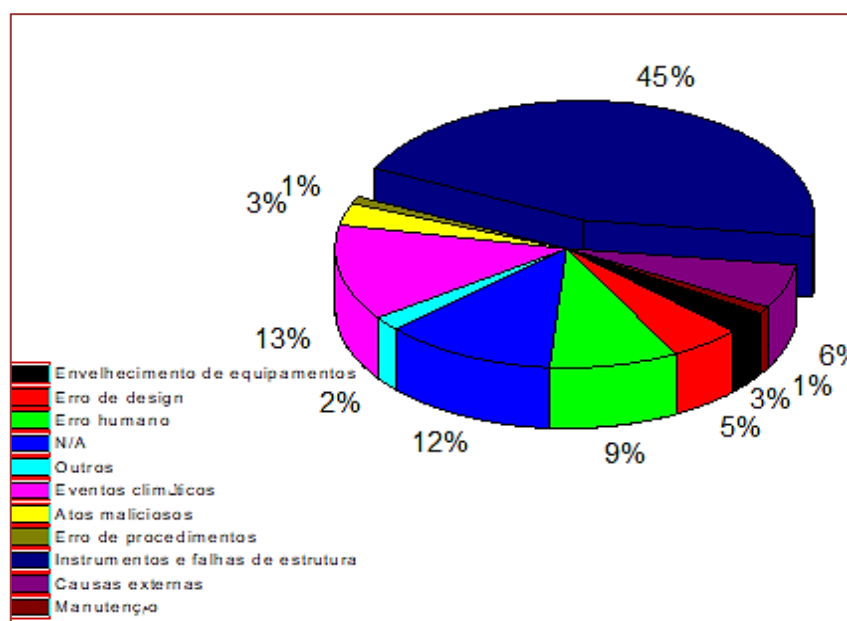
Gráfico 8: Distribuição de acidades de acordo com as etapas de uma ETE.



Fonte: Adaptado de Trávníček, 2021.

Um fator interessante dos resultados mostrados no trabalho de Trávníček *et.al* (2021) é que em 21% das acidentes catalogados toda a planta foi afetada, seguido por 14% pelos principais tanques utilizados nas plantas. Isso indica a ligação entre cada etapa nas ETE que podem impactar todo o funcionamento da unidade. As principais causas associadas aos acidentes são mostradas no Gráfico 9.

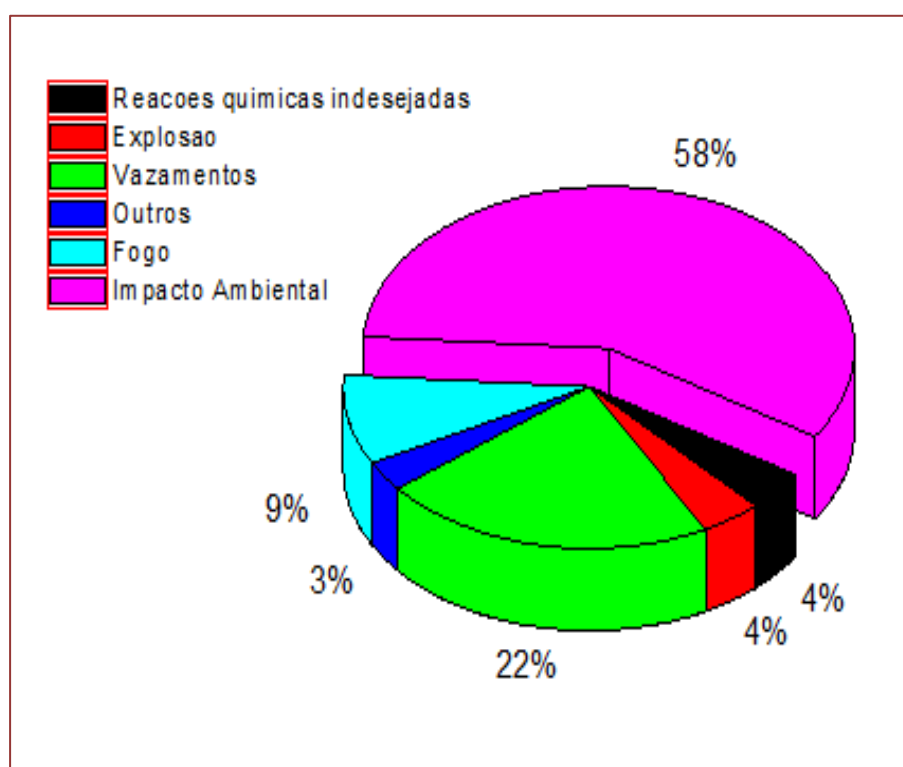
Gráfico 9: Distribuição das principais causas dos acidentes.



Fonte: Adaptado de Trávníček, 2021.

De acordo com o Gráfico 9, percebe-se que quase a metade das principais causas dos acidentes catalogados estão relacionados ao funcionamento inadequado de instrumentos, como por exemplo sensores e falhas de estrutura das plantas de tratamento, representando 45% das causas dos acidentes. Deve-se ressaltar que como auxílio para a elaboração do trabalho, o autor utilizou a ferramenta de análise de risco *Fishbone* ou Espinha de Peixe, mostrando a importância da ferramenta para este estudo. Em relação às principais consequências associadas às causas relatadas no Gráfico 9, Travnicek *et.al.* (2021) mostra que o meio ambiente é o mais afetado, de acordo com o Gráfico 10.

Gráfico 10 - Distribuição das principais consequências dos acidentes.

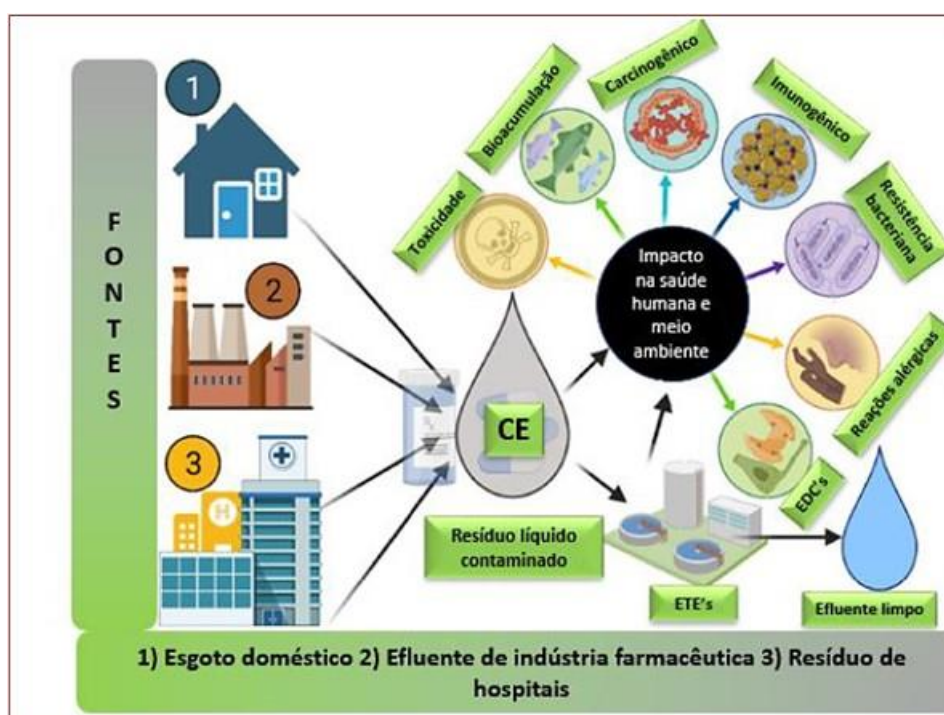


Fonte: Adaptado de Travnicek, 2021.

A Figura 5 mostra os principais impactos acarretados ao meio ambiente por conta do descarte de efluentes farmacêuticos não tratados. O ecossistema aquático é um dos principais afetados, pois gera bioacumulação dos princípios ativos em peixes e em outros animais aquáticos que podem resultar em toxicidade aguda ou crônica (MARTINEZ, *et.al.*, 2013). Os efeitos mais comuns relatados estão associados a distúrbios neurológicos, reprodutivos, de crescimento e efeitos no metabolismo em animais aquáticos (LOPES, *et.al.*, 2020). Adicionalmente, tem-se estudos que mostram a feminização de peixes e jacarés expostos a estrogênios sintéticos (GUPTA *et.al.*, 2018). Além disso, estudos mostram que as principais substâncias tóxicas ao ecossistema aquático são os analgésicos, como o paracetamol, naproxeno, ibuprofeno e o diclofenaco, sendo este último considerado o analgésico com mais evidências de consequências no ecossistema aquático. Um exemplo desses impactos é mostrado no estudo conduzido por Schwaiger *et.al.* (2004) em que mostra a mudança nas brânquias e pequenas lesões em trutas-arco-

íris expostas à concentração de 5 g/L de diclofenaco. Já no solo e em plantas, as moléculas que compõem um IFA podem se deslocar do solo através das raízes das plantas para as folhas e frutos. Adicionalmente, estudos mostram impacto no crescimento e na produtividade das plantas, como no trabalho de Yakubu (2017) que identificou danos no crescimento e produtividade de plantas de soja em contato com metronidazol. Pesquisas mostram que há o indicativo de que moléculas de baixo peso molecular apresentam facilidade de translocação das raízes para outras partes da planta, assim como a carga iônica, como mostra Li et.al (2019) e Wu & Bi (2019), que demonstraram que moléculas de IFA carregadas negativamente apresentam facilidade de translocação quando comparadas a moléculas com carga positiva.

Figura 5 - Principais impactos ao meio ambiente por conta do descarte de efluentes



Deve-se salientar que em todos esses impactos afetam diretamente a saúde pública, visto que a população está sujeita a contaminação através dos consumos de animais e plantas contaminadas.

De acordo com os resultados, evidencia-se que ferramentas de análise de risco auxiliam na identificação de vulnerabilidade em unidades em relação a instrumentação e ausência de medidas de monitoramento e controle. Portanto, a aplicação dessas ferramentas poderia ser utilizada para evitar os acidentes ocorridos em 45% dos casos identificados. Shinta *et.al.* (2019) também utilizou a mesma técnica Fisbone como ponto de partida para sua análise em uma estação de tratamento de efluente industrial com intuito de evitar a poluição dos rios com o lançamento de efluentes não tratados adequadamente. No trabalho, potenciais perigos encontrados foram listados em três categorias: origem humana, manutenção e performance da unidade. Após essa análise, o autor utilizou a técnica FMEA, onde conseguiu identificar os modos de falha do sistema e montar uma lista de priorização de risco. O primeiro da lista identificado foi o risco de falha da gravação de dados da sala de controle, devido à alta frequência de ocorrência

desse evento historicamente na planta. Em relação à categoria de performance da planta, foram identificados a falta de instrumentação e controle das etapas da unidade, gerando como consequência a falta de monitoramento e controle dos parâmetros.

Trabalho semelhante encontrado foi o de Falakh *et.al.* (2018), que utilizou a técnica HIRA (Hazard Identification Risk Assessment), uma ferramenta semiquantitativa, em estudo de caso em uma planta de tratamento de água. No trabalho o autor conseguiu identificar com a utilização da ferramenta 22 potenciais riscos, onde 9 foram classificados como risco alto, 2 como extremo, 10 como médio e apenas um como baixo. Um dos riscos extremos identificados foi a possibilidade de ocorrer pane elétrica na sala de controle, podendo acarretar impactos negativos ao processo e a segurança dos colaboradores. Fator interessante da pesquisa é que também foram considerados riscos ergonômicos na execução das atividades na planta.

Em relação a análise temporal dos Gráficos 4, 5 e 6, delimitados as ETE do setor farmacêuticos, comparados aos resultados dos Gráficos 2 e 3, apresentam apesar de ligeira tendência de crescimento, bastante variações, indicando carecimento da aplicação de ferramentas de análise de risco nas estações de tratamento industriais farmacêuticos em relação aos outros setores industriais. O país líder de publicação em relação às palavras chaves utilizadas foi a China, seguido de Espanha, Estados Unidos, Inglaterra e França, conforme mostrado nos Gráficos 11, 12 e 13 a seguir.

Gráfico 11: Países líderes de publicação utilizando "*risk analysis wastewater treatment pharmaceutical industry*"

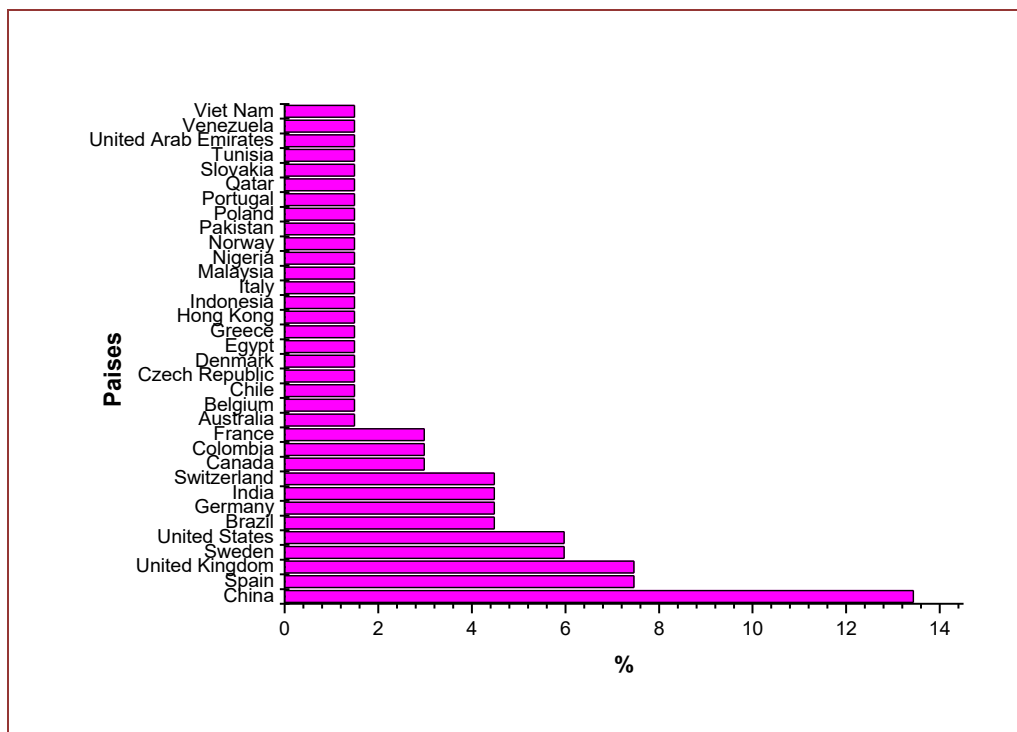


Gráfico 12: Países líderes de publicação utilizando "*risk assessment wastewater pharmaceutical industry*"

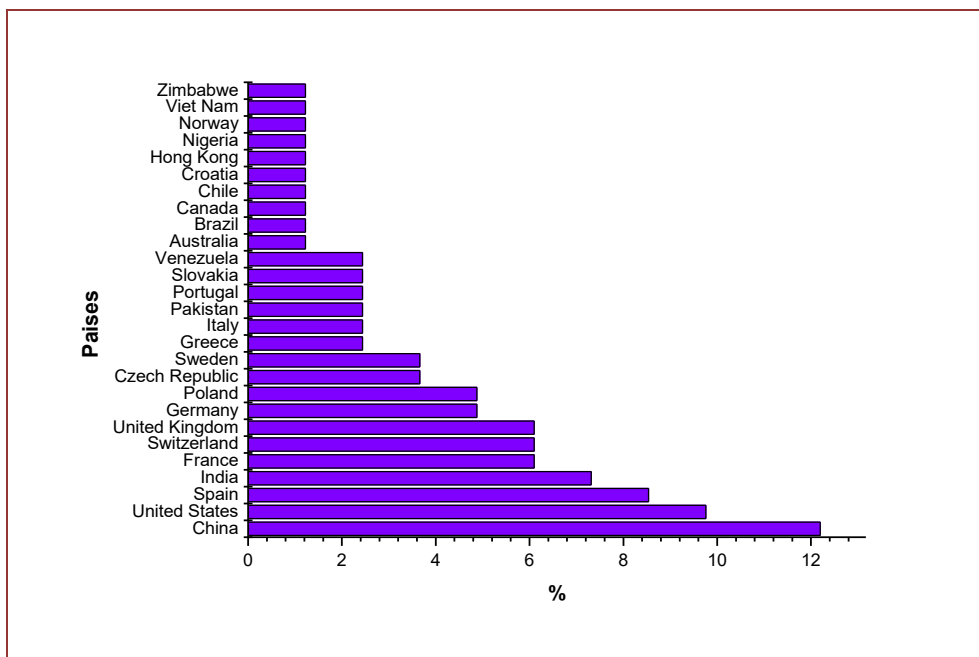
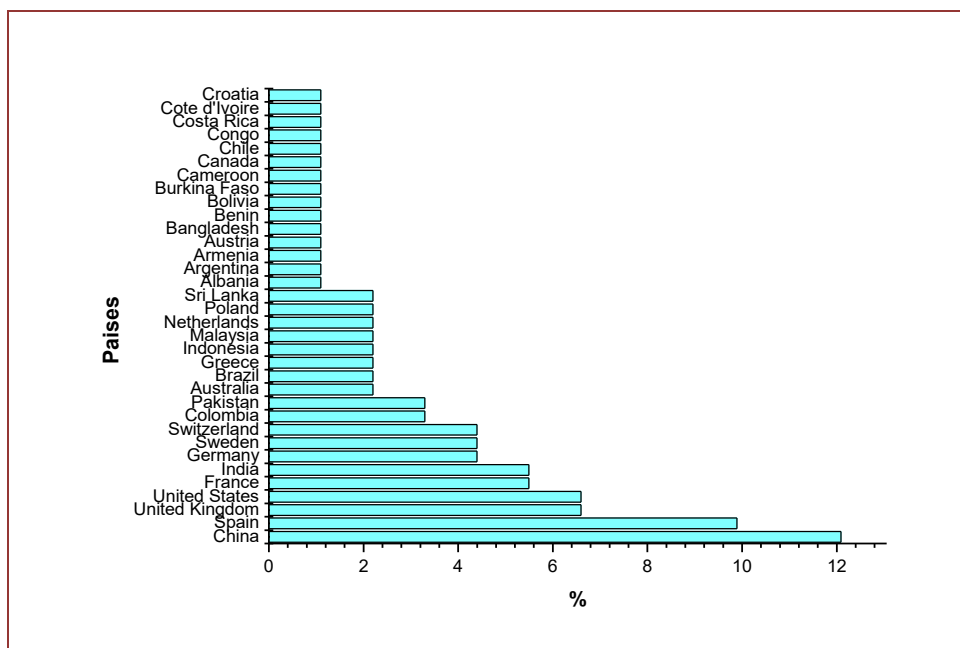


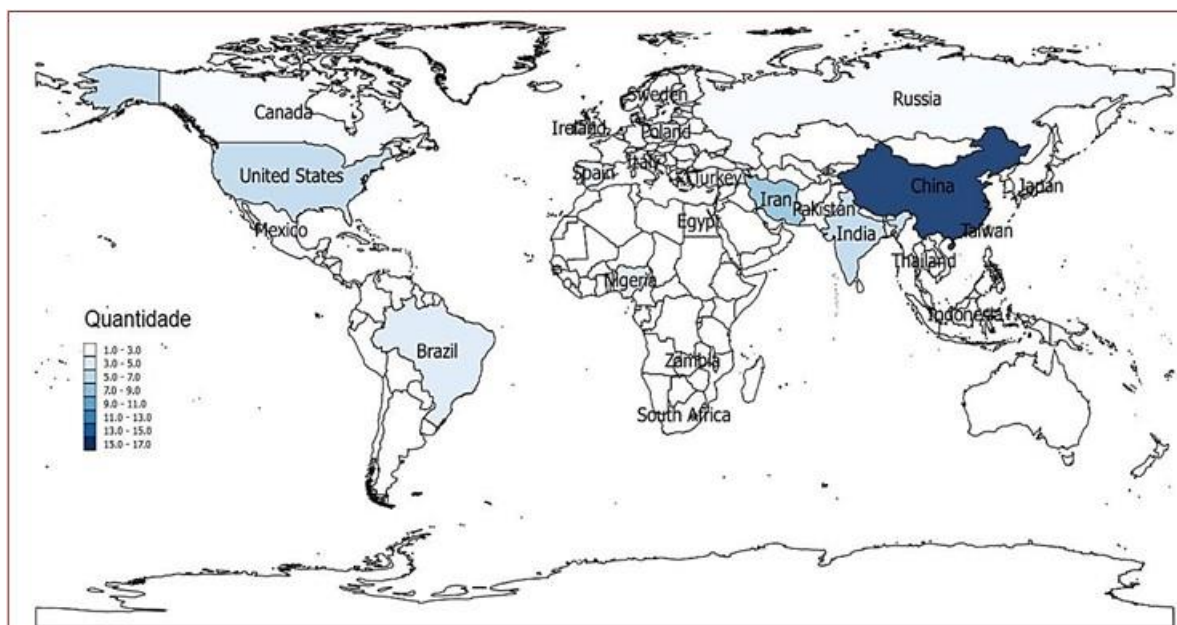
Gráfico 13: Países líderes de publicação utilizando "*risk assessment pharmaceutical industry*"



A posição de destaque da China vai de encontro a sua contribuição no quantitativo da população global, junto com Índia, Paquistão e Bangladesh representando 40% da população global. Dessa maneira, sua alta demanda demográfica gera a preocupação dos impactos ambientais associados historicamente aos seus processos produtivos industriais, ao carecimento de exigências rigorosas em relação aos impactos gerados por seus processos produtivos (JAYAKUMARAN, 2019)..

Os resultados mostram diferença de cultura entre os setores industriais em relação à aplicação das ferramentas de análise de risco nas ETE. Como por exemplo no trabalho de Penelas *et. al.* (2021), que utilizou HAZOP para identificação de perigos na produção de óleo na indústria de óleo e gás por conta da importância do tratamento de seus efluentes e seus impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Já as publicações encontradas destinadas às ETE do setor farmacêutico são de cunho de análises experimentais das substâncias e seus impactos nos corpos receptores, que são de grande valia, como por exemplo é o trabalho de Wilkinson *et.al.* (2021), que conseguiu identificar através de 258 rios ao redor do mundo a presença de diferentes IFA que poderiam afetar a vida de mais de 471 milhões de pessoas através dos impactos ambientais. Ressalta-se no trabalho do autor a análise feita em paralelo da relação socioeconômica dos países no que diz respeito à gestão e estrutura precária do tratamento dos efluentes líquidos. Os dados mostraram que países de média e baixa renda, localizado na África Subsaariana, Ásia e América do Sul foram aqueles que apresentaram maiores concentrações cumulativas de IFA em seus rios, sendo o Paquistão o país que apresentou a maior concentração. Portanto, os trabalhos de análise de risco encontrados direcionados a ETE de indústria farmacêutica não são de análise baseada em risco de natureza preventiva como as de setores petroquímico e de óleo e gás objetivando evitar riscos de operabilidade em seus processos, mas sim de natureza experimental. Resultados que corroboram com o trabalho de Wilkinson *et.al.* (2021) é mostrado a seguir (Figura 5) através da avaliação realizada pela distribuição da literatura “cinza” por regiões do mundo.

Figura 6 - Distribuição de publicações da literatura cinza por regiões do mundo.



Fonte: o autor, 2024.

Os dados mostram novamente a China como protagonista em relação ao número de publicações de artigos. Entretanto, sob o ponto de vista das publicações consideradas literatura cinza, observa-se a aparição de países em desenvolvimento e subdesenvolvidos da Ásia e África, como Paquistão, África do Sul, Nigéria e Irã, por exemplo. Estes resultados indicam relação com aspectos socioeconômicos. O trabalho de Wilkinson *et.al* (2021) reforça esse argumento, pois revelou que as regiões da África e Ásia que possuem infraestrutura e gerenciamento precários para o tratamento de seus resíduos líquidos tiveram maiores resultados de concentração cumulativa de IFA encontrados em seus rios. Dessa forma, a contaminação dos rios com a condição socioeconômica das regiões reflete as publicações na literatura cinza nessas regiões, indicando preocupação dos pesquisadores em relação a esse tema em seus países.

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos foi possível estabelecer um panorama geral da aplicação de análise de risco nas estações de tratamento de efluentes industriais e nas estações de tratamento de efluentes industriais farmacêuticos. Percebe-se tendência de crescimento das publicações relacionadas ao tema nos últimos 10 anos, que indica que a análise de risco desempenha importante função para auxiliar na prevenção de acidentes e falhas operacionais que possam impactar negativamente o meio ambiente, processo e pessoal. Este resultado é justificado pela preocupação de impactos ambientais associados ao crescimento industrial, que acompanha tanto o crescimento populacional quanto o aumento do consumo de recursos hídricos que gera mais efluente líquido a ser tratado. Conseqüentemente, há a preocupação em relação ao cumprimento de exigências regulatórias mais rigorosas.

Do ponto de vista do setor farmacêutico, observa-se crescimento mais sutil e variações no número de publicações. Adicionalmente, percebe-se que os trabalhos de análise de risco são direcionados para análises experimentais dos impactos do IFA nos corpos receptores e animais, e não para análise de riscos voltadas para análise de falhas na operabilidade de seus processos, que podem gerar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública. Em contrapartida, os resultados que apresentaram maior número de publicações estão associados aos processos produtivos industriais farmacêuticos, que está diretamente relacionado ao cumprimento de exigências e normas regulatórias, em que o gerenciamento de risco desempenha função essencial para seus processos. Portanto, de acordo com os resultados obtidos, observa-se que não há extensão da aplicação de análise de riscos aos processos de tratamento de efluente da indústria farmacêutica. Assim como nos processos produtivos industriais, a aplicação das ferramentas de análise de riscos poderia auxiliar na prevenção das falhas de equipamentos e falhas de operações que pudessem gerar danos ao processo de tratamento, ao meio ambiente e à segurança dos operadores.

Sendo assim, destaca-se o avanço da aplicação da análise de risco como ferramenta para prevenção e mitigação de riscos em estações de tratamento de efluentes industriais e no carecimento de aplicação no setor farmacêutico. É importante ressaltar que as ferramentas podem auxiliar no desenvolvimento de novas plantas de tratamento através de tomadas de decisão baseadas em risco, assim como na aplicação durante a operação das plantas para identificação de vulnerabilidades de processo e recomendações para monitoramento e medidas de controle para permitir o adequado funcionamento da planta. Do ponto de vista do setor farmacêutico, percebe-se que as ferramentas de análise

de risco poderiam ser mais incentivadas e implementadas a jusante de seus processos, expandindo os conceitos de gestão de riscos aplicados em seus processos produtivos. Dessa maneira, além de promover a saúde pública através do fornecimento de medicamentos, a indústria farmacêutica garante através do auxílio de ferramentas de análise de risco, o funcionamento adequado de sua planta de tratamento de efluente industrial, permitindo o tratamento adequado de seus efluentes líquidos e consequentemente a proteção do meio ambiente e a saúde pública. Adicionalmente, estas práticas agregam valor ao setor farmacêutico, melhorando sua reputação frente a população e confiança de seus clientes.

REFERÊNCIAS

- [1] ANALOUEI, R.; TAHERIYOUN, M. SAFAVI, H.R. *Risk assessment of an industrial wastewater treatment and reclamation plant using the bow-tie method. Environmental Monitoring and Assessment. Spring Nature Switzerland. 2020.*
- [2] ASGARIAN, M.; TABESH, M.; ROOZBAHANI, AB.; BAVANI, E.B. *Assessment and Management of Wastewater Collection and Treatment Systems Using FMADM Methods. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering. Springer. 2018*
- [3] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada. RDC n 658. Brasília, DF. 2022. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-658-de-30-de-marco-de-2022-389846242>>. Acesso em 21. Junho. 2022.
- [4] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução número 430 de 13 de maio de 2011. Brasília, 2011.
- [5] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução número 357 de 17 março de 2005. Brasília, 2005.
- [6] BONAB, S.R.; OSGOOEI, E. Environment risk assessment of wastewater treatment using FMEA method based on Pythagorean fuzzy multiple-criteria decision-making. *Environment, Development and Sustainability. Springer Nature. 2022.*
- [7] EFPIA. *European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations; The Pharmaceutical Industries in Figures. Key Data. 2022.*
- [8] FALAKH, F.; SETIANI, O. *Hazard Identification and Risk Assessment in Water Treatment Plant considering Environmental Health and Safety Practice. ICENIS.2017.*
- [9] FALAKH, F.; SETIANI, O. *Hazard Identification and Risk Assessment in Water Treatment Plant considering Environmental Health and Safety Practice. ICENIS.2017.*
- [10] GIORDANO, G.; SURERUS, V. *Efluentes Industriais – Estudo de Tratabilidade. Rio de Janeiro. V1, 2015.*
- [11] GUPTA, R., SATI, B., GUPTA, A. *Treatment and Recycling of Wastewater from Pharmaceutical Industry, Advances in Biological Treatment of Industrial Wastewater and their Recycling for a Sustainable Future, 267-302. 2018.*
- [12] ICH – *International Council for Harmonization. Harmonised Tripartite Guideline Quality Risk Management. Q9 Current Step. 4 version. 9 november, 2005.*
- [13] JAYAKUMARAN, S. *The Impact of China's Environmental Law on the Procurement of API and Excipients. Disponível em: < https://www.beroeinc.com/whitepaper/the-impact-chinas-environmental-law-on-procurement-of-api-and-excipients/>:. Acesso em 07 de Janeiro.2023.*
- [14] JOHNSON, D.H.; BIDEZ, MW.; DELUCAS, L.J. *Assessment in the Development of Biomedical Drug Formulation Equipment. Annals of Biomedical Engineering. BMES 0 Biomedical Engineering Society. V.4, no4. Abril, 2012.*
- [15] LI , Y.; SALLACH, J.B.;ZHANG, W.. BOYD, S.A.; LI, H. *Insight into the distribution of pharmaceuticals in soil-water-plant systems. Water Research. 2019*

- [16] LI, W.C. Occurrence, sources, and fate of pharmaceuticals in aquatic environment and soil. *Environmental Pollution*. 2014.
- [17] LOPES, D.G.; DUARTE, I.A.; ANTUNES, M.; FONSECA, V.F. Effects of antidepressants in the reproduction of aquatic organism: a meta-analysis. *Aquatic Toxicology*. Elsevier. 2020.
- [18] MARTÍNEZ, A.; VLLS, D.; DÍAZ, M. Identification of biomarkers responsive to chronic exposure to pharmaceuticals in target tissues of *Carcinus maenas*. *Marine Environmental Research*. Vol 87-88. Pag.1-11. 2013.
- [19] MARTZ, M. *Effective Wastewater Treatment in the Pharmaceutical Industry*. *Pharmaceutical Engineering*. November, 2012.
- [20] PENA, O.I.; ZAVALA, M.A.L.; RUELAS, H.C. Pharmaceuticals Market, Consumption Trends and Disease Incidence Are Not Driving the Pharmaceutical Research on Water and Wastewater. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI. 2021.
- [21] PENELAS, A.J.; PIRES, J.C.M. *HAZOP Analysis in Terms of Safety Operations Processes for Production Oil Production Units: A case Study*. *Applied Sciences*. MDPI. 2021.
- [22] ROCHA, A.C.L. Principais processos de tratamento de efluentes da produção de antibióticos e seu potencial reuso na indústria farmacêutica. Programa de Pós- Graduação em Saude Publica da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 2018.
- [23] SANGION, A.; GRAMATICA, P. *Hazard of pharmaceuticals for aquatic environment: Prioritization by structural approaches and prediction of ecotoxicity*. *Environment International*. Elsevier. 2016.
- [24] SCHWAIGER, J.; FERLING, H.; MALLOW, U.; WINTERNMAYER, H.; NEGELE, R.D. Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac: part I. Histopathological alterations and bioaccumulation in rainbow trout. *Aquatic Toxicology*. 2004.
- [25] SHINTA, F.R.; KAMANINGROEM, N; MARDYANTO, M.A. *Risk Management of Wastewater Treatment in the Wastewater Treatment Plant of PT. X. IPTEK, Journal of Proceeding. The 1 International Conference on Business and Management of Technology*, 2019.
- [26] TRÁVNÍČEK, P.; JUNGA, P.; KOTEK, L.; VITÉZ, T. *Analysis of accidents at municipal wastewater treatment plants in Europe*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. Elsevier. 2021.
- [27] WILKINSON, J.L.; BOXALL, A.B.A.; KPLPIN, D.W. *Pharmaceutical pollution of the world's rivers*. *Environmental Sciences*. PNAS. V119. 2022.
- [28] WU, C.; SPONGBERG, A.L.; WITTER, J.D., FANG, M.; CZAJKOWSKI, K.P., Uptake of pharmaceutical and personal care products by soybean plants from soils applied with biosolids and irrigated with contaminated water. *Environmental Science & Technology*. 2010.
- [29] YAKUBU, O.H. *Pharmaceutical wastewater effluent—source of contaminants of emerging concern: phytotoxicity of metronidazole to soybean (Glycine max)*. *Toxics*. 2017

Capítulo 6

A invisibilidade dos microplásticos - uma macroameaça ao meio ambiente e à saúde humana

Talita Sarah Mazzoni^{1 2}

Davi Araújo Fernandes^{1 2}

Graziele Cristine da Silva^{1 3}

Albert Hanchuck Pereira¹

Mateus Ferreira de Souza¹

Resumo: A produção desenfreada de produtos plásticos, atrelada ao descarte incorreto destes materiais, resultou na formação de pedaços diminutos de plásticos, os microplásticos (MPs). Possuindo uma alta capacidade de dispersão, os MPs disseminaram-se por quase todos os ambientes conhecidos. Somado a isso, a capacidade de bioacumulação e biomagnificação dessas partículas contribui para que organismos de diferentes níveis tróficos sejam contaminados. Registros da presença dos MPs no organismo humano são recentes, mas já demonstraram que essas partículas podem se alojar em órgãos extremamente delicados. Os efeitos adversos dos MPs estão relacionados com sua origem, composição e o órgão em que se alojam. A presença desses contaminantes em um organismo, como por exemplo, nos peixes, que estão em contato direto com MPs dispersos na água, resulta em diversas alterações histológicas, fisiológicas e gênicas. A exposição aos MPs pode gerar lacerações no aparelho digestório desses organismos e danos aos demais órgãos e sistemas, dada a capacidade de translocação desses MPs pela corrente sanguínea. Nos peixes, foram relatadas esteatoses hepáticas, acúmulo de gordura visceral, inflamação da vesícula biliar e depleção de glicogênio no fígado. Nos ovários e testículos, o epitélio germinativo é alterado, diminuindo a qualidade dos gametas e gerando malformações na prole. O sistema muscular também é afetado, causando atrofia do músculo estriado esquelético. Considerando o tempo de vida útil de um plástico, pode-se dizer que este problema permanecerá sendo enfrentado por diversas gerações. Neste aspecto, encontrar formas para diminuir o uso de plásticos na vida cotidiana, e, principalmente, conseguir retê-los para que não contaminem ainda mais o meio ambiente, as águas, os animais e o organismo humano, é de extrema importância e exige ação imediata, embora saibamos quão desafiadora será essa batalha.

Palavras-chave: Poluição; contaminação; plástico, alterações morfofisiológicas

¹ Depto de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Instituto de Ciências Biomédicas – Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG.

² Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Saúde – Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG.

³ Programa de Pós-Graduação em Aquicultura – Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) – Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Jaboticabal-SP.

1. INTRODUÇÃO

O plástico sintético começou a ser desenvolvido no início do século XX, existindo, portanto, há pouco mais de 100 anos (Edgar et al., 2009). Estima-se que sua degradação total seja em torno de 400 anos. Isso significa que todos os materiais plásticos produzidos até hoje ainda não foram totalmente degradados e possivelmente irão perdurar ainda por mais algumas gerações (Edgar et al., 2009). Sendo assim, mesmo que a produção mundial de plástico fosse encerrada nos dias atuais, a humanidade ainda teria que enfrentar as consequências da poluição por alguns séculos.

Segundo o Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana (SELURB), no Brasil são produzidas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, sendo desse montante, 13.5% de plástico. À vista disso, o país ocupa a quarta posição no ranking de maiores produtores de plásticos do mundo. Os dados mostram que o uso de plástico no Brasil resume-se a uma "cultura do descarte": do total de 11.3 milhões de toneladas de resíduos de plástico gerados anualmente, somente 1.28%, ou seja, 145 mil toneladas, são efetivamente reciclados. Com uma fração tão pequena de reciclagem, levanta-se um alerta sobre como é feito o descarte desse material.

Os resíduos plásticos, quando expostos a condições climáticas adversas e outros fatores ambientais, sofrem um processo de degradação que os fragmenta progressivamente em partículas cada vez menores (Montagner et al., 2017). Assim, o uso contínuo de plásticos, atrelado ao descarte incorreto e aos seus processos de degradação, resultou em uma contaminação global, que hoje tem sido o foco de inúmeros estudos. A forma como o plástico invade uma vasta gama de habitats e interfere em processos biológicos lança um alerta sobre a importância de buscar compreender qual a abrangência de seus efeitos. Neste sentido, este capítulo irá abordar os principais aspectos da contaminação por plásticos, nos organismos em geral, e os riscos que ela representa à saúde humana.

2. A ORIGEM DOS MICROPLÁSTICOS

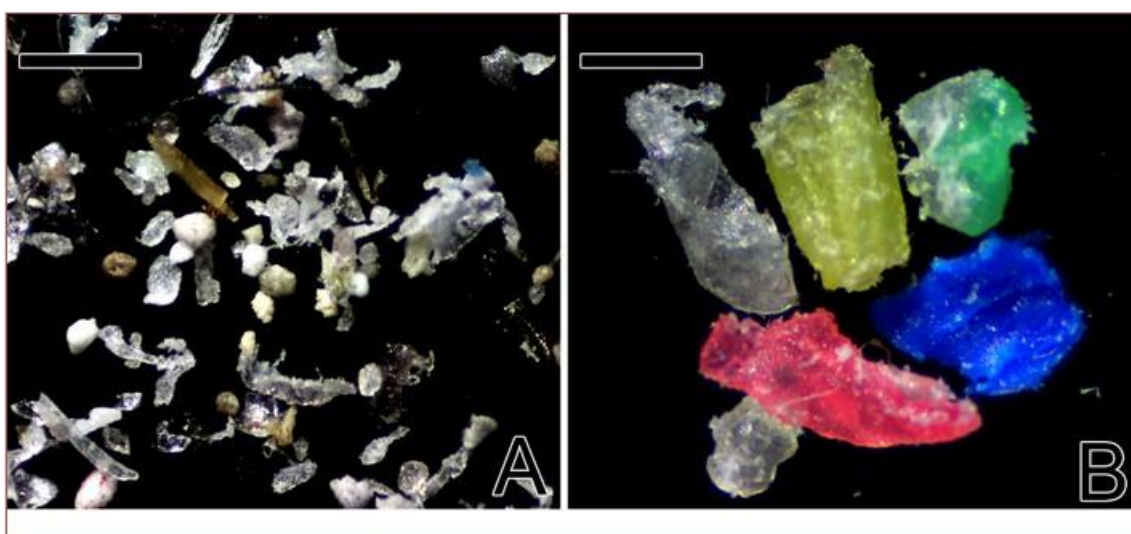
Em meados do ano 2000, alguns pesquisadores iniciaram a análise de sedimentos de 17 praias diferentes do Reino Unido e descreveram, pela primeira vez, pequenas micropartículas de plástico que foram nomeadas de microplásticos (MPs) (Thompson et al., 2004). Entretanto, essa denominação para partículas de diferentes tamanhos ainda não é um consenso entre os cientistas, dada a variedade dos tamanhos de partículas encontradas que vão desde nanômetros até milímetros. Assim, em 2009, a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) definiu o termo microplástico como pequenas partículas e fibras plásticas, que variam de 250µm a 5mm de diâmetro (Arthur et al., 2009). Atualmente, muitos estudos consideram que os MPs possuem tamanhos variando entre 5 e 100µm (Zhang et al., 2020). Entretanto, considerando a própria nomenclatura para "micro" plástico (em micrômetros), seria mais adequado classificá-los como partículas entre 1 e 1000µm (Bermúdez e Swarzenski, 2021).

3. OS MICROPLÁSTICOS E O AMBIENTE

No ambiente, os microplásticos (MPs) podem ser encontrados em variados tamanhos, formas, densidades, cores e tipos de polímeros (*Figura 1*). Essa diversidade está intimamente ligada à origem dos MPs, que podem ser classificados em primários ou

secundários. Os MPs primários são oriundos da liberação direta de produtos contendo MPs, como pellets de pré-produção, usados para fabricar outros produtos plásticos, e microesferas plásticas adicionadas em produtos de limpeza ou de cuidados pessoais (Fendall e Sewell, 2009; Cole et al., 2011). Já os MPs secundários são fragmentos de plásticos derivados da degradação de produtos plásticos maiores que geralmente são descartados no ambiente, como sacolas, embalagens, peças de eletrodomésticos ou roupas (Andrady, 2011).

Figura 1. Exemplos de microplásticos encontrados no meio ambiente. **(A)** Microplásticos observados a olho nu, coletados de ambiente de represa. **(B)** Microplásticos observados sob microscópio óptico salientando suas variações de formas, cores e tamanhos. Escala: 5 μ m (A), 2 μ m (B).



Fonte: Do autor.

4. MICROSPLÁSTICOS NAS ÁGUAS, NO MEIO AMBIENTE E SEUS RISCOS POTENCIAIS

Conforme já mencionado, as proporções microscópicas dos microplásticos (MPs) ajudam a aumentar sua capacidade de dispersão, especialmente nos ambientes aquáticos. Atualmente, a contaminação por MPs já atingiu níveis mundiais, colocando em risco inúmeros ecossistemas. À medida em que as pesquisas avançam, a presença de MPs tem sido confirmada nos mais variados ambientes e habitats, a saber: em sedimentos marinhos e regiões litorâneas, como praias (Alomar et al., 2016) e manguezais (Meera et al., 2022), em campos agrícolas (Piehl et al., 2018), em regiões remotas como várzeas (Scheurer e Bigalke, 2018), em recifes de coral (John et al., 2022), em locais de grandes altitudes, como no Monte Everest (Napper et al., 2020) e até mesmo no gelo polar do Ártico (Obbard et al., 2014).

Ao longo do trajeto percorrido pelos MPs desde sua fonte de origem de descarte até o ambiente a ser depositado, diversos contaminantes podem ser adicionados à sua composição, devido ao fato do plástico possuir alta afinidade por poluentes organoclorados, como bifenilos policlorados (PCBs), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e pesticidas organoclorados (Wright, 2017). Estes poluentes tendem a ser adsorvidos e acumulados sobre a superfície dos MPs, assim como ocorre com alguns metais pesados, como ferro e alumínio (Teuten et al., 2007; Vedolin et al., 2017). Além

disso, alguns materiais plásticos contêm, em sua composição, aditivos tóxicos como ftalatos, bisfenol A (BPA) e éteres que, juntamente com os poluentes que foram incorporados do meio externo, dão aos MPs a capacidade de atuarem como disruptores endócrinos, agentes mutagênicos, teratogênicos e cancerígenos (Zhang et al., 2016).

A superfície sólida dos MPs fornece um substrato durável que pode ser colonizado por diferentes microrganismos, além de suportar o crescimento de biofilmes microbianos que incluem potenciais agentes patogênicos e espécies nocivas de algas. Ademais, todas estas formas de vida podem ser facilmente transportadas por longas distâncias, uma vez estabelecidas tais colônias na superfície dessas partículas. Esse nicho ecológico criado entre a interação MP-biofilme é chamado de *plastisfera* (Amaral-Zettler et al., 2020). Além disso, num cenário ainda mais caótico, alguns microplásticos possuem a capacidade de se ligar e transportar antibióticos que estejam presentes no ambiente aquático (Li et al., 2018). A presença dos biofilmes, nesses casos, aumenta consideravelmente a capacidade dos MPs de transportar patógenos resistentes a antibióticos (Zheng et al., 2023).

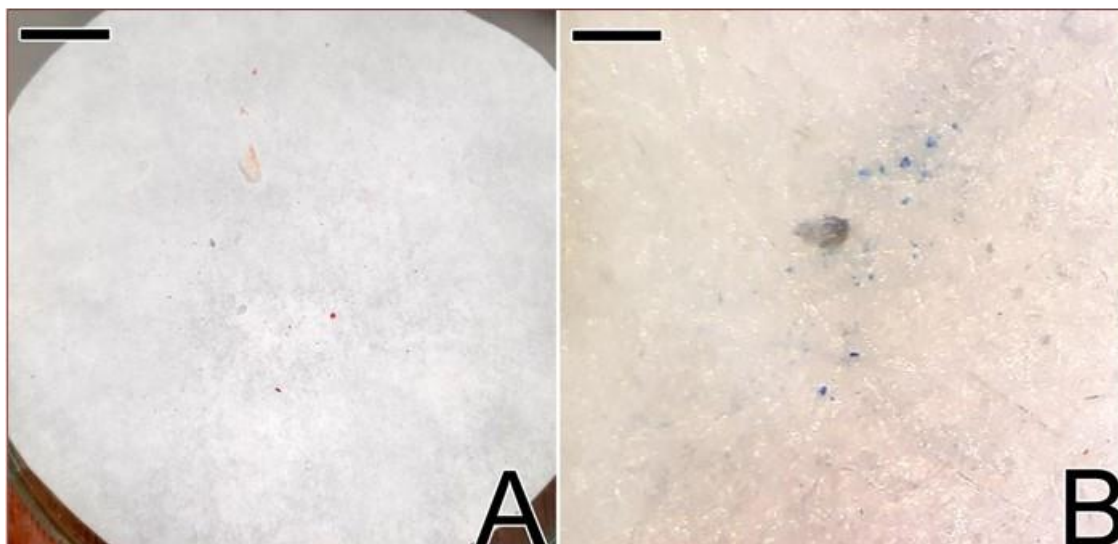
Para maior entendimento da extensão dos problemas dos MPs no meio ambiente é necessário, primeiramente, compreender a abordagem de três conceitos: *bioacumulação*, *bioamplificação* e *biomagnificação*. A bioacumulação ocorre quando a absorção de um contaminante é maior do que a capacidade de um organismo excretá-lo (Wang et al., 2016). Já a bioamplificação ocorre após a bioacumulação e subsequente transferência trófica de um contaminante (Kelly et al., 2007). A biomagnificação é o aumento na concentração de um contaminante (MPs ou aditivos) em um organismo, em comparação com a concentração em sua presa (Miller et al., 2020).

Na cadeia trófica, os MPs podem facilmente ser confundidos com alimentos por diversos organismos, especialmente os aquáticos. As primeiras ocorrências de bioacumulação de MPs em animais foram feitas em invertebrados como plânctons (Cole, 2013) e moluscos (Van Cauwenberghe e Janssen, 2014). Posteriormente, os MPs foram identificados em peixes (Ferreira et al., 2016), répteis (Ugwu et al., 2021), aves (Hoang e Mitten, 2022), grandes mamíferos (Lusher et al., 2015) e até em plantas (Taylor et al., 2020), demonstrando também sua capacidade de bioamplificação. Em um estudo realizado por Lwanga e colaboradores (2017), foi investigado a presença de MPs no solo, em minhocas e nas fezes de galinhas. As análises revelaram um aumento de aproximadamente 10 vezes na concentração de partículas entre o solo (0.87 MPs/g), minhocas (14.8 MPs/g) e fezes de galinha, evidenciando os potenciais efeitos de biomagnificação dos MPs.

Muitas espécies de interesse comercial também são afetadas por MPs. Em uma análise de peixes da espécie *Serranus scriba* (um peixe comercial da Tunísia), pesquisadores observaram a presença de MPs em todas as amostras de tecido. A quantidade média de MPs identificada no trato gastrointestinal esteve na faixa de 3.63 ± 0.35 até 6.11 ± 0.48 partículas por grama de tecido (Zitouni et al., 2020). Em um estudo semelhante, a análise de seis espécies de peixes marinhos, da costa do Texas, concluiu que 42% dos animais possuíam MPs no estômago. Ao analisarmos algumas espécies de camarão de diversos ambientes aquáticos, sendo estes: duas espécies de camarão marinho, *Xiphopenaeus kroyeri* (camarão sete-barbas) e *Farfantepenaeus brasiliensis* (camarão rosa); uma espécie de camarão de água doce, *Macrobrachium jelskii* (camarão sossego), e uma espécie de camarão de água salobra, presente no mangue (*Macrobrachium* sp. - camarão fantasma), constatamos a presença de MPs (Figura 2) em todos os indivíduos amostrados. Esses dados são bastante alarmantes, uma vez que todas

as espécies mencionadas são comestíveis, tendo, inclusive, grande valor comercial e alto consumo pela espécie humana.

Figura 2. Exemplos de microplásticos detectados no tecido do camarão marinho conhecido como Camarão Sete-Barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), após digestão ácido do tecido orgânico. **(A)** Microplásticos observados a olho nu. **(B)** Microplásticos (partículas azuladas) observados sob microscópio óptico. Escala: 20 μ m (A), 4 μ m (B).



Fonte: Do autor.

5. MICROPLÁSTICOS E O SANEAMENTO BÁSICO

Por ser uma consequência direta da ação antrópica, os microplásticos (MPs) são amplamente encontrados em regiões super populosas, principalmente em seus efluentes (Mason et al., 2016). Durante um ciclo de lavagem de roupas, por exemplo, as microfibras liberadas variaram de 124 a 308mg por quilo de tecido lavado, a depender da peça, indicando uma liberação de 640.000 a 1.500.000 microfibras a cada lavagem (De Falco et al., 2019). Em alguns esfoliantes faciais podem ser encontrados até 10mg/mL de microesferas, evidenciando que uma pessoa pode vir a usar, em média, 15mg de minúsculos fragmentos plásticos diariamente (Vargas et al., 2018). A grande maioria desses MPs, lamentavelmente, tem como destino os esgotos e, posteriormente, chegam às estações de tratamento (Mahon et al., 2017), ondem deveriam ser totalmente removidas da água.

Em um levantamento bibliográfico foram comparadas diversas estações de tratamento de esgoto de todo o mundo, e constatou-se que as eficiências totais de remoção de MPs variam entre 72–99,4% (Gatidou et al., 2019). Grande parte do MPs fica retida no lodo, que geralmente é descartado em aterros sanitários. Entretanto, foram avaliados apenas países desenvolvidos, levando a crer que a realidade nos países onde o acesso ao saneamento básico é escasso ou, muitas vezes, inexistente (como em muitas regiões do Brasil), tende a ser diferente (Amorim et al., 2024). Segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), apenas metade dos brasileiros é contemplada com o tratamento de esgoto.

A falta de estações de tratamento de esgoto implica, diretamente, na contaminação de grandes rios. Analisando concentrações de MPs em amostras de sedimento retiradas dos rios Negro, Solimões e Amazonas, tanto acima quanto abaixo da área metropolitana de Manaus-AM, foram encontradas até 5.725 partículas por quilo de sedimento seco (BGerolin et al., 2020). Nos rios, os MPs são confundidos com alimentos por diversas espécies de peixes incluindo as que são utilizadas como fonte de alimento (Andrade et al., 2019).

É importante salientar que os MPs, mesmo aqueles lançados em ambientes terrestres, podem encontrar vias para ingressar em ambientes aquáticos por meio de processos ambientais, como a ação do vento e das chuvas. Nesse contexto, as partículas de menor tamanho têm maior capacidade de percorrer distâncias significativas, podendo ser levadas até as redes de esgoto ou infiltrar-se no solo (Hale, 2020).

Quando os MPs são depositados na superfície do solo, existe a possibilidade de serem transportados verticalmente, para subcamadas do solo e, eventualmente, para camadas mais profundas do solo (Li et al., 2021). Os MPs introduzidos no solo podem entrar no sistema de águas subterrâneas através de lixiviação ou penetração nos poros do solo (Re, 2019). Assim, o solo não é apenas um potencial sumidouro de MPs, mas também uma rota viável para aquíferos ou sistemas de águas subterrâneas (O'Connor et al., 2019).

6. RISCOS À SAÚDE HUMANA

Dentre os muitos caminhos que os microplásticos (MPs) percorrem para ingressar no organismo humano, a ingestão é o principal deles. Majoritariamente, a ingestão dos MPs é involuntária e resultante da contaminação de alimentos, sobretudo os industrializados. Dentre os alimentos consumidos em grande quantidade pelo ser humano, já foram detectados MPs em água potável (Oßmann, 2021), leite (Kutralam-Muniasamy et al., 2020), refrigerantes (Shruti et al., 2020), alimentos enlatados (Akhbarizadeh et al., 2020), açúcar (Afrin et al., 2022) e sal (Kosuth et al., 2018). Estima-se que a ingestão de microplásticos é de 39.000 a 52.000 partículas por pessoa ao ano (Cox et al., 2019).

O primeiro indício da contaminação humana por MPs deu-se pela análise de fezes (Schwabl et al., 2019), demonstrando que estas partículas podem passar por todo o sistema digestório e serem, ao menos parcialmente, expelidas. Porém, durante o seu trajeto, os MPs causam diversas alterações histológicas, fisiológicas e gênicas pois conseguem penetrar nos tecidos e se translocar para outros órgãos (Ali et al., 2024). Recentemente, os MPs foram detectados no tecido pulmonar (Jenner et al., 2022), na placenta (Ragusa et al., 2021) e até mesmo no sangue (Leslie et al., 2022).

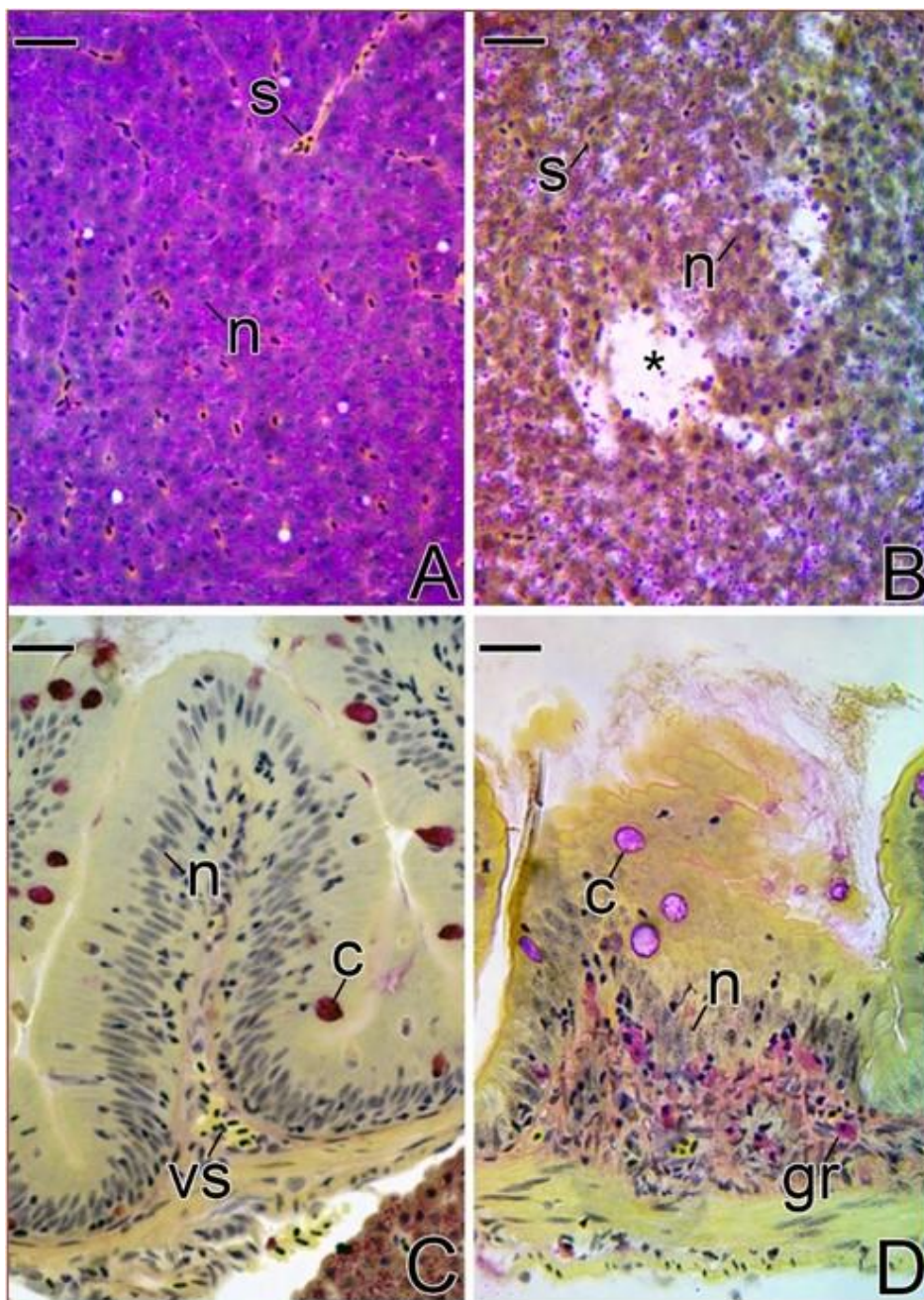
O tamanho dos MPs é um fator determinante para as alterações que podem causar. Partículas maiores que 150µm geralmente não são absorvidas, permanecendo ligadas à camada de muco intestinal, podendo levar à inflamação do intestino e causar efeitos locais no sistema imunológico. Já as partículas menores que 150µm podem atravessar a barreira intestinal, sendo fagocitadas pelos enterócitos ou mesmo passar pelas junções intercelulares (Hirt e Body-Malapel, 2020). Estudos recentes realizados em peixes por Fernandes (2021), demonstraram que os MPs alteraram totalmente a morfologia histológica do trato digestivo de *zebrafish* (*Danio rerio*), um peixe de pequeno porte utilizado como organismo-modelo para estudos voltados para seres humanos. Além dos danos causados por todo o trato digestivo, quando se translocam para outros órgãos,

como o fígado, os MPs causam o rompimento de hepatócitos, esteatoses e depleção de glicogênio, conforme observado na *Figura 3*.

Independente do sistema avaliado, a produção de espécies reativas de oxigênio parece ser uma resposta padrão do organismo contaminado (Xiao et al., 2023). O organismo entende a presença dos MPs como sendo um corpo estranho. Em resposta a essa contaminação, a imunidade inata é ativada e, como consequência da ação neutralizante, grandes quantidades de espécies reativas de oxigênio são geradas (Marangoni, 2022). A translocação dos MPs agrava os efeitos tóxicos intracelulares, o que, alinhada à sua natureza persistente, limita sua remoção do organismo, levando a inflamações crônicas (Galloway, 2015). Além disso, os MPs são capazes de alterar o funcionamento de enzimas antioxidantes, prejudicando ainda mais o organismo no qual se encontram (Trestrail et al., 2020).

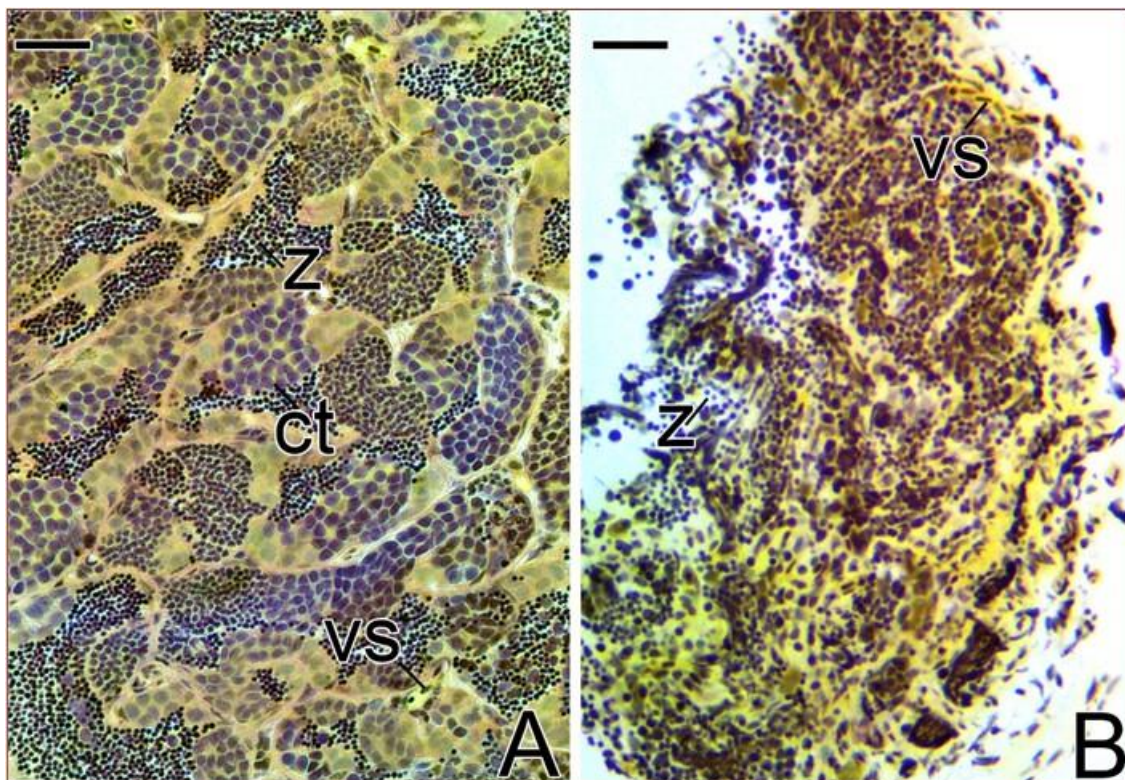
Pesquisas mais recentes mostraram que o sistema reprodutor tanto masculino, quanto feminino, também pode ser afetado pelos MPs (Fernandes, 2021). Em um experimento realizado em condições controladas em laboratório, no qual os *zebrafish* foram expostos aos MPs, alterações histológicas severas foram detectadas nos testículos, como vacuolizações no epitélio germinativo e consequente descaracterização da estrutura testicular (*Figura 4*). Em testes *in vitro*, feitos com células testiculares, os MPs aumentaram a transcrição de genes ligados a processos inflamatórios e desregularam proteínas envolvidas na regulação do ciclo celular (Xiao et al., 2023). Em camundongos machos foram detectadas diminuições no nível sérico de testosterona e de enzimas relacionadas a atividade espermática (Xie et al., 2020). Já em fêmeas de roedores, a exposição aos MPs resultou na redução do tamanho dos ovários, diminuição do número de folículos, alterações nos níveis de hormônios sexuais e redução da taxa de gravidez (Wei et al., 2022).

Figura 3. Alterações histológicas encontradas no fígado e intestino de *zebrafish*. **(A)** Tecido hepático de um animal saudável com hepatócitos contendo glicogênio e sinusoides organizados. **(B)** Tecido hepático de um animal exposto aos MPs. Note a depleção de glicogênio e o rompimento dos cordões de hepatócitos (asterisco). **(C)** Vilosidade intestinal de um animal saudável. **(D)** Vilosidade intestinal de um animal exposto aos MPs. Note o rompimento na parte apical da vilosidade e a presença de grande quantidade de granulócitos. Legenda: núcleo (n); sinusoide (s); vaso sanguíneo (vs); célula caliciforme (c); granulócito (gr). Coloração: MY. Escala: 10µm.



Fonte: Do autor.

Figura 4. Alterações histológicas nos testículos de *zebrafish*. **(A)** Epitélio germinativo de um animal saudável, com presença de espermatocistos em diferentes fases de desenvolvimento e espermatozoides no lúmen dos túbulos seminíferos. **(B)** Epitélio germinativo de um animal exposto aos MPs totalmente descaracterizado, não sendo possível a identificação clara de espermatocistos. Legenda: espermatozoides (z); espermatocisto (ct); vaso sanguíneo (vs). Coloração: MY. Escala: 10µm.



Fonte: Do autor.

Nos camundongos, as alterações gonadais causadas pelos MPs afetaram diretamente a produção de gametas, sendo que estes podem apresentar mal funcionamento celular ou malformações morfológicas (Liu et al., 2022), levando, portanto, a formação de gametas defeituosos. Em *zebrafish*, tais gametas de animais expostos aos MPs, embora tenham sido capazes de fecundar e serem fecundados, muito possivelmente, possuem alterações em suas bases moleculares que regem o desenvolvimento embrionário, comprometendo-o severamente. Como resultado, o tempo de desenvolvimento embrionário da prole foi significativamente atrasado, ainda que somente os seus pais tivessem sido expostos aos MPs. Além disso, surpreendentemente, os poucos embriões sobreviventes apresentaram malformações graves, sendo, a maioria delas, letais (Figura 5). Assim, a taxa de mortalidade dos embriões ou larvas recém-eclodidas, em cada prole, foi bastante elevada (Fernandes, 2021).

Figura 5. Comparação entre larvas de *zebrafish*, com 72h de desenvolvimento após a fecundação. **(A)** Larva recém-eclodida, oriunda de pais saudáveis. **(B)** Larva oriunda de pais expostos aos MPs. Note o atraso no desenvolvimento do animal em comparação ao mostrado em A. Devido a diversas malformações, esta larva não conseguiu eclodir e acabou por morrer. Legenda: saco vitelínico (sv); zona pelúcida (zp); aparelho ocular (cabeça de seta). Escala: 100µm.



Fonte: Do autor.

7. CONCLUSÃO

A falta de saneamento básico aumenta a disponibilidade dos microplásticos (MPs) no ambiente, causando danos morfofisiológicos, por bioacumulação, nos mais diferentes organismos, incluindo aqueles de interesse comercial, bem como o próprio ser humano.

Além dos alimentos de origem animal, os MPs também podem estar presentes em produtos industrializados, aumentando as chances da contaminação humana. Dentro do organismo, os MPs alteram o funcionamento de diversos sistemas e podem causar danos irreversíveis. Ainda que os plásticos deixem de ser utilizados em um futuro próximo ou que não haja mais exposição direta ao organismo, os MPs ainda poderão afetar, pelas próximas décadas, o desenvolvimento de futuras gerações, perpetuando seus efeitos nocivos ao ambiente e à humanidade.

Até o presente momento, não existem tratamentos contra os danos patológicos causados pelos MPs, tampouco maneiras efetivas de retirá-los da natureza. Por enquanto, a única solução plausível para evitar seus efeitos nocivos por exposição direta é a conscientização, a fim de diminuir efetivamente o uso de produtos plásticos e sua consequente dispersão inapropriada no meio ambiente, através do descarte correto do lixo, do tratamento adequado de efluentes e do acesso ao saneamento básico, tão indispensável e fundamental à toda população.

8. MATERIAL COMPLEMENTAR

Metodologia utilizada: Embriões e larvas foram obtidos de desovas de adultos de zebrafish expostos à diferentes concentrações de microplásticos (MPs). Após exposição aos MPs, os pais foram separados para reprodução e eutanasiados para análise morfológica dos órgãos. Após a desova, parte da ninhada foi amostrada periodicamente para observação das características morfológicas e do desenvolvimento embrionário. Todos os espécimes foram anestesiados com 0,1% benzocaína e eutanasiados de acordo com os protocolos institucionais da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - nº 4503250320 - IBB – UNESP). As amostras foram fixadas por imersão em solução de 2% de glutaraldeído e 4% de paraformaldeído em tampão fosfato de Sorensen (0.1M, pH 7.2) por 24h. Para microscopia óptica, as amostras foram incluídas em historesina (Leica HistoResin). Os cortes histológicos obtidos (3µm) foram corados com ácido periódico de Schiff (PAS) + hematoxilina férrica + metanil yellow (MY) (Quintero-Hunter et al., 1991). Réplicas das amostras frescas dos peixes e dos camarões foram congelados a -20°C e, em seguida, o tecido foi macerado e lavado com uma solução saturada de NaCl (0,36g/mL) e filtrado em filtros Whatman de fibra de vidro de 0,6µm. Em seguida os filtros foram depositados em placas de Petri contendo peróxido de hidrogênio a 15% para a digestão de restos de matéria orgânica e deixados em uma estufa à 60°C por 24h (adaptado de Avio e Regoli, 2015; Fernandes, 2021). O material retido foi depositado em lâminas para visualização em microscopia fotônica. Os camarões foram obtidos junto aos pescadores da região de coleta.

REFERÊNCIAS

- [1] Afrin, S., Rahman, M. M., Hossain, M. N., Uddin, M. K., e Malafaia, G. (2022). Are there plastic particles in my sugar? A pioneering study on the characterization of microplastics in commercial sugars and risk assessment. *Science of The Total Environment*, 837, 155849.
- [2] Andrade, M. C., Winemiller, K. O., Barbosa, P. S., Fortunati, A., Chelazzi, D., Cincinelli, A., e Giarrizzo, T. (2019). First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. *Environmental Pollution*, 244, 766-773.
- [3] Akhbarizadeh, R., Dobaradaran, S., Nabipour, I., Tajbakhsh, S., Darabi, A. H., e Spitz, J. (2020). Abundance, composition, and potential intake of microplastics in canned fish. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111633.
- [4] Ali, N., Katsouli, J., Marczylo, E. L., Gant, T. W., Wright, S., e de la Serna, J. B. (2024). The potential impacts of micro-and-nano plastics on various organ systems in humans. *eBioMedicine*, 99.
- [5] Alomar, C., Estarellas, F., e Deudero, S. (2016). Microplastics in the Mediterranean Sea: deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. *Marine Environmental Research*, 115, 1-10.
- [6] Amaral-Zettler, L. A., Zettler, E. R., e Mincer, T. J. (2020). Ecology of the plastisphere. *Nature Reviews Microbiology*, 18(3), 139-151.
- [7] Amorim, E. V., Santana, G. M., Gomes, R. L., Bernardes, M. E. C., de Sousa, L. F., e de Jesus, R. M. (2024). Environmental fragility and risks to water sustainability in the extreme south of Bahia, Brazil: implications for the provision of basic sanitation services. *Sustainable Water Resources Management*, 10(2), 1-19.
- [8] Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605.

- [9] Arthur, C., Baker, J. E. e Bamford, H. A. (2009). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris, 9–11 de setembro de 2008. NOAA Technical Memorandum NOS-ORandR-30.
- [10] Avio, C. G., Gorbi, S., e Regoli, F. (2015). Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research*, 111, 18-26.
- [11] Bermúdez, J. R., e Swarzenski, P. W. (2021). A microplastic size classification scheme aligned with universal plankton survey methods. *MethodsX*, 8, 101516.
- [12] BGerolin, C. R., Pupim, F. N., Sawakuchi, A. O., Grohmann, C. H., Labuto, G., e Semensatto, D. (2020). Microplastics in sediments from Amazon rivers, Brazil. *Science of the Total Environment*, 749, 141604.
- [13] Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., e Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597.
- [14] Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., e Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47(12), 6646-6655.
- [15] Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., e Dudas, S. E. (2019). Human consumption of microplastics. *Environmental Science e Technology*, 53(12), 7068-7074.
- [16] De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M., e Avella, M. (2019). The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports*, 9(1), 6633.
- [17] Edgar, D., Edgar, R., e Edgar, R. A. (2009). *Fantastic Recycled Plastic: 30 Clever Creations to Spark Your Imagination*. Sterling Publishing Company, Inc.
- [18] Fendall, L. S. e Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225-1228.
- [19] Fernandes, D. A. (2021). Efeitos da exposição ao microplástico na estrutura gonadal e no sucesso reprodutivo de *Danio rerio* (Teleostei: Cypriniformes). Dissertação de Mestrado, UNESP, Jaboticabal-SP.
- [20] Ferreira, P., Fonte, E., Soares, M. E., Carvalho, F., e Guilhermino, L. (2016). Effects of multi-stressors on juveniles of the marine fish *Pomatoschistus microps*: gold nanoparticles, microplastics and temperature. *Aquatic Toxicology*, 170, 89-103.
- [21] Galloway, T. S. (2015). Micro-and nano-plastics and human health. In *Marine Anthropogenic Litter*, 343-366.
- [22] Gatidou, G., Arvaniti, O. S., e Stasinakis, A. S. (2019). Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants. *Journal of Hazardous Materials*, 367, 504-512.
- [23] Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., e Zeng, E. Y. (2020). A global perspective on microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(1), e2018JC014719.
- [24] Hirt, N., e Body-Malapel, M. (2020). Immunotoxicity and intestinal effects of nano-and microplastics: a review of the literature. *Particle and Fibre Toxicology*, 17, 1-22.
- [25] Hoang, T. C., e Mitten, S. (2022). Microplastic accumulation in the gastrointestinal tracts of nestling and adult migratory birds. *Science of The Total Environment*, 838, 155827.
- [26] Huerta Lwanga, E., Mendoza Vega, J., Ku Quej, V., Chi, J. D. L. A., Sanchez del Cid, L., Chi, C., Segura, G. E., Salánki, T., Ploeg, M., Koelmans, A. A., e Geissen, V. (2017). Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Scientific reports*, 7(1), 14071.
- [27] Jenner, L. C., Rotchell, J. M., Bennett, R. T., Cowen, M., Tentzeris, V., e Sadofsky, L. R. (2022). Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Science of The Total Environment*, 831, 154907.
- [28] John, J., Nandhini, A. R., Velayudhaperumal Chellam, P., & Sillanpää, M. (2022). Microplastics in mangroves and coral reef ecosystems: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(1), 397-416.
- [29] Kelly, B. C., Ikonomidou, M. G., Blair, J. D., Morin, A. E., e Gobas, F. A. (2007). Food web specific biomagnification of persistent organic pollutants. *Science*, 317(5835), 236-239.

- [30] Kosuth, M., Mason, S. A., e Wattenberg, E. V. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PloS One*, 13(4), e0194970.
- [31] Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., e Shruti, V. C. (2020). Branded milks—Are they immune from microplastics contamination?. *Science of the Total Environment*, 714, 136823.
- [32] Leslie, H. A., Van Velzen, M. J., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., e Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199.
- [33] Li, H., Lu, X., Wang, S., Zheng, B., e Xu, Y. (2021). Vertical migration of microplastics along soil profile under different crop root systems. *Environmental Pollution*, 278, 116833.
- [34] Li, X., Yang, W. L., He, H., Wu, S., Zhou, Q., Yang, C., Zeng, G., Luo, L. e Lou, W. (2018). Responses of microalgae *Coelastrrella sp.* to stress of cupric ions in treatment of anaerobically digested swine wastewater. *Bioresource Technology*, 251, 274-279.
- [35] Liu, Z., Zhuan, Q., Zhang, L., Meng, L., Fu, X., e Hou, Y. (2022). Polystyrene microplastics induced female reproductive toxicity in mice. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127629.
- [36] Lusher, A. L., Hernandez-Milian, G., O'Brien, J., Berrow, S., O'Connor, I., e Officer, R. (2015). Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: the True's beaked whale *Mesoplodon mirus*. *Environmental Pollution*, 199, 185-191.
- [37] Mahon, A. M., O'Connell, B., Healy, M. G., O'Connor, I., Officer, R., Nash, R., & Morrison, L. (2017). Microplastics in sewage sludge: effects of treatment. *Environmental Science & Technology*, 51(2), 810-818.
- [38] Marangoni, L. F., Beraud, E., e Ferrier-Pagès, C. (2022). Polystyrene nanoplastics impair the photosynthetic capacities of *Symbiodiniaceae* and promote coral bleaching. *Science of The Total Environment*, 815, 152136.
- [39] Mason, S. A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D. e Rogers, D. L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution*, 218, 1045-1054.
- [40] Meera, S. P., Bhattacharyya, M., Nizam, A., e Kumar, A. (2022). A review on microplastic pollution in the mangrove wetlands and microbial strategies for its remediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(4), 4865-4879.
- [41] Miller, M. E., Hamann, M., e Kroon, F. J. (2020). Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data. *PloS One*, 15(10), e0240792.
- [42] Montagner, C. C., Dias, M. A., Paiva, E. M., e Vidal, C. (2021). Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. *Química Nova*, 44, 1328-1352.
- [43] Napper, I. E., Davies, B. F., Clifford, H., Elvin, S., Koldewey, H. J., Mayewski, P. A., Miner, K. R., Potocki, M., Elmore, A. C., Gajurel, A. P. e Thompson, R. C. (2020). Reaching new heights in plastic pollution—preliminary findings of microplastics on Mount Everest. *One Earth*, 3(5), 621-630.
- [44] Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., e Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2 (6), 315-320
- [45] O'Connor, D., Pan, S., Shen, Z., Song, Y., Jin, Y., Wu, W. M., e Hou, D. (2019). Microplastics undergo accelerated vertical migration in sand soil due to small size and wet-dry cycles. *Environmental Pollution*, 249, 527-534.
- [46] Oßmann, B. E. (2021). Microplastics in drinking water? Present state of knowledge and open questions. *Current Opinion in Food Science*, 41, 44-51.
- [47] Piehl, S., Leibner, A., Loder, M. G. J., Dris, R., Bogner, C. e Laforsch, C. (2018). Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Scientific Reports*, 8, 17950.
- [48] Quintero-Hunter, I., Grier, H., e Muscato, M. (1991). Enhancement of histological detail using metanil yellow as counterstain in periodic acid Schiff's hematoxylin staining of glycol methacrylate tissue sections. *Biotechnic & Histochemistry*, 66(4), 169-172.

- [49] Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M. C. A., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M. e Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274.
- [50] Re, V. (2019). Shedding light on the invisible: addressing the potential for groundwater contamination by plastic microfibers. *Hydrogeology Journal*, 27(7), 2719-2727.
- [51] Scheurer, M., e Bigalke, M. (2018). Microplastics in Swiss floodplain soils. *Environmental Science & Technology*, 52(6), 3591-3598.
- [52] Schwabl, P., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., e Liebmann, B. (2019). Detection of various microplastics in human stool: a prospective case series. *Annals of Internal Medicine*, 171(7), 453-457.
- [53] Shruti, V. C., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., e Kutralam-Muniasamy, G. (2020). First study of its kind on the microplastic contamination of soft drinks, cold tea and energy drinks-Future research and environmental considerations. *Science of the Total Environment*, 726, 138580.
- [54] Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto - 2014. Brasília: SNIS, 2023. Instituto Trata Brasil.
- [55] Taylor, S. E., Pearce, C. I., Sanguinet, K. A., Hu, D., Chrisler, W. B., Kim, Y. M., Wang, Z. e Flury, M. (2020). Polystyrene nano-and microplastic accumulation at *Arabidopsis* and wheat root cap cells, but no evidence for uptake into roots. *Environmental Science: Nano*, 7(7), 1942-1953.
- [56] Teuten, E. L., Rowland, S. J., Galloway, T. S., e Thompson, R. C. (2007). Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environmental Science & Technology*, 41(22), 7759-7764.
- [57] Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., Mcgonigle, D. e Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, 304(5672), 838-838.
- [58] Trestrail, C., Nugegoda, D., e Shimeta, J. (2020). Invertebrate responses to microplastic ingestion: Reviewing the role of the antioxidant system. *Science of the Total Environment*, 734, 138559.
- [59] Ugwu, K., Herrera, A., e Gómez, M. (2021). Microplastics in marine biota: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112540.
- [60] Van Cauwenberghe, L., e Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, 193, 65-70.
- [61] Vargas, J. G. M., Silva, V. B. D., Oliveira, L. K. D., e Molina, E. F. (2022). Microplásticos: uso na indústria cosmética e impactos no ambiente aquático. *Química Nova*, 45, 705-711.
- [62] Vedolin, M. C., Teophilo, C. Y. S., Turra, A., e Figueira, R. C. L. (2018). Spatial variability in the concentrations of metals in beached microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, 129(2), 487-493.
- [63] Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., e Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, 113, 7-17.
- [64] Wei, Z., Wang, Y., Wang, S., Xie, J., Han, Q., e Chen, M. (2022). Comparing the effects of polystyrene microplastics exposure on reproduction and fertility in male and female mice. *Toxicology*, 465, 153059.
- [65] Wright, S. L., e Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: a micro issue?. *Environmental Science & Technology*, 51(12), 6634-6647.
- [66] Xiao, M., Li, X., Zhang, X., Duan, X., Lin, H., Liu, S., e Sui, G. (2023). Assessment of cancer-related signaling pathways in responses to polystyrene nanoplastics via a kidney-testis microfluidic platform (KTP). *Science of The Total Environment*, 857, 159306.
- [67] Xie, X., Deng, T., Duan, J., Xie, J., Yuan, J., e Chen, M. (2020). Exposure to polystyrene microplastics causes reproductive toxicity through oxidative stress and activation of the p38 MAPK signaling pathway. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110133.
- [68] Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J., e Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95(8), 2052-2068.

- [69] Zhang, X. L., Liu, N., Weng, S. F., e Wang, H. S. (2016). Bisphenol A increases the migration and invasion of triple-negative breast cancer cells via oestrogen-related receptor gamma. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, *119*(4), 389-395.
- [70] Zheng, Z., Huang, Y., Liu, L., Wang, L., e Tang, J. (2023). Interaction between microplastic biofilm formation and antibiotics: Effect of microplastic biofilm and its driving mechanisms on antibiotic resistance gene. *Journal of Hazardous Materials*, 132099.
- [71] Zitouni, N., Bousserhine, N., Belbekhouche, S., Missawi, O., Alphonse, V., Boughatass, I., e Banni, M. (2020). First report on the presence of small microplastics ($\leq 3 \mu\text{m}$) in tissue of the commercial fish *Serranus scriba* (Linnaeus, 1758) from Tunisian coasts and associated cellular alterations. *Environmental Pollution*, *263*, 114576.

Capítulo 7

A arqueometria da poluição industrial e seus impactos sobre a saúde pública no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil)

Washington Luiz dos Santos Ferreira¹

Resumo: Neste ensaio introdutório, adota-se a abordagem da *Arqueologia da Poluição Industrial*, e dos instrumentos da *Arqueometria*, para buscar circunscrever e interpretar algumas das correlações entre os efluentes das atividades industriais (pretéritas e contemporâneas) e os impactos por estes causados sobre a saúde e qualidade de vida de comunidades humanas² atuantes nas mesmas, e/ou moradoras nos limites e entornos do distrito industrial do Estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil).

¹ Bacharel em Oceanologia (1995), Mestre em Oceanografia Biológica (2004), Doutor em Educação Ambiental (2014). Doutorando em Arqueologia (Programa de Pós-Graduação em Antropologia, UFPEL – Universidade Federal de Pelotas). Pesquisador Associado junto ao Laboratório de Gerenciamento Costeiro, Instituto de Oceanografia, FURG – Universidade Federal do Rio Grande.

² [...] preponderante no estudo da *Arqueologia Industrial* é a questão social. Não podemos esquecer que o porto [e as indústrias associadas] é feito por pessoas, por uma comunidade característica, com linguagem e comportamentos próprios: organização social, intensidade de trabalho, salários, padrão de vida, moradia e sindicalização (MAXIMINO, 2007: 13).

1. INTRODUÇÃO

A partir da perspectiva do saneamento universal como direito humano, entende-se a necessidade de serem problematizados, dentre muitos outros, os severos e persistentes efeitos da poluição industrial e seus impactos - via de regra subestimados -, na eclosão e no incremento de enfermidades e na mortalidade de populações humanas e não humanas, em decorrência das mesmas.

Como todas as atividades antropogênicas, os empreendimentos industriais – suas estruturas, processos e relações – determinam um amplo e diversificado conjunto de impactos socioambientais, que traçam e consolidam, involuntariamente, uma série de vestígios, materiais e simbólicos, os quais se constituem nos instrumentos da Arqueologia, para o entendimento das inter-relações humanas subjacentes aos mesmos.

Neste ensaio introdutório, adota-se a abordagem da *Arqueologia da Poluição Industrial*, e dos instrumentos da *Arqueometria*, para buscar circunscrever e interpretar algumas das correlações entre os efluentes das atividades industriais (pretéritas e contemporâneas) e os impactos por estes causados sobre a saúde e qualidade de vida de comunidades humanas³ atuantes nas mesmas, e/ou moradoras nos limites e entornos do distrito industrial do Estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil).

2. A INDUSTRIALIZAÇÃO DO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS

Como acesso e epicentro irradiador do processo de colonização tardia, pela metrópole lusitana, o Estuário da Lagoa dos Patos - para a qual convergem as bacias hidrográficas das lagoas dos Patos e Mirim, e com a qual ambas se conectam ao Oceano Atlântico) -, no extremo sul do Brasil, também veio a se constituir no polo inicial da industrialização regional (**Tab. I**):

Tabela I: Atividades Industriais no Estuário da Lagoa dos Patos, RS

Categorias	Atividades específicas	Início
Processamento de alimentos e derivados	Charqueadas	1777
	Sebo, sabão e velas	1856
	Moinhos de cereais	1864
	Massas e biscoitos	1894
	Bebidas	1889
	Conservas de frutas e legumes	1906
	Frigoríficos	1917
	Congelamento e conservas de pescados	1937
	Óleos vegetais	1939
	Refrigerantes	1948
Mineração, combustíveis e geração de energia	Mineração de carvão	1792
	Mineração de minérios metálicos	1825
	Dragagens portuárias	1905
	Usinas termoeletricas a carvão	1908
	Refino de petróleo	1937
Outras atividades	Tecelagens	1873
	Cigarros e charutos	1891
	Cordas e cabos náuticos	1914
	Estaleiros (produção de embarcações)	1921
	Fertilizantes sintéticos	1950
	Metalurgia e siderurgia	1973

Fonte: adaptado de FERREIRA, 2017

3 [...] preponderante no estudo da *Arqueologia Industrial* é a questão social. Não podemos esquecer que o porto [e as indústrias associadas] é feito por pessoas, por uma comunidade característica, com linguagem e comportamentos próprios: organização social, intensidade de trabalho, salários, padrão de vida, moradia e sindicalização (MAXIMINO, 2007: 13).

Após a consolidação de sua fase protoindustrial (na segunda metade do século XVIII), foi desencadeada (na segunda metade do século XIX) a implantação do modelo regional de industrialização propriamente dito, através da instalação dos seus primeiros empreendimentos fabris.

3. A PERCEPÇÃO SOCIAL DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL

Intrinsecamente associada ao contexto e perfil econômico da industrialização, desde muito cedo vem sendo constatada, na historiografia regional, a percepção social relativa à poluição industrial sobre o seu território e suas comunidades:

[...] o **desenvolvimento do capitalismo industrial** apresentou na cidade um caráter pioneiro e de **grande expansão, entre 1873 e o final da Primeira Guerra mundial, em 1918**. A *Cidade das Chaminés* esteve associada à **experiências urbano-industriais de grande envergadura**, como o complexo da Fábrica *Rheingantz*, da tecnologia ligada à carne frigorificada da *Swift* ... (TORRES, 2000: 140-141; grifos nossos).

Mais recentemente, pesquisas de opinião pública sobre a percepção da poluição industrial vem reiterando o impacto da mesma sobre a população de diferentes bairros:

[...] os resultados mostraram que **68% percebem de alguma forma a poluição e que esta afeta negativamente o seu bem-estar**. Se calcularmos para os bairros dentro da área *hot spot*, o percentual dos que sentem a poluição sobe para mais de 80%, e fora do *hot spot*, cai para aproximadamente 40% (SILVA, OLIVEIRA, 2011: 27; grifos nossos).

A variabilidade no modo e intensidade como tal poluição é percebida pela população mostra correlação direta com a localização espacial dos respectivos bairros, e sua proximidade e/ou vizinhança com o distrito industrial:

[...] nos bairros **Santa Tereza, Navegantes, Vila Maria e Parque Marinha, 100% dos entrevistados afirmam que a poluição a que são submetidos quase diariamente diminui sua qualidade de vida**, ou seja, seu nível de bem-estar, por estarem diariamente tendo que conviver com o “cheiro desagradável da poluição”, pelos problemas clínicos que esta gera, pelos custos com medicamentos para o tratamento de doenças relacionadas etc. No bairro **Parque São Pedro** e no distrito da **Quinta, o percentual de percepção da poluição e a associação de que esta afeta negativamente o bem-estar da população do local é de aproximadamente 80%**. Apenas nos bairros **Bolaxa, Cassino e Municipal a disseminação da poluição é percebida por menos de 30% da população local**. Cabe salientar que esses bairros estão fora da zona do *hot spot*. **No Centro, a percepção está em torno de 50%** (SILVA, OLIVEIRA, 2011: 28; grifos nossos).

4. ENFERMIDADES ASSOCIADAS À POLUIÇÃO INDUSTRIAL

Dentre o conjunto de impactos da poluição industrial sobre a saúde humana, se destacam, de modo recorrente, problemas respiratórios, cardiovasculares e processos carcinômicos⁴. Tal periculosidade à vida humana, em decorrência da exposição contínua aos poluentes industriais, vem sendo investigada também a partir de entrevistas com mulheres residentes na vizinhança do distrito industrial local:

[...] foram consideradas expostas as mulheres que residiam nas comunidades próximas ao parque industrial do município: Vila da Naba, bairro Santa Teresa, bairro Lar Gaúcho, Vila Santo Antônio, bairro Nossa Senhora dos Navegantes, e parte dos bairros Getúlio Vargas (entre as ruas Eng. Heitor Amaro Barcelos e Dr. Marciano Espíndola) e Centro (delimitada pelas ruas Val Porto, Senador Salgado Filho e Almirante Barroso) (NOGUEZ *et al.*, 2008: 437; grifos nossos).

Os resultados destas pesquisas constataram a *grande incidência de abortos espontâneos neste contingente populacional*, exposto direta e continuamente à poluição industrial:

[...] foram entrevistadas 580 mulheres, em idade entre 15 e 49 anos [...], finalizando a análise dos dados com 565 mulheres. Das mulheres entrevistadas com história de gestação (n = 412), 17,7% relataram ter apresentado algum aborto espontâneo (NOGUEZ *et al.*, 2008: 438; grifos nossos).

As autoras advertem, porém, que *a porcentagem de abortos é semelhante nas duas áreas [exposta e não exposta à poluição industrial], não se podendo, a partir dos resultados obtidos, identificar o local de moradia das mulheres próximo ao parque industrial do município, como fator determinante para o desfecho estudado* (NOGUEZ *et al.*, 2008: 443). Contudo, as autoras também advertem que esta similaridade na porcentagem de abortos espontâneos entre ambas as áreas pode, provavelmente, ter sido determinada pela subestimação do papel representado pelo *local de trabalho dos genitores* (no caso, na área não exposta):

[...] em relação aos fatores ambientais, o local de moradia e o tempo de moradia não apresentaram associação significativa com a ocorrência de aborto espontâneo. Um indivíduo está exposto quando algum fator de risco do ambiente encontra-se imediatamente próximo aos limites exteriores do seu organismo. **Acredita-se que, em função da grande maioria das mulheres e de seus companheiros trabalharem na área não exposta (80,9%), esses dados relativos à exposição possam ter sido subestimados** (NOGUEZ *et al.*, 2008: 443-444; grifos nossos).

⁴ [...] estudos têm evidenciado os **efeitos da exposição a poluentes e o desenvolvimento de câncer de pulmão**, atribuídos tanto à ação direta dos cancerígenos presentes na poluição, como à inflamação crônica induzida pelos mesmos [...]. Pela análise de diversos estudos de coorte e caso controle, **foi sugerido que, em média, a exposição crônica à poluição do ar aumenta de 20-30% o risco de incidência de câncer de pulmão** (SANTOS *et al.*, 2019: 13-14; grifos nossos).

Deste modo, o fato de ambos os genitores passarem uma grande proporção do seu tempo de vida (durante o período de trabalho) na área não exposta, poderia estar atuando de modo a “diluir” a representatividade relativa do *local de moradia* dos mesmos, por torna-los menos susceptíveis aos efeitos da poluição industrial.

Outra pesquisa, realizada de modo anterior e independente da supracitada, remete à convergência entre o baixo peso de recém-nascidos e a proximidade da área de residência das respectivas mães ao parque industrial regional (BACKES, 2004).

Tais estudos reforçam as evidências empíricas de que a péssima qualidade ambiental, em função da diversidade e grande volume de compostos tóxicos nos efluentes industriais, afeta a saúde e compromete a expectativa de vida das populações humanas residentes nos seus entornos e vizinhanças.

5. A CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS

Na porção terminal do Estuário da Lagoa dos Patos, as margens da enseada rasa denominada *Saco da Mangueira* (Rio Grande, RS), têm sido utilizadas como local de intensa emissão de efluentes atmosféricos e despejo dos efluentes líquidos da maior parte das indústrias locais, com alto nível de contaminação por metais pesados⁵.

Sobre alguns dos mais severos impactos dos efluentes da poluição atmosférica sobre a saúde e vida humana, é importante destacar que:

[...] a presença de poluentes no ar se relaciona a um conjunto amplo de agravos à saúde, relacionados ao sistema respiratório e circulatório. Este conjunto de agravos se encaixa entre as principais causas de morte a nível global. **Dentre este conjunto de Doenças Crônicas Não Transmissíveis, as neoplasias de traqueia, brônquios e pulmões são um fator quantitativamente determinante [...].** Neste sentido, **as neoplasias do sistema respiratório podem ser consideradas como tipos de agravos capazes de operarem como marcadores de saúde importantes dos impactos da poluição do ar** (que se estabelece como um marcador ambiental), **e, por conseguinte, das atividades industriais nas condições de vida das pessoas** (CAMPOS, 2019: 102; grifos nossos).

Em relação aos metais pesados presentes nos poluentes atmosféricos regionais, se destaca, por sua periculosidade, o *Chumbo*⁶. A análise geoquímica revelou que:

[...] os dados obtidos por esse estudo mostram que existe um processo de contaminação atmosférica por chumbo na cidade do Rio Grande e na região estuarina da Lagoa dos Patos. Em algumas regiões da cidade, os teores de chumbo das precipitações sólidas atmosféricas superam, em algumas vezes, os limites legais estabelecidos para países da Europa Oriental [...]. **As populações**

5 Metais pesados – **Cd:** Cádmio; **Cr:** Cromo; **Cu:** Cobre; **Hg:** Mercúrio; **Ni:** Níquel; **Pb:** Chumbo; **Zn:** Zinco.

⁶ O *Chumbo* é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde como um dos elementos químicos mais perigosos para a saúde humana [...]. Em muitos países, o *Chumbo* é o único metal cuja presença no ar é controlada por legislação (VANZ *et al.*, 2003: 25).

das áreas urbanizadas das vilas dos pescadores artesanais são as que apresentam maior risco em relação a uma possível contaminação por chumbo (VANZ *et al.*, 2003: 28-29; grifos nosso).

Por outro lado, os metais pesados presentes nos efluentes líquidos das indústrias tendem a se depositar nos sedimentos estuarinos e serem assimilados pela vegetação de marismas e pela macrofauna bentônica (invertebrados e peixes⁷ associados ao substrato):

[...] os resultados indicam um processo de **contaminação** [dos sedimentos] **por metais pesados no Saco da Mangueira**, uma vez que esse sistema possui diversos pontos de **emissão de efluentes industriais**, cloacais e pluviais [...]. O ponto analisado com **maior concentração de metais nas plantas** foi no bordo do **Saco da Mangueira adjacente ao centro industrial de Rio Grande**, onde foram detectados os teores máximos de Cu, Ni Cr, Hg e Zn nas raízes; esse fato reitera a importância das fontes industriais na contaminação por metais nesse sistema (MOREIRA, 2012: 28; 36; grifos nossos).

O aporte contínuo destes metais pesados (como o *Mercúrio* – Hg), a partir dos efluentes industriais, provoca a sua bioacumulação progressiva, incrementando continuamente sua concentração relativa até os níveis superiores das tramas tróficas, incluindo as populações humanas, quando manifestam sua elevada toxicidade:

[...] **cada forma do Hg apresenta uma dada toxicidade**, sendo que o **metilmercúrio é uma substância neurotóxica e teratogênica, capaz de causar danos irreversíveis** (RODRIGUES *et al.*, 2003: 01).

Associado à deposição nos sedimentos estuarinos, o *Mercúrio* também tem sido registrado em altas concentrações nos solos urbanos da região, historicamente recobertos por tais sedimentos estuarinos, dragados e ali depositados para drenagem e ampliação de áreas emersas, desde o início do período colonial:

[...] podemos apontar um conjunto de possíveis fontes poluidoras da enseada, como reportou MIRLEAN *et al.* (2003)⁸, que [...] avaliou a **contribuição de efluentes antropogênicos na poluição por Mercúrio neste sedimento**, dividindo-os em quatro grupos: **industrial, runoff de chuva, doméstico**, e uma **mistura dos últimos dois**. Ficou evidenciado que o grupo de efluentes domésticos é uma fonte de poluição mais intensa de Mercúrio que os efluentes industriais, existindo uma **alta probabilidade que as razões exatas para este enriquecimento por Hg nos efluentes domésticos não poderia ser determinada, devido à variedade**

⁷ Sobre a bioacumulação e malformações decorrentes da poluição industrial nos peixes da região estuarina e litorânea adjacente, ver: Cunha (1990, 1994), Cunha *et al* (2002) e Silveira (2002).

⁸ Sobre isto, também são imprescindíveis as análises e interpretações proporcionadas por Mirlean e Baisch (2006).

de atividades artesanais humanas clandestinas na cidade de Rio Grande (COSTA, 2007: 104).

Sobre estas potenciais fontes de contaminação “urbana” ou “doméstica” dos solos urbanos por *Mercúrio*, se faz necessário revisitar o papel da protoindustrialização regional, como aquele provocado pelas oficinas artesanais de produção de chapéus de feltro, a partir de peles de roedores aquáticos (ratoão-do-banhado, capivara), e/ou de pasta de lã, instaladas nas áreas urbanas:

[...] ao compararmos a **poluição por mercúrio em Rio Grande** com poluições urbanas conhecidas, foram relatadas, entre outras [...], uma técnica medieval de **produção de feltro para chapéus** [que] **empregava uma solução quente de nitrato de mercúrio** (*carroting*) no tratamento das peles utilizadas como matéria-prima [...], durante os **séculos XVIII e XIX** (FRAGOMENI *et al.*, 2010: 1633; grifos nossos).

A historiografia registra a antiguidade e rentabilidade desta atividade de produção de chapéus de feltro em Portugal, bem como detalha seus processos físico-químicos e os riscos à saúde dos respectivos trabalhadores:

[...] o **fabrico do chapéu de pelo** em Portugal, **surgiu em 1759**, na Quinta da Garamela [...]: a operação consistia em mergulhar o saco de feltro em tanques com **água a ferver, acidulada com ácido sulfúrico** [...], onde os operadores se encontravam à volta de um **tanque a mergulhá-lo em líquido, composto de químicos com o uso do mercúrio** [...], que contribui para o **aceleramento do processo de feltragem** (CRUZ, 2015: 71-73).

Em face da grande repercussão socioeconômica desta atividade, e da convergência entre os processos e insumos fabris utilizados em Portugal, com aqueles resultados dos estudos da contaminação geoquímica dos solos urbanos de Rio Grande (supracitados), considera-se plausível e provável a hipótese sugerida, da intensa disseminação desta atividade no Estuário da Lagoa dos Patos, desde o período colonial, seguindo as mesmas técnicas conhecidas na matriz europeia. Confirmada tal hipótese, seria identificado um dos processos pretéritos de grande contribuição na contaminação dos solos urbanos, a partir de fontes protoindustriais.

6. AS MALFORMAÇÕES CONGÊNITAS E A POLUIÇÃO INDUSTRIAL

Além dos impactos negativos e recorrentes da poluição industrial sobre a saúde e vida humana nesta região estuarina, também foram constatados diversos casos de malformações congênitas em crianças, dentre as quais se destacam episódios muito similares àqueles registrados na *Baía de Minamata* (Japão):

[...] embora um grande número de estudos tenha sido desenvolvido, supondo um rol de **agentes químicos causadores dos defeitos congênitos**, poucos foram capazes de identificar o efeito específico

desses agentes. *Um exemplo histórico pode ser mencionado, o da Baía de Minamata, no Japão. A contaminação dos peixes pelo Mercúrio e seu conseqüente consumo levou ao aparecimento de crianças portadoras de malformações do sistema nervoso central* (Axelsson, Molin, 1988; *apud* LEITE, SCHÜLER-FACCINI, 2001: 140-141; grifos nossos).

Estas margens do *Saco da Mangueira* e outras nas bordas estuarinas foram (e continuam sendo) a área de residência e/ou atuação laboral de milhares de famílias, nas quais foram geradas muitas crianças portadoras de malformações congênitas e/ou problemas neurológicos muito graves, dos quais se destacam os casos de *Anencefalia*:

[...] o **secretário de Saúde e Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, Germano Bonow**, em nota divulgada ontem cedo, praticamente **confirmou as denúncias** feitas pela imprensa, no fim de semana, **de que nasceram pelo menos seis crianças sem cérebros na cidade de Rio Grande**, 160 quilômetros ao sul de Porto Alegre. Na nota, o Secretário de Saúde **afirma que convidou várias instituições científicas para um estudo detalhado sobre os casos de más-formações congênitas, conhecidas por anencefalia** (FSP, 21/Julho/1981: 10; grifos nossos).

Diversas outras fontes *não oficiais* remetem à eventos similares, sempre “negados” pelas autoridades do Estado:

[...] **Rio Grande registrou 5 casos de Anencefalia**, no ano de **1983**, em 2.000 partos realizados [...]. Rio Grande apresenta uma média de **3,33 crianças para cada 100.000 habitantes**, enquanto a capital fica bem abaixo (1,2 para cada 100.000) [...]. A partir de 1986, **os casos de Anencefalia foram guardados a sete chaves pelo governo do Estado** [...]: as estatísticas sobre *Anencefalia*, em Rio Grande, até 1985, são apavorantes. **Depois, foi tudo abafado pelos órgãos de governo** (NELSON JÚNIOR, sd; grifos nossos).

7. A NEGAÇÃO, INVISIBILIZAÇÃO E/OU NATURALIZAÇÃO DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL

De modo consistente com a perspectiva de conservação da autoimagem, nos discursos e práticas políticas e empresariais, os impactos da poluição industrial tendem a ser negados, minimizados e mesmo “apagados” da história oficial. Este comportamento poderia estar associado com a tendência predominante das sociedades humanas em buscar preservar para a posteridade, somente os aspectos “positivos” dos seus empreendimentos nos respectivos *documentos/monumentos*⁹, e de negar para as gerações

9 ... segundo Jacques Le Goff [1994], a *memória* está nos próprios alicerces da História, confundindo-se com o *documento*, com o *monumento* e com a *oralidade* [...]; **o próprio esquecimento é também um aspecto relevante para a compreensão da memória de grupos e comunidades**, pois **muitas vezes é voluntário**, indicando a vontade do grupo de **ocultar determinados fatos** (SILVA, SILVA, 2006: 275-276, grifos nossos).

futuras o acesso aos problemas vividos, como um trauma coletivo, que se prefere esquecer ou remeter para o “arquivo-morto” da história.

Divergindo de tal perspectiva, entendemos como necessário e imprescindível que se promova a revisão e discussão acerca de tais fatos, para tentar compreender as razões causais dos mesmos, como primeira etapa na reescrita e superação das histórias de vida atravessadas por tais tragédias:

[...] lembro-me quando estava realizando as entrevistas no bairro **Vila da Naba**, de uma senhora próxima à porta de sua casa, que me convidou para entrar [...]. Ela questionou-me sobre o que tratava. **Quando eu disse que era sobre a poluição do ar, ela começou a chorar.** E então relatou: - Estou chorando por causa disto. Não vou responder nada. Só vou lhe dizer uma coisa, menina: **a poluição matou meu neto.** O médico disse que **ele nasceu sem cérebro por causa dela. Tá nascendo muita criança aqui, assim. E ninguém faz nada. Meu neto durou 4 semanas.** – Antes de me despedir, ela questionou: - **Você sabe quem responde por isso?** (NÓBREGA, 2006: 17; grifos nossos).

8. A COMPLEXIDADE SISTÊMICA DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS

A *Arqueologia Industrial* e sua *Arqueometria*, na abordagem transdisciplinar proposta sobre os impactos da poluição industrial nesta região, advogam que o sistema hidrobiogeoquímico contemporâneo se encontra intensamente contaminado por diversos metais pesados, hidrocarbonetos e outros compostos tóxicos, determinantes e corresponsáveis por uma série de potenciais e graves correlações com o comprometimento da saúde e vida humana na região, como a incidência de malformações congênitas e diversas outras graves enfermidades.

Este cenário é, muito provavelmente, resultante da sinergia de longo prazo, entre a lenta e contínua percolação de efluentes contaminados de um grande conjunto de pequenas oficinas artesanais nos solos urbanos (no período protoindustrial), com aquele fluxo de maior volume e complexidade dos efluentes das grandes indústrias, como as grandes tecelagens e a refinaria de petróleo (e toda a rede de atividades associadas aos hidrocarbonetos), entre o final do século XIX e a metade do século XX, e – mais recentemente (a partir do início da década de 1970) - com a profusão das fábricas de fertilizantes sintéticos (com seu pó de rocha fosfática, e intenso uso de ácidos e álcalis corrosivos) e o polo naval (caracterizado pelo grande volume de tintas anti-incrustantes, e nódulos polimetálicos, para proteção dos cascos das embarcações), desde as respectivas instalações até as margens estuarinas.

Além da disposição contínua de um grande complexo de efluentes industriais na atmosfera e nas águas estuarinas, as comunidades (humanas e não humanas) regionais também são frequentemente atingidas pelos impactos socioambientais de periódicas dragagens portuárias, as quais remobilizam os contaminantes adsorvidos aos sedimentos, tornando-os novamente biodisponíveis na coluna d'água, a partir da qual (re)contaminam toda a trama trófica regional, além das conseqüentes marés de lama, que atingem as praias oceânicas adjacentes às bordas estuarinas, envenenando e suprimindo, temporariamente, a fauna bentônica destas ambientes arenosos.

Por outro lado, a intensidade do regime eólico regional, com sua alternância cíclica de períodos de fortes e contínuos ventos dos quadrantes de nordeste e sudoeste, tende a minimizar, temporariamente, a percepção coletiva da intensidade e gravidade da poluição atmosférica. O parque industrial regional, muito diversificado e de grande produtividade, lança continuamente um complexo conjunto de contaminantes, dos quais se destacam os hidrocarbonetos¹⁰, óxidos nitrosos e sulfurosos, além de imenso volume de rocha fosfática particulada. Este coquetel de compostos químicos, minimamente filtrado, associado à intensa umidade relativa da atmosfera regional, desencadeia uma diversificada gama de problemas respiratórios, cardíacos, e mesmo processos carcinômicos, de grande incidência na população.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este contexto, apesar dos discursos politicamente corretos de (re)orientação das atividades industriais predominantes segundo os preceitos da sustentabilidade ambiental (inconsistentes com sua *práxis*), tende a incrementar os riscos à saúde e vida (humana e não humana), em função do crescimento contínuo do parque industrial regional, pela ampliação das estruturas já existentes e operantes, e pela instalação de novos empreendimentos, desconsiderando-se, minimamente, a capacidade de suporte dos ecossistemas e comunidades em relação ao complexo conjunto de contaminantes dos efluentes industriais, e os efeitos cumulativos e sinérgicos dos mesmos.

As recentes políticas públicas de desregulamentação crescente das atividades socioeconômicas tem favorecido a lógica da externalidade empresarial, imperante no *modus operandi* do capital industrial, que assim se exime da responsabilidade e dos custos dos controles sobre tais efluentes, impondo às coletividades o ônus sobre a qualidade de vida das mesmas.

Entre as estratégias mais nefastas à saúde pública, decorrentes desta desregulamentação da atividade econômica, se encontram os mecanismos da *auto declaração* e *auto monitoramento da atividade poluidora*, gestados e impostos ao protocolar processo de licenciamento ambiental em curso, para garantia da ampliação da liberdade de ação e rentabilidade do capital industrial.

A constituição federal do país (ainda) assegura o pleno direito à vida e atribui à todo cidadão e à coletividade a responsabilidade para que sejam asseguradas, preservadas e acessíveis a todas as pessoas o exercício de tal inalienável direito. Neste sentido, a defesa da qualidade ambiental (pelo fato de que esta é indissociável da vida, como um todo, e – especialmente - da existência humana) é, simultaneamente, um direito e dever de todos nós.

No contexto da presente discussão coletiva sobre as questões imbricadas entre o *Saneamento, Ambiente e Saúde*, entendemos como pertinente e necessário rememorarmos algumas das implicações e ameaças à saúde e vida humanas, decorrentes da poluição industrial, porque a mesma se constitui em uma das muitas expressões da *falta de saneamento* e de desrespeito à dignidade e vida humana.

¹⁰ [...] existem HCs [hidrocarbonetos] que são perigosos por serem irritantes, por agirem sobre a medula óssea, provocando anemia e leucopenia, isto é, diminuindo o número de glóbulos vermelhos e brancos, e, sobretudo, por provocarem câncer. Os mais ativos são os HPAs [hidrocarbonetos policíclico aromáticos] e suas potencialidades neoplásicas ou carcinogênicas - a capacidade de induzirem câncer - foram e são intensamente investigadas. Na indústria petroquímica, existe o risco das leucemias ... (SANTOS *et al.*, 2019: 15; grifos nossos).

Esta *falta de saneamento*, majoritariamente de responsabilidade do capital industrial - enquanto agente social promotor das atividades geradoras dos efluentes e seus contaminantes -, também é decorrente da omissão e negligência do setor público, o qual se abstém de regular e controlar, ativa e eficazmente, a poluição industrial.

REFERÊNCIAS

- [1] AXELSSON, G; MOLIN Y. Outcome of pregnancy among woman living near petrochemical industries in Sweden. *Int. J. Epidemiol.*, 17: 363-369, 1988.
- [2] BACKES, Marli Terezinha Stein. **O baixo peso ao nascer em recém-nascidos de mães residentes nas comunidades próximas ao parque industrial do município de Rio Grande, RS: um estudo de casos e controles**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Enfermagem). Rio Grande, RS: FURG – Universidade Federal do Rio Grande, março/2004 (163 p). [Orientadora: Maria Cristina Flores Soares; co-orientador: Raúl Mendonza Sassi]. Disponível em: <<https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/3650/marlibackes.pdf;jsessionid=16A6CBF17ED483061AC6E9F0401F3407?sequence=1>>
- [3] CAMPOS, Jefferson de Matos. *Poluição Industrial e Saúde Humana: limitações e potencialidade do uso de bancos de dados públicos em pesquisas empíricas*. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Informação, Comunicação e Saúde). Rio de Janeiro, RJ: ICICT – Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, 2019 (137 p). [Orientador: Carlos José Saldanha Machado; co-orientadora: Cristina Araripe Ferreira]. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/39946>
- [4] COSTA, Nadja Berenice Dias **Mercúrio em materiais de aterros e sedimentos na parte urbanizada da beira do saco da mangueira (Rio Grande, RS)**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica). Rio Grande, RS: FURG – Universidade Federal do Rio Grande, Agosto/2007 (133 p) [Orientador: Nicolai Mirlean; co-orientador: Paulo R. Baisch]. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/FURG_92801a8bf1e435356465b6b8b9e6ac40
- [5] CUNHA, Luiz Paulo Rodrigues. Efeitos da poluição em peixes. *Doutrina Ambiental - Revista do Ministério Público* (Porto Alegre), 32: 218-229, 1994. Disponível em: https://www.amprs.com.br/arquivos/revista_artigo/arquivo_1283281680.pdf
- [6] CUNHA, Luiz Paulo Rodrigues. **Anomalías esqueléticas en peces del estuário de la Lagoa dos Patos y zona costera adjacente**. In: Resúmenes del Séptimo Simpósio Científico de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (Montevideu, Uruguay: 1990). Disponível em: https://pmb.parlamento.gub.uy/pmb/opac_css/index.php?lvl=publisher_see&id=170
- [7] CUNHA, L.P.R.; SILVEIRA, A.C.; SILVA, C.M. **Enfermidades em peixes associadas à poluição aquática: análise de casos observados no estuário do Rio Tramandaí (RS) e praias adjacentes**. In: Resumos do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia (Itajaí, SC: 2002). Disponível em: <https://basearch.coc.fiocruz.br/index.php/certificado-de-participacao-no-xxiv-congresso-de-zoologia>
- [8] CRUZ, Stéphanie Gomes. **Os usos e a produção do chapéu em Portugal: uma experiência de mediação patrimonial no Museu da Chapelaria**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em História e Patrimônio). Porto (Portugal): Faculdade de Letras, Universidade do Porto, Setembro/2015 (218 p) [Orientadora: Amélia Maria Polónia da Silva]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/81406/2/37151.pdf>
- [9] FERREIRA, Washington. A “Invisibilidade” dos Impactos Socioambientais da Poluição Industrial no “Mar de Dentro” (Estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil) na Produção da Pós-Graduação em Oceanografia da FURG (Capítulo 07; pp: 289-332). In: MOURA, Gustavo Goulart Moreira (Org.). **Avanços em Oceanografia Humana: o socioambientalismo nas ciências do mar**. Coleção Escritos Acadêmicos, Série Estudos Reunidos, V. 30. Jundiaí, SP: Paco Editorial, 2017 (344 p). [ISBN: 978-85-462-0806-7].
- [10] FRAGOMENI, Luiz Paulo de Moura; ROISENBERG, Ari; MIRLEAN, Nicolai. Poluição por mercúrio em aterros urbanos do período colonial no extremo sul do Brasil. *Química Nova*, 33 (08): 1631-1635, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/RDCjLBdxCjbZtL3SK6TNCTq/?format=pdf&lang=pt>

- [11] FSP. *Bebê sem cérebro é mistério no Rio Grande do Sul*. Jornal “Folha de São Paulo” (São Paulo, SP) [Sucursal de Porto Alegre, RS], 21/Julho/1981. Disponível em: <https://acervo.folha.com.br/>
- [12] LE GOFF, Jacques. *História e Memória*. Campinas, SP: Ed. UNICAMP, 1994.
- [13] LEITE, Júlio César Loguercio; SCHÜLER-FACCIN, Lavínia. Defeitos congênitos em uma região de mineração de carvão. *Rev. Saúde Pública*, 35 (02): 136-141, Abril/2001. Disponível em: <http://www.drashirleydecampos.com.br/noticias.php?noticiaid=10993&assunto=Problemas%20Ocupacionais>
- [14] MAXIMINO, Eliete Pythagoras Britto. O Meio Ambiente Portuário e a Arqueologia Histórica Industrial: o caso do Porto de Santos. *eGesta*, 03 (04) 01-18, out-dez/2007. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/nanduty/user/setLocale/es_ES?source=%2Findex.php%2Fnanduty%2Farticle%2Fview%2F15552
- [15] MIRLEAN, N.; ANDRUS, V.E.; BAISH, P. Mercury pollution sources in sediments of Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 331-334, 2003. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(dt0vxmy1blcxw245otj11h3a\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3319516](https://www.scirp.org/(S(dt0vxmy1blcxw245otj11h3a))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3319516)
- [16] MIRLEAN, Nicolai; BAISCH, Paulo Roberto. *Distribuição dos metais pesados no sedimento da enseada estuarina Saco da Mangueira* (Cap. 21; pp: 148-152). In: TAGLIANI, Paulo Roberto Armanini; ASMUS, Milton Lafourcade (Eds). *Manejo Integrado do Estuário da Lagoa dos Patos – Programa COSTA SUL: Resultados, Desafios e Perspectivas*. Rio Grande, RS: FURG – Universidade Federal do Rio Grande, 2006 (196 p). Disponível em: <https://peld.furg.br/2011-08-05-19-20-58/capitulos-de-livros>
- [17] MOREIRA, Laura Lemons. *Caracterização da contaminação metálica e adequação da *Spartina alterniflora* como espécie bioindicadora de contaminação no Estuário da Lagoa dos Patos*: base para a gestão ambiental do estuário. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro). Rio Grande, RS: FURG – Universidade Federal do Rio Grande, março/2012 (76 p) [Orientador: Paulo Roberto Martins Baisch]. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_db16221cd43d0d68b262aa240b9e0f71
- [18] NELSON JÚNIOR. *A Poluição Industrial em Rio Grande*. Portal Eletrônico de Notícias “Beira-Mar”, sd (07 p). Disponível em: <http://www.beiramarrg.com.br/newpho2/veralbum2destak2.php?diretorio=75a72c8829> (acesso em: 06/Dezembro/2015).
- [19] NÓBREGA, Michelle Rodrigues. *Educação Ambiental e Cidadania: o exemplo da poluição do ar em Rio Grande*. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental). Rio Grande, RS: FURG – Universidade Federal do Rio Grande, 2006 (189 p) [Orientador: Paulo Roberto Armanini Tagliani]. Disponível em: <https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000010377.pdf>
- [20] NOGUEZ, Patrícia Tuerlinkx; MUCCILLO-BAISCH, Ana Luiza; CEZAR-VAZ, Marta Regina; SOARES, Maria Cristina Flores. Aborto espontâneo em mulheres residentes nas proximidades do parque industrial do município do Rio Grande, RS. *Texto Contexto Enferm*. (Florianópolis), 17 (03): 435-446 Julho-Setembro/2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/5z5c8jfsw8cpSfT78qb43bC/?format=pdf&lang=pt>
- [21] SANTOS, Haroldo Lima; FIALHO, Marcelito Lopes; REIS, Karina Pregnotato; FRANCO, Márcia Villar; OLIVEIRA, Ricardo Bezerra. Relação entre poluentes atmosféricos e suas consequências para a saúde. *Revista Interciência* (Guarujá, SP), 17: 24 p, março/2019. Disponível em: <https://uniesp.edu.br/sites/biblioteca/revistas/20190312105045.pdf>
- [22] SILVA, Rogério Piva; OLIVEIRA, Cassius Rocha. A percepção da poluição na cidade do Rio Grande, RS. *Sinergia* (Rio Grande), 15 (02): 21-31, 2011. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/sinergia/article/download/2280/2271/10536>
- [23] SILVEIRA, Ana Cristina. *Enfermidades em peixes associadas à poluição aquática: análise de casos observados no estuário do Rio Tramandaí (RS) e praias adjacentes*. Monografia de Graduação (Bacharelado em Biologia). São Leopoldo, RS: UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2002. [Orientador: Luiz Paulo Rodrigues Cunha]. Disponível em: <https://www.escavador.com/sobre/11036405/ana-cristina-da-silveira>

[24] TORRES, Luiz Henrique. **Rio Grande: memória e história**. Rio Grande, RS: FURG – Universidade Federal do Rio Grande, 2000 (145 p). Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/508129019/Historia-Do-Municipio-Do-Rio-Grande-Fundamentos-Luiz-Henrique-Torres>

[25] VANZ, Argeu; MIRLEAN, Nicolai; BAISCH, Paulo. Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: uma abordagem geoquímica. **Quim. Nova**, 26 (01): 25-29, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/bdGybBy6kHZ7Gifm4kCTnQs/>

Capítulo 8

Perfil socioeconômico de uma “favela” do Rio de Janeiro: uma contribuição para o objetivo de desenvolvimento sustentável 6 no Brasil

Danielle de Almeida Carvalho

Rosália Maria Borges de Oliveira

Sérgio Rabello Alves

Resumo: O objetivo deste estudo é descrever o perfil socioeconômico do território de Manguinhos, uma favela do Rio de Janeiro, através da análise espacial de indicadores do IBGE. Conhecer o perfil de um espaço de assentamento urbano precário fornece subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes nessas regiões e contribui para o avanço na implementação do objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) 6 no Brasil. A Favela pode ser considerada a solução habitacional urbana mais antiga no Brasil. Para a realização deste estudo foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, uma pesquisa descritiva dos dados secundários obtidos do Censo Demográfico de 2010 do IBGE e a construção de mapas temáticos utilizando o software QGis 3.2.1. Os mapas mostraram que os moradores de Manguinhos sofrem com a falta de investimentos em saneamento básico, educação e acesso a moradias adequadas. Esse perfil está associado, normalmente, ao risco diferenciado que essa população tem de adoecer ou morrer por diferentes agravos à saúde. Desta forma, esse estudo é uma ferramenta útil para o fomento de ações que possam ser eficazes para o desenvolvimento e a aplicação de indicadores que contribuam para a ODS 6 no Brasil, visto que as regiões de favelas são locais de alerta, com uma população vulnerável e muitas vezes invisível ao poder público.

Palavras-chave: Análise Espacial. Desigualdade. Gestão Pública. Território. Vulnerabilidade. Manguinhos.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é descrever o perfil socioeconômico do território de Manguinhos, uma favela do Rio de Janeiro, através da análise espacial de indicadores do IBGE (2011). Conhecer o perfil de um espaço de assentamento urbano precário fornece subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes nessas regiões e contribui para o avanço na implementação do objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) 6, no Brasil.

A Favela pode ser considerada a solução habitacional urbana mais antiga no Brasil, com seu surgimento datando do final do século XIX (Saraiva e Marques, 2007). A favela surge como uma tentativa das classes dominantes do Brasil Colonial de reestruturar a capital do país, com o objetivo de se aproximar de uma Cidade Europeia (Zaluar e Alvito, 2006).

Por possuir uma vegetação predominante típica da caatinga, chamada “favela”, a primeira ocupação nas encostas do Morro de Santo Antônio e no Morro da Providência, promovida por ex-combatentes da Guerra de Canudos, ficou conhecida como Morro da Favela, o que deu origem a denominação (Silva, 2010).

Desde o seu surgimento, as favelas tinham como principal característica ser um espaço provisório de moradia. Isso contribuiu para que esses espaços não tivessem nenhum destaque nos censos de 1920 e 1940. Quase 50 anos após o surgimento da primeira favela, foi tomada a decisão de fazer um censo específico para esse tipo de território e seus moradores, no censo de 1950 (Valadares, 2000).

Hoje, essa visão de “espaço provisório” não cabe mais. Depois de mais de 100 anos de existência e de lutas, as favelas ainda resistem. Podemos afirmar que o provisório se tornou permanente. Com isso, é necessária uma nova visão, prioritária, dos Governos Municipais, Estaduais e Federais em relação à qualidade de vida dessa parte da população brasileira que vive sob risco de morte permanente (Valadares, 2000).

A legislação mudou desde o final da década de 1970, muitas construções que eram de madeira passaram a ser de alvenaria. A luz elétrica e outros serviços (ainda que precários), como água, esgoto e coleta de lixo urbano chegaram às favelas. Assim, apesar de muitas pessoas acharem o contrário, a favela hoje não está mais à margem da sociedade, ela se insere e faz parte dela (Zaluar e Alvito, 2006).

Entretanto, essa precariedade de serviços faz com que a população que mora nas favelas esteja mais exposta a vários tipos de riscos, como risco sanitário de transmissão de doenças; risco de morrer de doença tratável sem diagnóstico; risco de morte precoce violenta; risco de evasão escolar aumentando o ciclo da exclusão social, intolerância e preconceito; risco de analfabetismo funcional e da ignorância; risco maior de desemprego, principalmente por preconceito do local onde a pessoa mora aumentando o risco de perpetuação e herança da miséria, muitas vezes extrema; risco de bala perdida e de ser “confundido” com bandido (Zaluar e Barcellos, 2013; Carta Capital, 2012).

As favelas, incluindo as do Rio de Janeiro, possuem uma história social de precariedade, onde seus habitantes se encontram/vivem em condições socioeconômicas menos favoráveis e, portanto, a possibilidade de desenvolverem processos de saúde-doença é ampliada nesses espaços (Carvalho, Oliveira e Alves, 2020). Estudos mostram que o grau de pobreza reduz a capacidade de uma população de administrar os riscos pois diminui o acesso à educação e aos serviços básicos de saúde, aumentando a sua vulnerabilidade. Entretanto, condições psicossociais como autonomia, balanço entre

frustrações e realizações, hierarquia social, nível de estresse diário, reconhecimento e segurança são igualmente determinantes de suas condições de vida (Fleury-Teixeira, 2009; Albuquerque e Silva, 2014; Carvalho, 2020).

Os conceitos (e pré-conceitos) associados às favelas passam, desde o seu surgimento, por sua localização preferencial em morros, construções de madeira e alta densidade populacional (Costa e Nascimento, 2005). Assim, são vistas como espaços indesejáveis, focos de doenças, violência e criminalidade. Foram, e ainda são, objetos de intervenções e controles por parte do poder público e/ou instituições sociais (Freire, 2008).

A definição oficial do Instituto Pereira Passos - IPP (2010) define a favela como uma área onde a ocupação é predominantemente clandestina, com pessoas de baixa renda, uma infraestrutura urbana e de serviços públicos deficiente. As vias são estreitas, compostas por um alinhamento irregular e com moradias em desacordo com os padrões de construções licenciadas vigentes.

Assim, a favela é um espaço de contradições e de diferentes realidades, sendo definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) como uma das formas mais carentes, deficientes e excluídas dos assentamentos informais (Costa e Nascimento, 2005; ONU-Habitat, 2015).

Disparidades de acesso a serviços essenciais ocorrem desde a comparação entre diferentes regiões do país até a comparação entre diferentes regiões de uma cidade ou até mesmo de um bairro. Moradores de favelas e moradores de bairros nobres não possuem o mesmo acesso a serviços de saneamento básico, evidenciando que aquelas populações necessitam de um olhar mais significativo do poder público (Fornazier e Belik, 2015; Bruno *et al.*, 2016).

A implementação de políticas públicas com o objetivo de ampliar o saneamento ambiental nessas regiões de vulnerabilidade é um desafio. A Lei nº 11.445/2007 faz uma definição legal de saneamento básico como acesso ao abastecimento de água potável por rede pública, acesso ao esgotamento sanitário por rede ou fossa séptica, presença de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos eficiente e constante, e drenagem e manejo das águas pluviais de maneira eficiente (Brasil, 2007; Rotta e Franqui, 2019).

A ONU definiu, na sua Agenda 2030, 17 ODS. Dentre elas, a ODS 6 se refere essencialmente ao saneamento básico: gestão sustentável da água para distribuição humana e gestão do esgotamento sanitário (Vilarinho *et al.*, 2022).

No Brasil, estudos apontam para um déficit nos serviços essenciais de saneamento básico: acesso universal à água potável em qualidade e quantidade e acesso à coleta e tratamento do esgotamento sanitário (Souza e Silveira, 2016).

A pobreza não é apenas uma questão de privação monetária. A privação de serviços básicos como água potável, esgotamento sanitário, energia elétrica, saúde e educação são aspectos multidimensionais da pobreza (Marin e Ottonelli, 2008).

2. METODOLOGIA

Este estudo foi elaborado através do uso de dados obtidos através de uma pesquisa qualitativa em artigos científicos, vídeos e livros, disponíveis nas bases de dados Scielo (Scientific Electronic Library Online), Science Direct e catálogo de periódicos da Capes; pesquisa nos acervos bibliográficos do Catálogo Geral das Bibliotecas da Fiocruz e LILACS; buscas de artigos de jornal e revistas no Google; e reunião de documentos técnico-científicos e administrativos/institucionais sobre o Bairro de Manguinhos.

As palavras-chave: favela, Manguinhos, riscos, análise espacial, desigualdade, gestão pública, ODS e vulnerabilidade foram utilizadas nos filtros das bases de dados em todos os campos. Todos os documentos obtidos foram avaliados e foram selecionados através da leitura dos seus resumos. As obras de real interesse foram selecionadas, avaliadas em sua totalidade e utilizadas no desenvolvimento deste trabalho. Essa pesquisa foi uma fase crucial do trabalho pois permitiu toda a fundamentação teórica da análise espacial (Carvalho, 2020).

Essa pesquisa permitiu, juntamente com a pesquisa descritiva dos dados secundários e de acesso livre obtidos através das bases gráficas dos setores censitários, das variáveis selecionadas e obtidas através do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2011), a construção dos mapas temáticos do perfil socioeconômico do território estudado.

Inicialmente foram selecionadas no banco de dados do IBGE (2011) as planilhas que possuíam as informações necessárias neste estudo, sendo elas: Basico_RJ; Domicio01_RJ; Pessoa01_RJ; DomicílioRenda_RJ; Entorno02_RJ; Entorno04_RJ. Bases de acesso público.

O código do setor censitário foi utilizado para fazer a integração entre o mapa e o banco de dados das variáveis socioeconômicas e demográficas obtidas e os indicadores calculados. Os dados foram manipulados em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e foram integrados. A partir deles, foram construídos Mapas temáticos utilizando o software QGis 3.2.1, partindo dos indicadores do IBGE e/ou das respectivas taxas calculadas a partir destes.

O Quadro 1 mostra como cada mapa temático foi construído. A primeira coluna mostra o título do mapa, a segunda coluna mostra o nome da planilha da qual o dado foi tirado, e na terceira coluna estão descritos os cálculos utilizados, caso existam.

Quadro 1 – Metodologia de construção dos Mapas temáticos

Mapa Temático	Dados utilizados	Cálculos
Taxa de domicílios particulares permanentes	<ul style="list-style-type: none"> Domicílio particular permanente Total de domicílios 	Taxa = domicílio particular permanente dividido pelo total de domicílios em cada setor censitário
Taxa de domicílios particulares permanentes com moradia adequada	<ul style="list-style-type: none"> Domicílio particular permanente com moradia adequada Total de domicílios 	Taxa = domicílio particular permanente com moradia adequada dividido pelo total de domicílios em cada setor censitário
Taxa de domicílios com abastecimento de água por rede pública	<ul style="list-style-type: none"> Domicílio com abastecimento de água por rede pública Total de domicílios 	Taxa = domicílio com abastecimento de água por rede pública dividido pelo total de domicílios em cada setor censitário
Taxa de domicílios ligados à rede urbana de esgoto	<ul style="list-style-type: none"> Domicílio ligado à rede urbana de esgoto Total de domicílios 	Taxa = domicílio ligado à rede urbana de esgoto dividido pelo total de domicílios em cada setor censitário
Taxa de domicílios com coleta regular de lixo	<ul style="list-style-type: none"> Domicílio com coleta regular de lixo Total de domicílios 	Taxa = domicílio com coleta regular de lixo dividido pelo total de domicílios em cada setor censitário
Taxa de pessoas acima de 5 anos alfabetizadas	<ul style="list-style-type: none"> Pessoas acima de 5 anos alfabetizadas Total de pessoas 	Taxa = pessoas acima de 5 anos alfabetizadas dividido pelo total de pessoas em cada setor censitário.
Rendimento nominal médio mensal da pessoa responsável pelo domicílio	<ul style="list-style-type: none"> Rendimento nominal médio mensal da pessoa responsável pelo domicílio 	Não se aplica
Densidade populacional	<ul style="list-style-type: none"> Número de moradores por domicílio Total de domicílios 	Densidade = número de moradores por domicílio dividido pelo total de domicílios em cada setor censitário
taxa de moradores em domicílios particulares permanentes com moradia adequada	<ul style="list-style-type: none"> Domicílio particular permanentes com moradia adequada Total de moradores 	Taxa = moradores em domicílio particular permanente com moradia adequada dividido pelo total de moradores em cada setor censitário

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para fazer um desenho gráfico espacial do perfil socio econômico do território de Manguinhos (RJ), foram construídos mapas temáticos. Esse perfil está associado, normalmente, ao risco diferenciado que determinada população tem de adoecer ou morrer por diferentes agravos à saúde (Carvalho *et al.*, 1997).

Dados como a identificação das estruturas dos domicílios, do acesso ao saneamento adequado, do nível de escolaridade, do nível de renda e da densidade demográfica permitem auxiliar a identificação dos grupos populacionais presentes no território, podendo ser uma questão-chave na prevenção dos agravos à saúde, permitindo melhorias nas medidas ambientais, educacionais ou assistenciais, e um melhor uso do dinheiro público, com a diminuição dos gastos assistenciais com tais agravos (Carvalho *et al.*, 1997).

Esses dados também podem servir de base para se avançar na implementação da ODS 6 no Brasil, considerando que as regiões de vulnerabilidade social são um desafio para que o país consiga atingir a meta proposta até 2030. Este estudo gerou informações

relevantes, que podem ser utilizadas para incentivar novos estudos que aprimorem a gestão e a regulação do saneamento básico no Brasil e em outros países latinos em desenvolvimento (Vilarinho *et al.*, 2022).

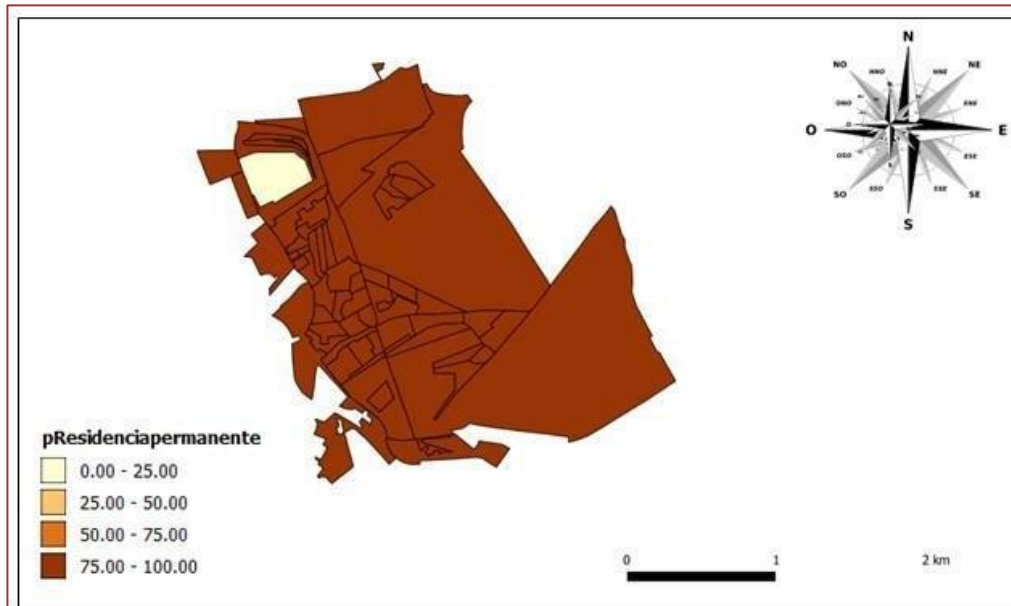
Para isso, os indicadores foram separados em 5 blocos, cada bloco com dados de importância atribuídos às variáveis do perfil socio econômico da população em estudo: estrutura e inserção do domicílio, saneamento, escolaridade, renda e demografia (Carvalho *et al.*, 1997).

3.1. ESTRUTURA E INSERÇÃO DO DOMICÍLIO

A Figura 1 apresenta a distribuição dos domicílios particulares permanentes no território de Manguinhos e seu entorno, mostrando que toda a área, com exceção da área do Abrigo Cristo Redentor (ACR), tem mais de 75% do seu território ocupado por este tipo de domicílio. O ACR é um local de passagem, pois é uma entidade filantrópica, sem fins lucrativos e de utilidade pública reconhecida pelo governo público, que abriga pessoas carentes ou não, com idade igual ou maior de 60 anos.

Assim, grande parte da população que reside no território de Manguinhos e seu entorno é permanente. Essa população necessita de políticas públicas novas, eficazes e de uma reformulação nas políticas públicas já existentes.

Figura 1 – Taxa de domicílios particulares permanentes, Manguinhos e seu entorno (RJ)



Fonte: elaborado pela autora, 2019.

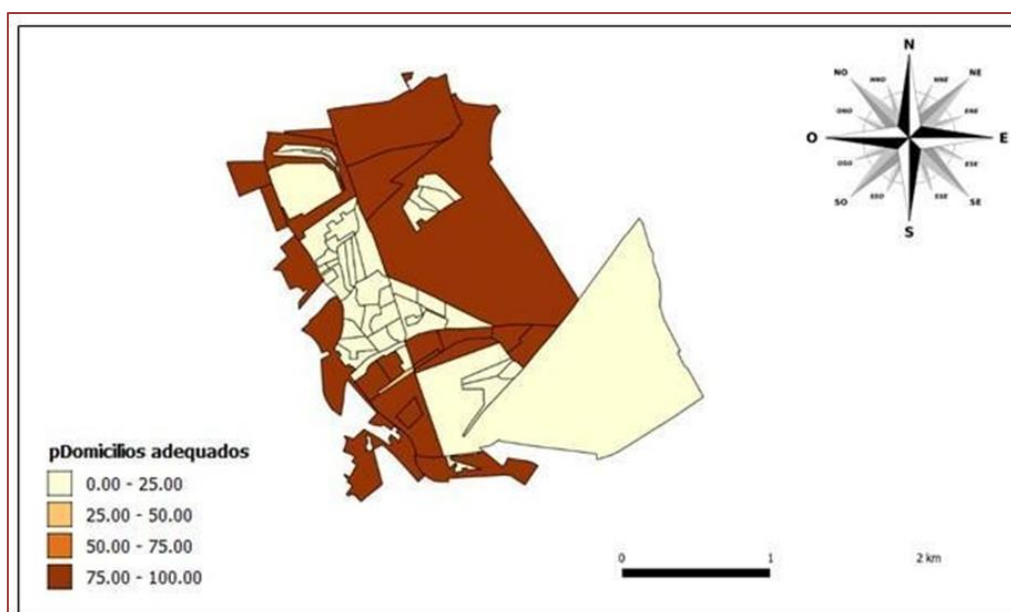
A Figura 2 apresenta a distribuição dos domicílios particulares permanentes com moradia adequada no território de Manguinhos e seu entorno. Através da análise da figura é possível verificar que o território de Manguinhos possui moradias inadequadas em mais de 75% dos domicílios permanentes, segundo os dados do IBGE (2011).

Para o IBGE (2011), uma moradia é considerada adequada quando atende simultaneamente aos seguintes critérios: densidade de até 2 moradores por domicílio, abastecimento de água por rede geral, coleta de lixo direta ou indireta por serviço de limpeza, e esgotamento sanitário por rede de coleta ou fossa séptica.

No documento Déficit habitacional no Brasil (2015) publicado pelo Ministério das Cidades (FJP, 2018), uma moradia é considerada inadequada quando não proporciona aos seus habitantes condições desejáveis de habitação. Assim, uma moradia inadequada tem carência de infraestrutura, ausência de unidade sanitária domiciliar exclusiva ou em alto grau de depreciação, um adensamento excessivo de moradores, problemas na sua fundação e cobertura inadequada.

São considerados carentes de infraestrutura os domicílios que não dispõem de ao menos um dos serviços básicos: iluminação elétrica, rede geral de esgotamento sanitário ou fossa séptica, rede geral de abastecimento de água com canalização interna ou coleta de resíduo sólido urbano (FJP, 2018).

Figura 2 – Taxa de domicílios particulares permanentes com moradia adequada, Manguinhos e seu entorno (RJ)



Fonte: elaborado pela autora, 2019.

3.2. SANEAMENTO

Para a construção dos resultados do bloco temático saneamento foram utilizados os indicadores: taxa de domicílios com abastecimento de água por rede pública, taxa de domicílios ligados à rede urbana de esgoto e taxa de domicílios com coleta regular de lixo. Esses indicadores são tradicionalmente utilizados para determinar se uma população possui acesso ou não ao saneamento básico.

A Lei 11.445/07 define saneamento básico como o acesso ao abastecimento de água potável através da rede pública, ligação da residência à rede urbana de esgotamento

sanitário, limpeza urbana, coleta regular de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

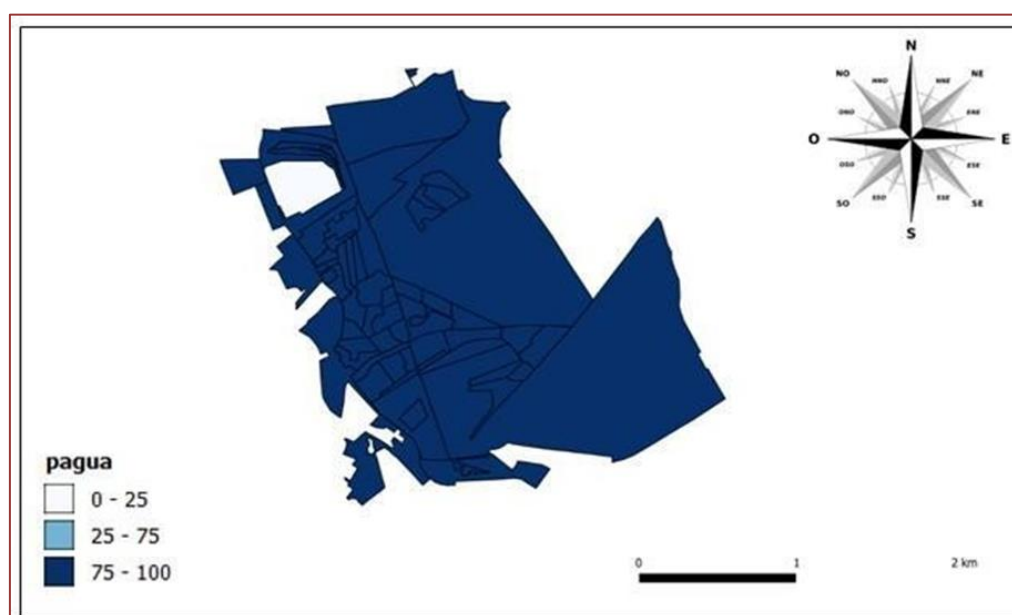
Investimentos em saneamento básico garantem melhor qualidade para aquela população e ajuda a melhorar a qualidade do meio ambiente (Santos, 2020).

Os dados de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas não foram contemplados no Censo do IBGE (2011) e, por isso, não foram utilizados como fonte de dados secundários para a construção dos mapas temáticos desta seção.

A Figura 3 mostra a taxa de domicílios com água por rede pública de abastecimento no território de Manguinhos e seu entorno. O Brasil contabiliza cerca de 85,8% das casas possuindo como principal fonte de abastecimento de água a rede geral de distribuição. Manguinhos também possui quase todo o seu território abastecido por água da rede geral de distribuição (IBGE, 2018).

Alguns autores, como Florençano e Coelho (2014), relacionam os indicadores de abastecimento de água com a economia de um município, estado ou país. O maior acesso à água limpa pode proporcionar benefícios gerais à saúde, diminuindo os custos com internações hospitalares, exames e medicamentos, além de aumentar indiretamente a produtividade.

Figura 3 – Taxa de domicílios com abastecimento de água por rede pública, Manguinhos e seu entorno (RJ)



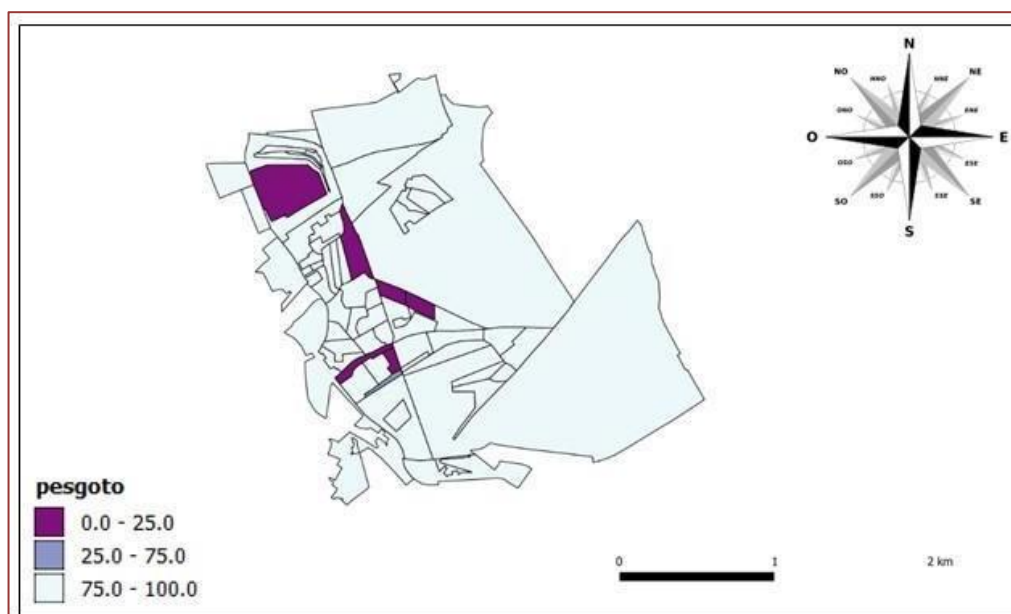
Fonte: elaborado pela autora, 2019.

Embora as taxas de distribuição de água tratada para a população sejam elevadas, os moradores das comunidades relatam que sofrem diariamente com as dificuldades em relação à qualidade e à quantidade dessas águas recebidas (Florençano e Coelho, 2014).

Ter a residência ligada à rede geral de distribuição de abastecimento de água não garante que o acesso à água atenda de forma satisfatória a essa população, seja em quantidade ou em qualidade.

A Figura 4 mostra a Taxa de domicílios ligados à rede urbana de esgoto no território de Manguinhos e seu entorno. É possível observar que 3 áreas do território, além do Abrigo Cristo Redentor, possuem baixa taxa de domicílios ligados à rede urbana de esgoto - 0 a 25%.

Figura 4 – Taxa de domicílios ligados à rede urbana de esgoto, Manguinhos e seu entorno (RJ)

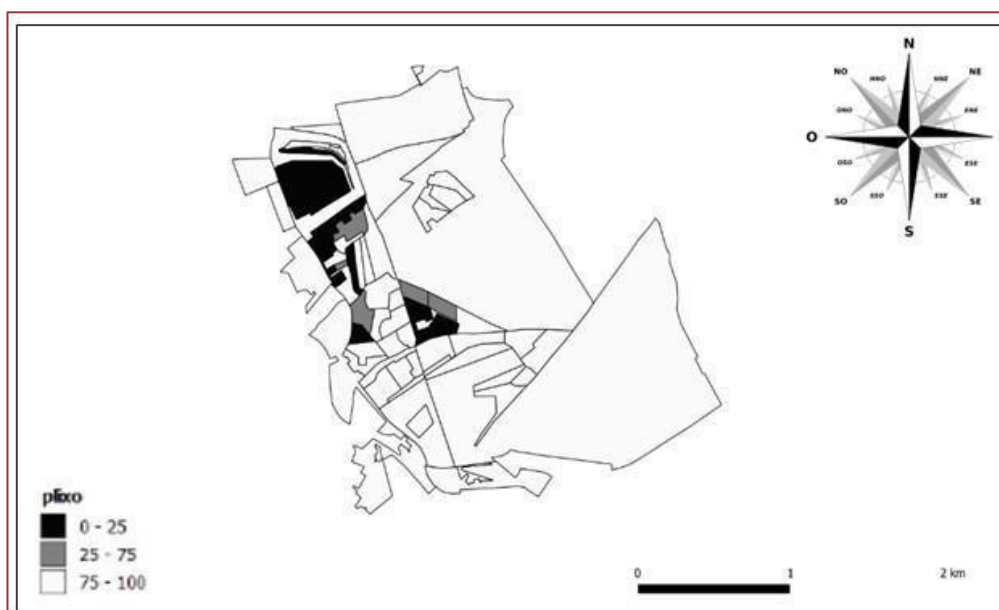


Fonte: elaborado pela autora, 2019.

A situação de algumas comunidades do território de Manguinhos (RJ), onde o esgoto corre na porta da casa dos moradores, mostra que a situação real é ainda pior do que o mapa mostra. A ampliação da extensão das redes de esgotamento sanitário e melhoria dos aspectos do tratamento do esgoto deviam ser prioridade nas gestões públicas (MPRJ, 2019; FUNASA, 2017).

Acredita-se que a extensão da rede de esgotamento sanitário em Manguinhos seja muito menor do que a apresentada através dos dados do censo do IBGE (2010). O que corrobora com a poluição observada nos canais e rios que cortam o território.

A Figura 5 mostra a Taxa de domicílios com coleta regular de lixo no território de Manguinhos e seu entorno. É possível observar que a coleta regular de lixo não é homogênea na região. A área do Abrigo Cristo Redentor e outras áreas possuem taxa de coleta regular de lixo insuficiente, de 0 a 25%.

Figura 5 – Taxa de domicílios com coleta regular de lixo, Manguinhos e seu entorno (RJ)

Fonte: elaborado pela autora, 2019

Segundo dados do SNIS de 2020 publicado em 2021, estima-se que 2,5 milhões de habitantes residentes em área urbana (1,2% da população de 211,8 milhões) não têm acesso ao serviço de coleta regular de lixo, uma realidade que fica evidenciada na Figura 5 e explicita bem o dia a dia dos moradores das favelas do país (Brasil, 2021).

Esse lixo não recolhido acaba, muitas vezes, sendo lançado próximo ou mesmo nos leitos dos cursos d'água, reduzindo a sua capacidade de escoamento e poluindo ainda mais os córregos, canais e rios (IBGE, 2010).

Outra questão importante é que 30,1% do lixo produzido no país ainda tem como destino os lixões. 6,3% tem como destino a categoria outros, ou seja, não se enquadra em nenhuma forma oficial de deposição podendo ser depositados em terrenos baldios, além dos corpos hídricos (Brasil, 2021).

O lixo é um problema social, econômico, sanitário e ambiental. Se o lixo depositado adequadamente nos aterros sanitários já geram poluição e contaminação dos compartimentos ambientais, esse lixo não monitorado e sem qualquer tipo de controle tem efeitos nocivos ainda maiores no meio ambiente (Schueler *et al.*, 2018).

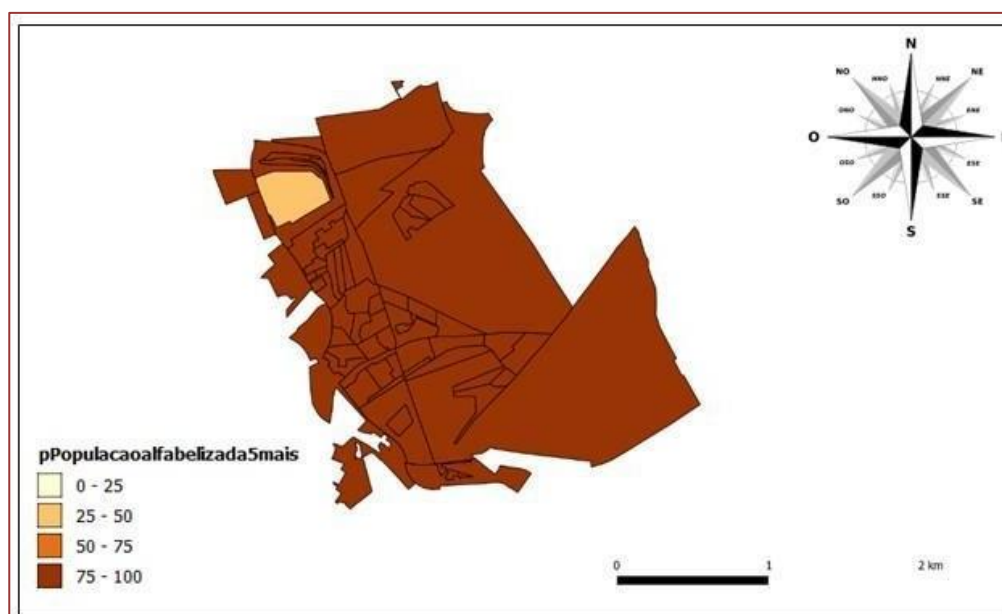
O espaço das favelas é composto por moradias pequenas, aglomeradas e, muitas vezes verticalizadas, sendo um local de difícil acesso aos caminhões de coleta. A educação ambiental dos seus moradores é uma das soluções mais viáveis para uma melhora do problema de acúmulo de lixo, instigando a responsabilidade individual coletiva tanto na sua produção quanto no seu manejo (Schueler *et al.*, 2018).

3.3. ESCOLARIDADE

Para esse indicador foi utilizada a taxa de pessoas acima de 5 anos alfabetizadas. O objetivo dessa categoria é mostrar a proporção de analfabetos totais no território. Esses dados do IBGE (2011) não levam em consideração o analfabetismo funcional.

A Figura 6 mostra a taxa de pessoas acima de 5 anos alfabetizadas no território de Manguinhos e seu entorno. Por indicador apenas o Abrigo Cristo Redentor possui uma menor taxa alfabetização (25 a 50%). O restante do território possui altas taxas de alfabetização (75-100%).

Figura 6 – Taxa de pessoas acima de 5 anos alfabetizadas, Manguinhos e seu entorno (RJ)



Fonte: elaborado pela autora, 2019.

O IBGE, em 2018, divulgou que cerca de 11,3 milhões de pessoas são analfabetas no Brasil. Entretanto, esse número não considera os analfabetos funcionais. Estima-se que 3 a cada 10 brasileiros são analfabetos funcionais, ou seja, não conseguem calcular o troco de um pagamento ou interpretar um texto, tendo dificuldades em assinar o próprio nome. O Indicador Nacional de Alfabetismo Funcional (Inaf) mostrou que cerca de 30% dos brasileiros são analfabetos funcionais (Costa, 2019).

O analfabetismo funcional tem mudado entre os anos de 2015 (4%) e 2018 (8%). Existe de fato um desinvestimento em educação e uma falência dos programas educacionais públicos (Bertoni, 2019).

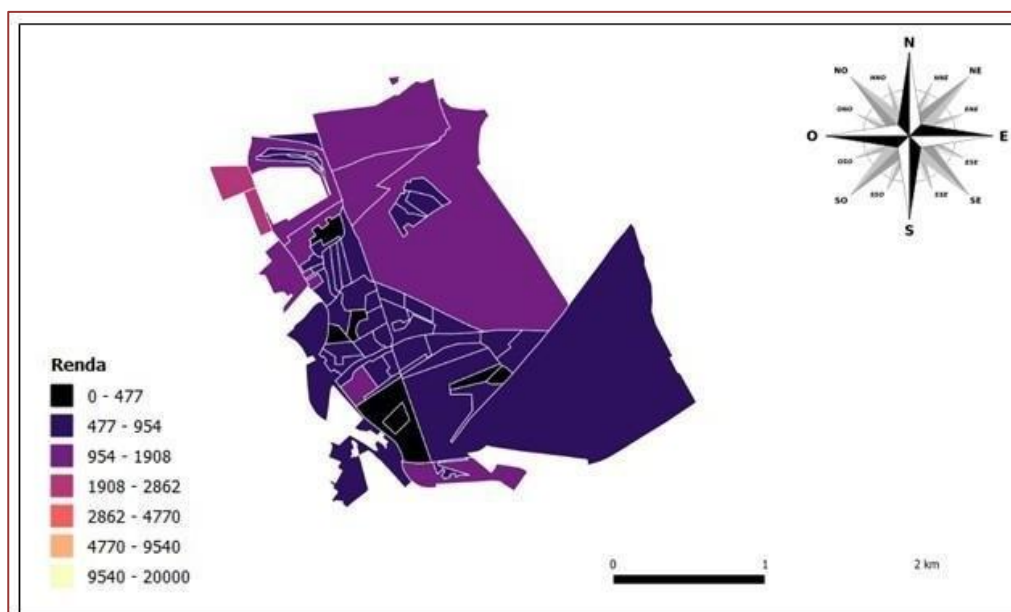
3.4. RENDA

O indicador rendimento nominal médio mensal da pessoa responsável pelo domicílio mostra o potencial de acesso ao consumo de bens duráveis ou não e de serviços, sendo um bom indicador de qualidade de vida.

O documento Indicadores para diagnóstico e acompanhamento do Sistema Único da Assistência Social (SUAS) e do Brasil sem Miséria (BSM), do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome define a pobreza no Brasil (Brasil, 2013) como a incapacidade de ter uma condição adequada de vida, com privações de necessidades básicas, permanentes ou temporárias, não se limitando a condições financeiras.

Assim, a Figura 7 mostra a distribuição do rendimento nominal médio mensal da pessoa responsável pelo domicílio no território de Manguinhos e seu entorno. Em todo território essa renda não ultrapassa 3 salários mínimos, tendo grande parte do território com uma renda de até 2 salários mínimos, com algumas regiões com a população sobrevivendo com uma renda de até ½ salário mínimo.

Figura 7 – Rendimento nominal médio mensal da pessoa responsável pelo domicílio, Manguinhos e seu entorno (RJ)



Fonte: elaborada pela autora, 2019.

Dados da FGV (2019), que utilizam como base os dados do censo IBGE 2010 (2011) para as microrregiões do Rio de Janeiro, incluindo os aglomerados subnormais, mostram que Manguinhos possui uma renda per capita média de R\$ 346,00. Quando comparada aos seus vizinhos Maré (R\$ 395,00) e Jacarezinho (R\$ 349,00), é a mais baixa; e é muito baixa quando comparada com a renda per capita média dos moradores de bairros da Zona Sul do Rio de Janeiro, como Leblon (R\$ 4.702,00) e Lagoa (R\$ 5.635,00).

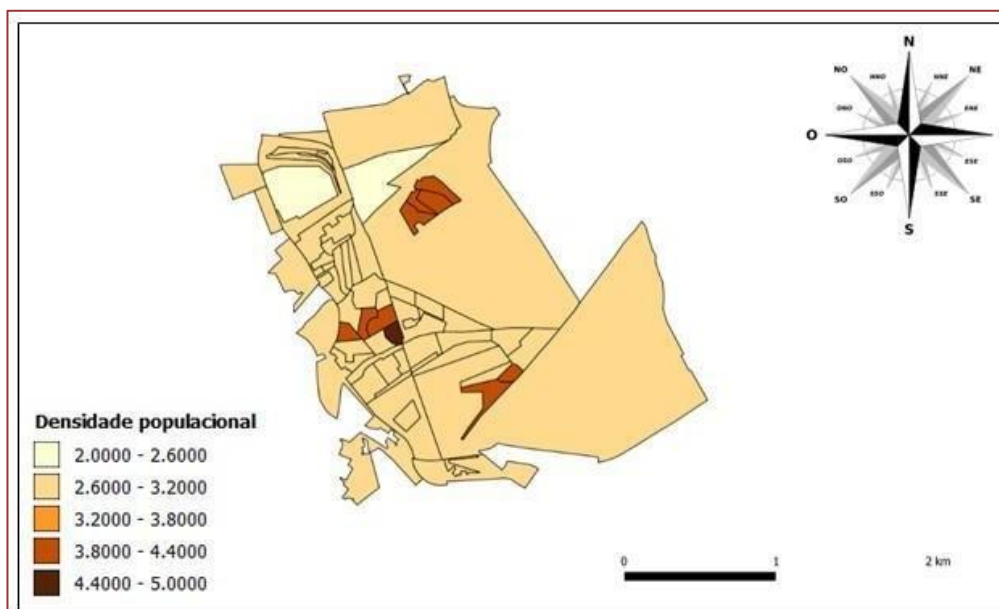
O acesso e a permanência da presença da educação de qualidade ao longo da vida está diretamente relacionado com a renda daquela população. Essa diferença discrepante de renda se reflete na educação. Uma melhoria na renda dos moradores das comunidades passa por melhorias na educação, tanto em qualidade quanto em acessibilidade, o que leva também a menos discriminação dentro do mercado de trabalho (Moura, 2004).

3.5. DEMOGRAFIA

O indicador densidade demográfica mostra a distribuição da população no território. Nas favelas, espera-se uma alta densidade populacional, o que contribui para diminuir a qualidade de vida da sua população (Pasternak e D'Ottaviano, 2016).

A Figura 8 mostra um mapa da distribuição das densidades populacionais no território de Manguinhos. Por este mapa, é possível observar que existem áreas da favela com uma maior densidade habitacional.

Figura 8 – Densidade demográfica, Manguinhos e seu entorno (RJ)



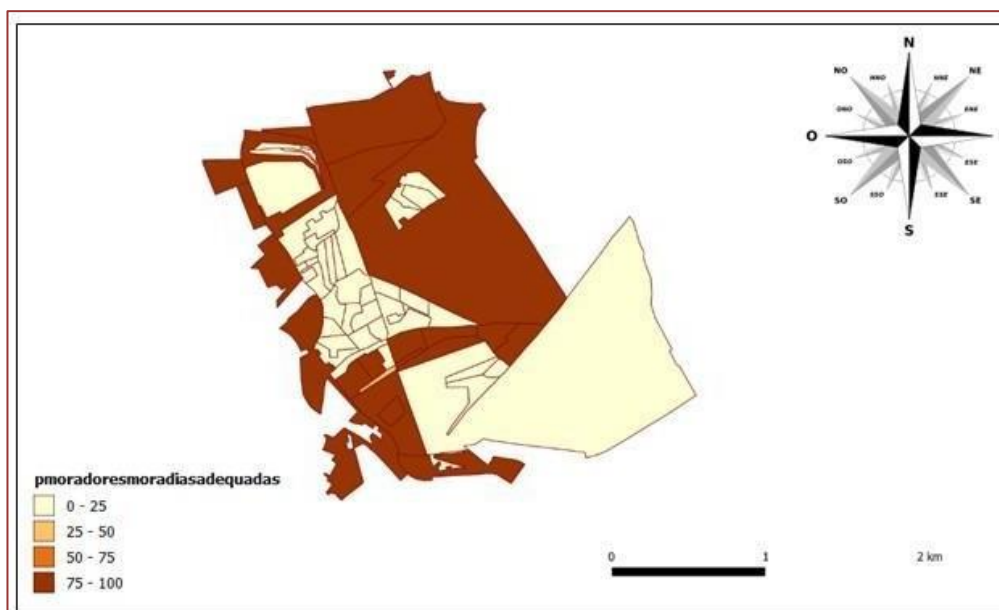
Fonte: elaborada pela autora, 2019.

Dados de Cotelo e Rodrigues (2000) indicam que a densidade populacional pode ser consideravelmente maior do que a densidade medida pelos setores censitários, pois as medições através de fotos de satélites exclui áreas que os setores censitários não excluem, sendo mais fidedigna à área ocupada.

Desta forma, as densidades populacionais podem ainda ser maiores do que este mapa indica, o que associado à baixa renda per capita de seus moradores, à falta de investimento público em infraestrutura e educação, entre tantas outras “faltas”, pode fazer com que a população da favela de Manguinhos viva sob condições que precisam de um olhar mais atento das políticas públicas, de modo a fomentar melhorias (Vargas, 2016).

A Figura 9 mostra a taxa de moradores em domicílios particulares permanentes com moradia adequada no território de Manguinhos e seu entorno. É possível observar que aproximadamente metade da população de Manguinhos reside em moradias inadequadas em mais de 75% dos domicílios permanentes.

Figura 9 – Taxa de moradores em domicílios particulares permanentes com moradia adequada, Manguinhos e seu entorno (RJ)



Fonte: elaborado pela autora, 2019.

Segundo o IBGE (2011): “Domicílio particular permanente é o domicílio que foi construído para servir exclusivamente à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas.”

O mapa mostra que aproximadamente metade dos moradores de Manguinhos (RJ) residem em moradias particulares permanentes consideradas inadequadas pelos critérios do IBGE (2011).

Ainda segundo o IBGE (2011), uma moradia é considerada adequada quando atende simultaneamente aos seguintes critérios: densidade de até 2 moradores por domicílio, coleta de lixo direta ou indireta por serviço de limpeza, abastecimento de água por rede geral e esgotamento sanitário por rede de coleta ou fossa séptica.

Esses mapas corroboram com os mapas de indicadores de saneamento básico apresentados anteriormente (Taxa de domicílios com abastecimento de água por rede pública; taxa de domicílios ligados à rede urbana de esgoto; Taxa de domicílios com coleta regular de lixo) e com os mapas de renda (Baixo rendimento nominal médio dos moradores do território).

Os moradores da favela de Manguinhos possuem baixo poder aquisitivo, alta densidade populacional e pouco ou nenhum investimento em melhorias públicas de infraestrutura de saneamento (Gomes, 2019; Pasternak e D’Ottaviano, 2016).

Assim, se o atendimento de saneamento básico como a coleta de esgoto e fornecimento de água já não atendiam à população existente, moradora e permanente, um aumento da população deste espaço, seja pela crise econômica que aglomera as famílias, seja pelo número de nascimentos, aumenta a sobrecarga da rede de esgoto e o consumo de água tratada que já não atendia antes àquela população.

4. CONCLUSÃO

A análise espacial de indicadores do IBGE (2011) foi realizada através da construção de mapas que compõem um Perfil Socioeconômico do território de Manguinhos (RJ), mostrando que os moradores sofrem com a falta de investimentos em infraestrutura de saneamento básico.

Apesar de ser reconhecido pela ONU como um direito humano prioritário e universal, medidas vitais de saneamento básico como o direito ao acesso à água segura para beber e ao esgotamento sanitário adequado nem sempre são respeitadas, o que causa grandes prejuízos econômicos e humanos.

Desta forma, esse estudo é uma ferramenta útil para o desenvolvimento de ações que possam ser eficazes para o desenvolvimento e implementação de indicadores que contribuam para a ODS 6 no Brasil visto que as regiões de favelas são locais de alerta, com uma população vulnerável e muitas vezes invisível ao poder público.

REFERÊNCIAS

- [1] Albuquerque, G. S. C.; Silva, M. J. S. Sobre a saúde, os determinantes da saúde e a determinação social da saúde. *Saúde em Debate*, v. 38, n. 103, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sdeb/v38n103/0103-1104-sdeb-38-103-0953.pdf>
- [2] Bertoni E. Os graus de alfabetização. E como eles se manifestam no Brasil. *Expresso. Nexo*, 2019. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2019/01/07/Os-graus-de-alfabetiza%C3%A7%C3%A3o.-E-como-eles-se-manifestam-no-Brasil>
- [3] Brasil. Lei 11.445/07. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências, 5 de janeiro de 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm
- [4] Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. Disponível em: http://efaidnbmnnnibpajpcgclefindmkaj/http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf
- [5] Brasil. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Capacita SUAS. Indicadores para Diagnóstico e acompanhamento do SUAS e do BSM, Ciclo de Capacitação MDS, Curso 1: Diagnóstico, 2013. Disponível em: http://aplicacoes.mds.gov.br/sagirmsp/ferramentas/docs/curso_de_indicadores.pdf
- [6] Bruno, P. R. A.; Oliveira, R. M.; Carvalho, D. A.; Santos, E. J. A.; Silva, G. Diagnóstico Socioambiental de Manguinhos: Relato de uma experiência de pesquisa em favelas. In: Rede de Pesquisa em Manguinhos: sociedade, gestores e pesquisadores em conexão com o SUS. Organizadoras: Santos IS, Goldstein RA. São Paulo (SP): Editora Hucitec, 2016.
- [7] BRK AMBIENTAL. Galerias pluviais e rede de esgoto: confirma os problemas vindos da ligação entre elas. *Saneamento em Pauta*, 2019. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/galerias-pluviais-e-rede-de-esgoto>
- [8] Carta Capital. Risco nas favelas. 2012. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/sociedade/risco-nas-favelas>
- [9] Carvalho, D. A. Contaminação do solo de Manguinhos, Rio de Janeiro (RJ), por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos: uma análise socioambiental preliminar e um breve histórico da ocupação do território. Tese de doutorado apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz (RJ): ENSP/Fiocruz, 2020. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/48467>
- [10] Carvalho, M. S.; Cruz, O. G.; Nobre, F. F. Perfil de risco: método multivariado de classificação sócio-econômica de microáreas urbanas – os setores censitários da região metropolitana do Rio de Janeiro.

Caderno de Saúde Pública, v. 13, n. 4, 1997. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/csp/v13n4/0148.pdf>

- [11] Costa, G. Agência Brasil. Analfabetismo resiste no Brasil e no mundo do século 21. Brasília, 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2019-09/analfabetismo-resiste-no-brasil-e-no-mundo-do-seculo-21>
- [12] Costa, V. G.; Nascimento, J. A. S. O conceito de favelas e assemelhados sob o olhar do IBGE, das prefeituras do Brasil e da ONU. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, Universidade de São Paulo, USP: 2005. Disponível em: <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Geografiasocioeconomica/Geografiadelapoblacion/14.pdf>
- [13] Cotelo, F. C.; Rodrigues, J. M. Estudo exploratório sobre a configuração urbana de metrópoles brasileiras – 2000/2010: favela e não favela em questão. ABEP, Anais, 2016. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/2000/1957>
- [14] FGV. Fundação Getúlio Vargas. R\$ Renda per capita - população total e favelas - bairros - Rio de Janeiro. FGV Social, 2020. Disponível em: <https://cps.fgv.br/r-renda-capita-populacao-total-e-favelas-bairros-rio-de-janeiro>
- [15] FJP, Fundação João Pinheiro. Déficit habitacional no Brasil. Estatística & Informações, Belo Horizonte, n. 6, Belo Horizonte: FJP, 2018. 78 p.
- [16] Fleury-Teixeira, P. Uma introdução conceitual à determinação social da saúde. Saúde em debate, v. 33, n. 83, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4063/406345800005.pdf>
- [17] Florençano, J. C. S.; Coelho, F. A. O abastecimento de água e seus reflexos na saúde da população. Construindo, v. 6, n. 1, 2014. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/2575/1499>
- [18] Fornazier, A.; Belik, W. Políticas Territoriais e Desigualdades no Meio Rural Brasileiro. Redes, v. 20, n 2, p. 47 - 68, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/redes.v20i2.2356>
- [19] Freire, L. L. Favela, bairro ou comunidade? Quando uma política urbana torna-se uma política de significados. Dilemas: Revista de Estudos de Conflitos e Controle Social, v.1, n.2, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufri.br/index.php/dilemas/article/view/7156/5735>
- [20] FUNASA. Fundação Nacional da Saúde. Ministério da Saúde. "Cada real gasto em saneamento economiza nove em saúde", disse ministro da Saúde por Coordenação de Comunicação, 2017. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude
- [21] Gomes RF. Informalidades planejadas: Análise em conjuntos urbanos tombados no Litoral Brasileiro. Tese de doutorado apresentada à Universidade de Brasília. Brasília (DF): UnB, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/35973>
- [22] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Censo Demográfico 2010. Aglomerados subnormais - Informações territoriais. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, p. 1 - 251, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=249230>
- [23] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC), 2018. Disponível em https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101657_informativo.pdf
- [24] IPP. Instituto Pereira Passos. Secretaria Municipal de Urbanismo. Prefeitura Municipal da Cidade do Rio de Janeiro. Breve relato sobre a formação das Divisões Administrativas na Cidade do Rio de Janeiro de 1961 a 2010. Armazém de Dados, 2010. Disponível em: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2391_Breve%20relato%20sobre%20a%20forma%C3%A7%C3%A3o%20das%20divis%C3%B5es%20administrativas%20na%20cidade%20do%20Rio%20de%20Janeiro.pdf
- [25] Marin, S. R.; Ottonelli, J. Medida Multidimensional da Pobreza: um exercício em Palmeira das Missões – RS. Redes, v. 13, n. 3, p. 241 - 265, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/redes.v13i3.470>

- [26] Moura, L. L. M. Perfil sócio-econômico das favelas cariocas. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-RJ. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 2004. Disponível em: http://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Lucas_Loureiro_Maciel_de_Moura.pdf
- [27] MPRJ. Ministério Público do Rio de Janeiro. Manual de Atuação do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro na temática do Saneamento Básico. Rio de Janeiro: MPRJ, 2019. Disponível em: <http://www.mprj.mp.br/documents/20184/1352969/manualdosaneamentobasicocaoma.pdf>
- [28] ONU-Habitat. Organização das Nações Unidas – Habitat. Documentos Temáticos Da Habitat III. Assentamentos Informais. Nova York, 2015. Disponível em: http://habitat3.org/wp-content/uploads/22-Assentamentos-Informais_final.pdf
- [29] Pasternak, S.; D'Ottaviano, C. Favelas no Brasil e em São Paulo: avanços nas análises a partir da Leitura Territorial do Censo de 2010, Cadernos Metrópole, v. 18, n. 35, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cm/v18n35/2236-9996-cm-18-35-0075.pdf>
- [30] Rotta, E.; Franqui, L. H. T. Saneamento ambiental na região das Missões-RS: realidade e desafios na implanta o de políticas públicas que promovam o desenvolvimento regional. Redes, v. 24, n. 3, p.313-333, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/redes.v24i3.9894>
- [31] Santos, V. S. "O que   saneamento básico?"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-saneamento-basico.htm>
- [32] Saraiva, C.; Marques, E. C. A dinâmica social das favelas da região metropolitana de São Paulo. Pensamento & Realidade, v. 10, 2007. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/pensamentorealidade/article/view/8306/6179>
- [33] Schueler, A. S.; Kzure, H.; Racca, G. B. Como estão os resíduos urbanos nas favelas cariocas? Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 10, n. 1, 2018. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/Urbe/article/view/20787/22564>
- [34] Silva, M. N. A Favela como expressão de conflitos no espaço urbano do Rio de Janeiro: o exemplo da Zona Sul carioca. Disserta o apresentada   Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2010. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16168/16168_1.PDF
- [35] Souza, M. B.; Silveira, R. C. E. Gestão de recursos hídricos: uma análise do plano municipal de saneamento básico de Xangri-l /RS. Redes, v. 21, n 2, p. 182 - 197, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17058/redes.v21i2.7873>
- [36] Valladares, L. A g nese da Favela carioca. A produ o anterior às ciências sociais. Revista Brasileira de Ciências Sociais, v. 15, n. 44, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcsoc/v15n44/4145>
- [37] Vargas ALB. Fala Manguinhos! A constru o de uma agência de comunica o comunitária em favelas e conjuntos habitacionais cariocas. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Pesquisa e Documenta o de História Contemporânea do Brasil – CPDOC da Funda o Getúlio Vargas. Rio de Janeiro (RJ): FGV, 2016. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/16655/Vers c3%a3o%20Biblioteca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [38] Vilarinho, C. M. R.; Schmitt, V. F.; Reis, B. C.; Melillo, W. J. S.; Couto, E. A.  gua e esgoto na pandemia da COVID-19: o papel da regula o e o desafio para o objetivo de desenvolvimento sustentável 6 no Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 27, n. 2, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200403>
- [39] Zaluar, A.; Alvito, M. Introdu o. In: Um Século de Favela. Organizadores: Zaluar, A.; Alvito, M. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.
- [40] Zaluar, A.; Barcellos, C. Mortes prematuras e conflito armado pelo domínio das favelas no Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Ciências Sociais, v. 28, n. 81, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10725598002>

Capítulo 9

Programa bolsa catador e a influência socioeconômica e ambiental no município de Codó-MA

Eliane Coelho Rodrigues dos Santos¹

Cássia Regina Lopes dos Santos²

Jordânia da Conceição Silva²

Neudiana de Sousa²

Paulo Samuel da Silva Santos²

Resumo: A pesquisa busca tratar de contextos relacionados ao cotidiano dos sujeitos da Associação de Catadores da Comunidade do Lixão na cidade de Codó-MA. O estudo prosseguiu sob o objetivo de avaliar os impactos obtidos após a implementação do Programa Bolsa Catador, dessa forma, utilizou-se o método de roda de conversa configurando encontro prévio, observação a partir do trabalho feito em dia habitual e aplicação de questionário. Dentre os resultados alcançados, quase 67% dos sujeitos da investigação sinalizaram para a necessidade de tratativas com vistas ao reajuste e ampliação da vigência do Programa. Portanto, cabe à sociedade codoense e às figuras políticas convergirem para a construção de soluções sustentáveis e integradas com a participação dos catadores da associação mencionada.

Palavras-chave: Catadores; Bolsa Catador; Associação.

¹ Docente do Departamento de Biologia da Universidade Estadual do Maranhão

² Discentes do Programa Ensinar-, Polo Codó da Universidade Estadual do Maranhão.

1. INTRODUÇÃO

Quando a questão social dos catadores de resíduos sólidos é evocada pela sociedade comum e agentes do Poder Público, em prol de uma solução “viável”, essa viabilidade acontece com a extinção do lugar onde trabalham. Para esta pesquisa o espaço de trabalho desses catadores é o lixão, isto posto, a resolução pregada interfere no seu estilo de vida, pois para os recicladores, o lixão, área final de despejo de resíduos a céu aberto, é a forma mais segura de garantir alguma renda.

É complexo estabelecer um diálogo a partir das inferências positivas e negativas da permanência do lixão. Porque para o Meio Ambiente não existe benefício, quando é inexistente ou diminuta a cooperação social, política e sustentável. Já, quando é feita a análise sob o ponto de vista dos catadores dos resíduos recicláveis, o lixão é este artifício indispensável para a geração e manutenção de suas vidas e famílias.

“Nas últimas décadas a geração de resíduos cresceu de forma alarmante, impulsionada pela industrialização e pelo aumento da população mundial” (Silva *et al.*, 2011, p. 2). Nessa conjuntura, alguns protagonistas tomam espaço primordial na manutenção ambiental, os chamados coletores de resíduos sólidos urbanos ou catadores de recicláveis. Esse espaço remonta a fatos e inferências históricas.

A Revolução Tecno-científica é a mais atual das revoluções desde a gênese das transformações ocorridas na Inglaterra e estendeu-se à escala planetária. A demografia populacional seguiu essas mudanças, traduzindo-as em pessoas, ou seja, está acontecendo o aumento de habitantes no globo em projeção alarmante. Com isto pontuado, é útil entender o elo entre as alterações ocorridas e a sobrevivência de catadores no Brasil.

O crescimento populacional das revoluções culminou proporcionalmente na deposição de lixo nas grandes e pequenas cidades. Origina, então, o trabalhador catador de materiais recicláveis atuando na seleção de matérias primas depositadas em lixões, por exemplo, com a finalidade de comercialização.

Em um estudo, Filardi, Siqueira e Binottos (2011) pontuam que os coletores de materiais urbanos aptos para a reciclagem são responsáveis por retirar das ruas e lixões grande parte dos resíduos que poderiam afetar negativamente na natureza e, posteriormente, na vida de cada ser humano.

Neste plano de fundo, está o desafio de viver por meio do lucro, muitas vezes pequeno, obtido a partir da venda dos recicláveis. Frente a essas necessidades enfrentadas, as esferas governamentais locais, principalmente, devem articular ações a fim de integrar cada um dos catadores em processo de marginalização social.

Após esse panorama, mecanismos de promoção da igualdade são mais que necessários. Assim nasce o Programa Bolsa Catador, que é uma ação estadual e municipal articulada pela Prefeitura Municipal de Codó-MA, por meio da Secretaria do Meio Ambiente, direcionado aos catadores de materiais recicláveis. A bolsa tem valor definido, o qual é destinado para os cadastros na associação dos catadores do município, onde tem como objetivo valorizar os trabalhadores que são essenciais para a sustentabilidade ambiental.

Em virtude dos fatos mencionados, este artigo tem como universo de pesquisa uma associação de catadores da cidade de Codó-MA. Desta forma, a investigação se deu sob o objetivo de avaliar os impactos obtidos após a implementação do programa bolsa catador na referida cidade. E, engendrou a análise a partir da intenção em saber qual as influências

socioeconômicas e ambientais trazidas pelo instrumento público ao município.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nos lixões, há dois tipos de pessoas, quer dizer, as associadas a cooperativas de catadores e aquelas que não são, ambas são essencialmente importantes. Nessa perspectiva, Paula et al. (2013) coloca que mesmo ajudando a sociedade na seleção de resíduos recicláveis, os catadores são deixados à margem, social e economicamente, são ignorados.

Visando melhorar suas condições econômicas e sociais, os catadores estão em busca da formação dessas cooperativas ou associações. Ao se organizarem, esses trabalhadores geralmente alcançam benefícios, como, local adequado para a separação de materiais, acondicionamento e venda, assim como obtenção de melhores preços, o que proporciona a estes indivíduos mais

dignidade e renda. As parcerias com a administração pública, propiciam a gestão e execução de programas sociais, tornando-os assim, um modelo de políticas públicas.

Estes trabalhadores são essenciais no processo de coleta e reciclagem, isto é, separam plásticos, papel, papelão e vidro de restos de alimentos (Franco; Ribeiro, 2022). Por isso, as cooperativas de catadores são importantes para a perpetuação do Meio Ambiente, bem como para a mitigação das desigualdades relativas ao trabalho de coleta, separação e processamento.

Ainda na visão dos autores, os lixões ou “vazadouros a céu aberto” (p.103, 2022) influenciam negativamente na sustentabilidade ambiental e oferecem risco tanto aos coletores envolvidos, quanto na sociedade em geral. Sabendo disso, as instituições públicas estão voltando os olhares para a problemática ainda que paulatinamente.

no programa a título de serviços ambientais” (Franco; Ribeiro, p.112, 2022).

Um estudo parecido mediu o impacto da bolsa mencionada anteriormente em associações que trabalham com vidro, a pesquisa foi feita no estado de Minas Gerais. Após a análise, constatou-se que o programa possibilitou “um duplo benefício social e econômico relacionado à inserção social dos catadores de materiais recicláveis na execução da política pública de gestão de recicláveis” (Santana; Lange; Magalhães, 2022).

Nesse panorama, a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) através de ações articuladas pela AGA (Superintendência de Gestão Ambiental) promoveu, em 2016, a criação de Ecopontos na capital São Luís. Esses, são lugares onde a sociedade civil pode depositar diferentes tipos de resíduos recicláveis. No Ecoponto, os resíduos eram depositados e, após, “destinados às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis” (Rocha; Oliveira, 2022, p. 23). Na época 14 famílias foram beneficiadas.

Analisando a atitude da instituição, percebe-se que existe a preocupação em colocar valor tanto no meio ambiente, quanto na manutenção da sobrevivência dos trabalhadores da coleta seletiva. Ao passo que isso acontece, a sociedade e os poderes governamentais vão percebendo que esses sujeitos, não constituem somente uma parcela de pessoas em vulnerabilidade social, contudo agentes de perpetuação da sustentabilidade ambiental. Pois, quando trabalham, o fazem retirando das zonas urbanas os materiais já colocados em debate.

2.1. ARCABOUÇO LEGAL

À medida que o processo de seleção e reciclagem ocorre, consecutivamente, a recolocação de materiais, antes inutilizados, acontece na sistemática industrial. Papel, papelão, plástico, madeira, metais; entre outros resíduos urbanos são subtraídos da possibilidade de permanecerem nos lixões à céu aberto e aterros sanitários, prejudicando a natureza, lugar da estadia humana. Nessa interpretação, o incentivo, não somente o financeiro, deve passar pela geração de um paradigma que valorize a ecologia local.

O corpo legislativo ambiental brasileiro é composto por leis, decretos e instrumentos jurídicos que visam a prevenção e a repressão de atos danosos ao meio ambiente. No que tange à problemática dos resíduos sólidos destaca-se a Lei 12.305/10 a qual instituiu a PNRS, Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010).

A PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada, a qual corresponde ao conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (Brasil, 2010).

Desta forma, o Estado deve planejar, o setor produtivo deve reduzir os impactos ambientais na produção, e ainda recolher seus produtos após o uso, e os consumidores devem buscar diminuir o consumo e separar o lixo para a coleta seletiva (Pereira, 2011).

Outra inovação da Lei 12.305/2010 consiste nos planos de gestão que todas as unidades da federação, e ainda o setor produtivo, estão obrigadas a realizar no sentido de promover o manejo dos resíduos sólidos. Compete à União a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Já os estados membros devem elaborar seus planos estaduais devendo priorizar a constituição de microrregiões para trabalharem de forma integrada na gestão de seus resíduos. Contudo, conforme pensa Pereira (2011), é para os municípios que a lei traz o maior número de deveres, pois são detentores de competência constitucional para realização de serviços locais, dentre eles o de limpeza urbana.

Inicialmente, cabe diferenciar lixo de resíduo embora tendam a significar a mesma coisa. Ainda, para conceituar os termos acima, a autora utiliza de outros teóricos para alcançar este propósito. Dessa forma, em termos econômicos, o lixo é composto por resíduos sem valor, enquanto os resíduos são simplesmente sobras. Assim, o lixo pode ser considerado como a sobra dos resíduos processados.

As cooperativas têm sido apontadas como uma ferramenta de transformação social para os catadores de materiais recicláveis. Geralmente esses trabalhadores estão desamparados por políticas públicas que possam auxiliar na integração social, portanto, as cooperativas podem ser importantes na mudança de rumo em âmbito coletivo.

3. MÉTODO

A investigação transcorreu na abordagem metodológica qualitativa e quantitativa que, na visão de Prodanov e Freitas (2013), seguem a finalidade de explicar os fenômenos da realidade social por meio do estudo das percepções, e descrições numéricas, respectivamente. Neste contexto, ocorreram 3 encontros durante dois meses, todos no período matutino, o primeiro caracterizou-se por uma roda de conversa, com o propósito de conhecer os coletores de resíduos recicláveis bem como suas demandas, assim, neste

momento, sem perguntas prévias, os sujeitos e os alunos envolvidos iniciaram conversas sobre possíveis ajudas financeiras, execução do trabalho de separação dos resíduos assim como a natureza do estilo de vida a partir do lixão.

No segundo momento, foi feita a etapa de observação, desta forma, com auxílio de um diário de campo, os pesquisadores registraram informações. As descrições tiveram, principalmente, a tarefa de indicar o que acontecia após a chegada do caminhão de lixo nas imediações do lixão, a saber, a separação dos resíduos aptos para reciclagem e, posterior, comercialização.

Por fim, no terceiro encontro, aconteceu a aplicação de questionário com oito questões fechadas. Este fora produzido pela plataforma Google Formulário, sumariamente, colocou-se o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) em página inicial a fim da indicação, em caixa de seleção, de concordância ou discordância pelos catadores, em seguida, eram encontradas as questões. O instrumento de coleta de dados recebeu esta configuração em razão da pouca escolaridade e tecnologia dos sujeitos envolvidos, nesta condição, foram impressas cópias para aplicação.

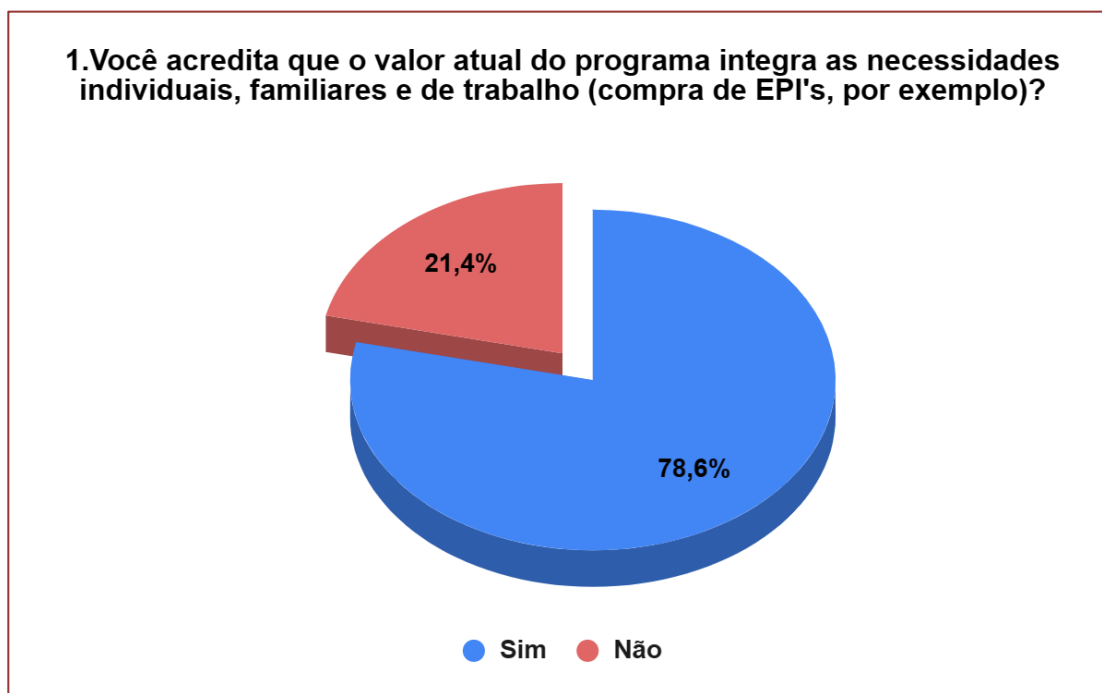
Sob esse entendimento, a pesquisa utilizou como amostra os catadores da Associação de Catadores da Comunidade do Lixão, na cidade de Codó, localizada no estado do Maranhão. A associação dispõe de 51 catadores cadastrados, é interessante pontuar que esta compõe a única cooperativa no município com 12 anos trabalhando com rejeitos sólidos recicláveis, isto é, plástico, ferro, alumínio e vidro. Cabe ressaltar que o território codoense tem pouco mais de 4.300 km² de extensão, com 114.269 habitantes, verifica-se que 24,2% dos domicílios utilizam saneamento básico favorecendo a deposição inadequada de lixo (IBGE, 2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em primeira análise, os resultados seguintes integram o conjunto de ações e descrições a partir das fases já mencionadas. Desta forma, além da socialização dos achados da pesquisa com autores, participaram das análises os escritos e percepções dos alunos que executaram o estudo, principalmente, aqueles feitos pela observação do trabalho de separação dos materiais.

Nesta conjuntura, antes dessas “intervenções”, um ofício e TCLE foram assinados, primeiramente, pelo Representante da Associação e, em seguida, este último foi anexado ao questionário para concordância ou discordância, em caixa de seleção, pelos sujeitos desta pesquisa.

Posto isto, o questionário foi impresso considerando que vários coletores não sabiam assinar seus nomes; este modelo foi pensado para melhorar o prosseguimento da pesquisa. Portanto, no dia da coleta, 15 questionários foram respondidos, isto é, em lugar reservado, com anuência e supervisão do representante da cooperativa, aconteciam as leituras das questões pelos alunos e os catadores indicavam suas respostas.

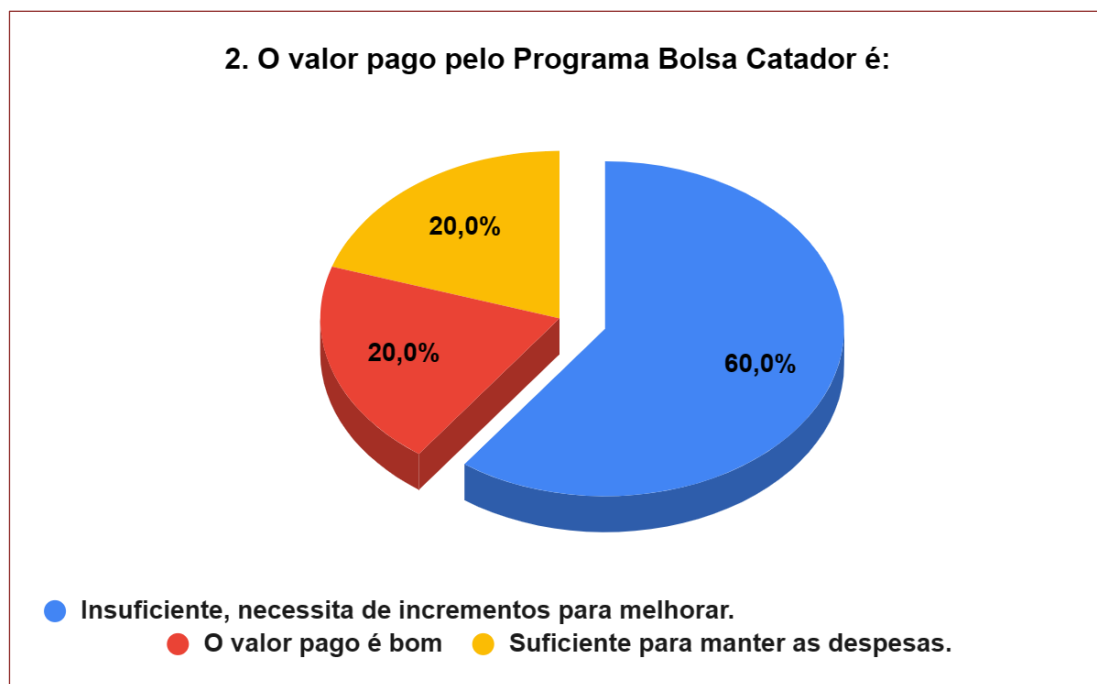
Gráfico 1: Valor do Programa e Necessidades Pessoais

Fonte: Dados da Pesquisa (2023)

Quando perguntados sobre a relevância do valor da bolsa (Gráfico 1), conforme gráfico acima, 78,6% dos catadores responderam que o Bolsa Catador alcança as necessidades de ordem pessoal e laboral. Tomando por base que os catadores têm gastos com a família, aluguel, água e gás, entre outros; a proposta pecuniária do programa torna-se irrisória. Em roda de conversa, os coletores de recicláveis da associação informaram sobre a importância do valor, todavia apontaram para a reestruturação do auxílio oferecido pelo Programa Bolsa Catador.

À vista disso, Silva *et al.* (2011) pontua em seus achados que mais da metade dos catadores do município de Cruz Alta – RS tem cônjuge, e outros 40% têm até três filhos. A partir destes, é possível traçar a relação entre a forma como a renda familiar dos catadores da cidade mencionada e a ajuda financeira do Programa Bolsa Catador, em Codó, irá convergir para a pequena distribuição de renda em face dos gastos que ocorrerão.

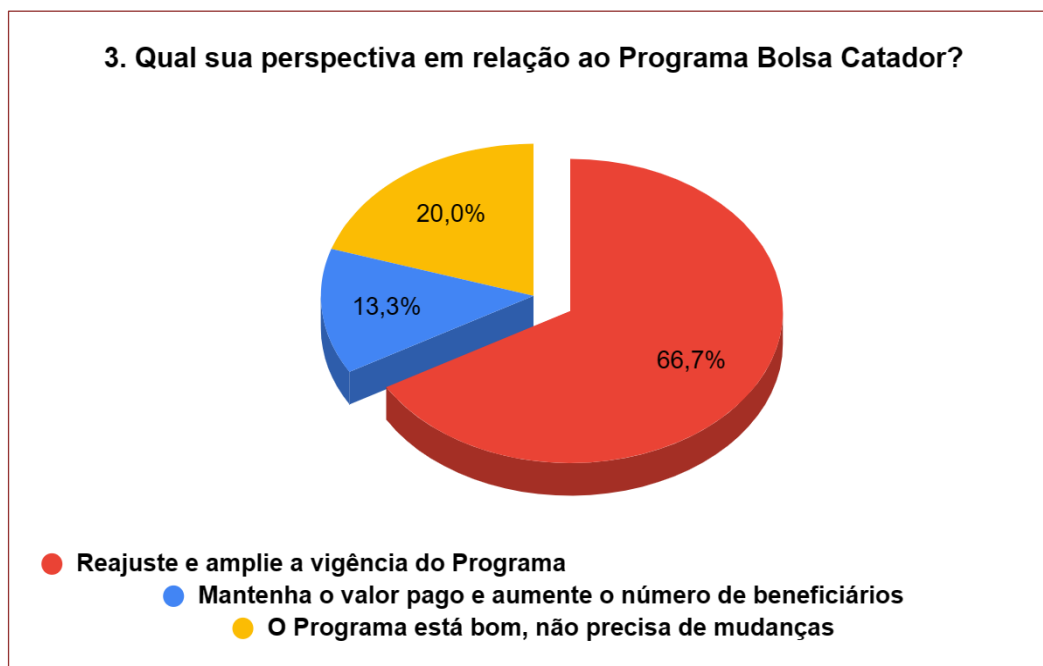
Ainda sobre o valor da bolsa ofertada, foi pensada uma pergunta mais direta, usada para demonstrar a satisfação dos coletores de recicláveis. Os resultados abaixo sinalizam para isto.

Gráfico 2: Valor da Bolsa e a Satisfação dos Catadores

Fonte: Dados da Pesquisa (2023)

Os números representados pelo gráfico demonstram que dos sujeitos pesquisados, cerca de 60%, concordam que o valor pago pelo Programa Bolsa Catador não é suficiente para custear suas despesas pessoais e familiares, acreditam que este carece de incrementos para melhor atender suas necessidades, 20%, consideram que o valor pago é bom. Os últimos 20% afirmam que a importância pecuniária é suficiente, pois ajuda no custeio de suas despesas. Na realidade, o valor recebido causa pouco impacto na renda familiar dos catadores, não atendendo suas necessidades básicas, restando à coleta reciclável subsidiar as necessidades desses trabalhadores.

Nesse sentido, Bolfe *et al.* (2014) coloca que de algum modo o catador sofre uma espécie de manipulação pelos governos e políticos. Em sua pesquisa, o autor pontua que os coletores de recicláveis mesmo que participem de projetos de inclusão, a exemplo, pagamentos públicos, são iludidos pelos representantes políticos, pois pessoas que participavam da coleta ou tinham alguma relação à valores pecuniários pagos pelos cofres públicos, também contam com doações de alimentos pela sociedade civil.

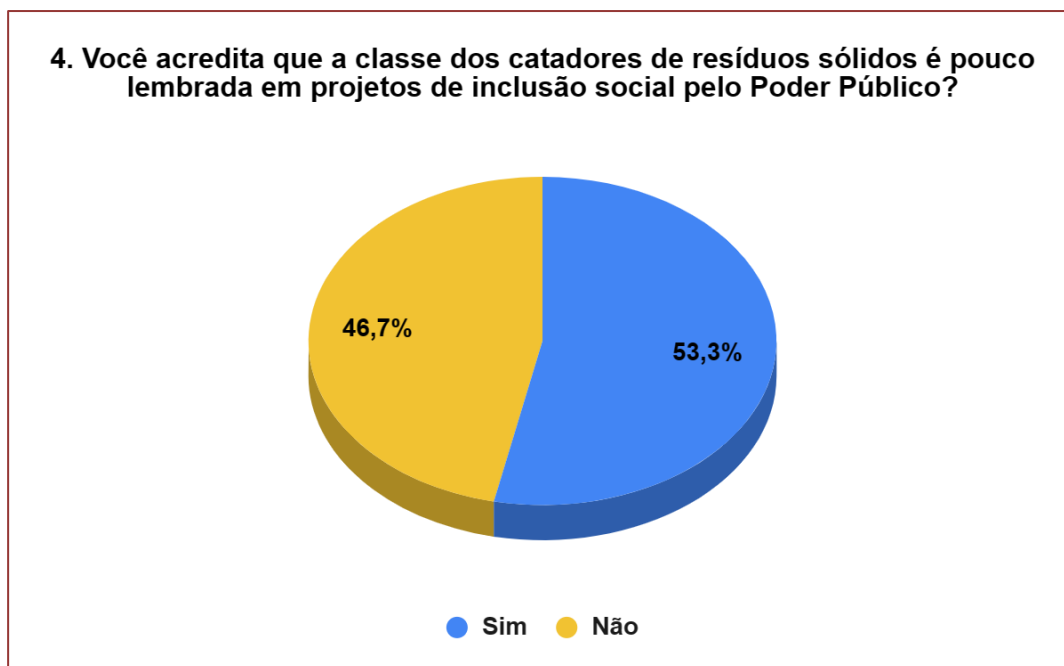
Gráfico 3: Percepções Futuras ao Programa Bolsa Catador

Fonte: Dados da Pesquisa (2023)

Conforme o gráfico “Percepções Futuras ao Programa Bolsa Catador”, a maior parte dos entrevistados, mais de 60%, manifestou a esperança de que o poder público faça um reajuste no valor do programa, assim como realize a ampliação do prazo de vigência. Outro grupo, 20% afirmou que o valor pago está bom ou razoável e manifestaram parecer negativo em relação a novas modificações. Uma pequena parcela dos sujeitos (13,3%) defende a manutenção do valor pago com indicação para o aumento do número de beneficiários do programa.

Durante o processo de observação feito pelos pesquisadores foi constatado a vulnerabilidade alimentar dessas pessoas. Pois, quando chegava um caminhão de lixo com alimentos perecíveis de validade expirada, havia uma intensa disputa entre os catadores e os urubus. Dito isto, dentre as transformações que podem ser feitas no Programa, fica a sugestão para os gestores incluírem a modalidade alimentar para suprir essa entre outras necessidades básicas dos catadores.

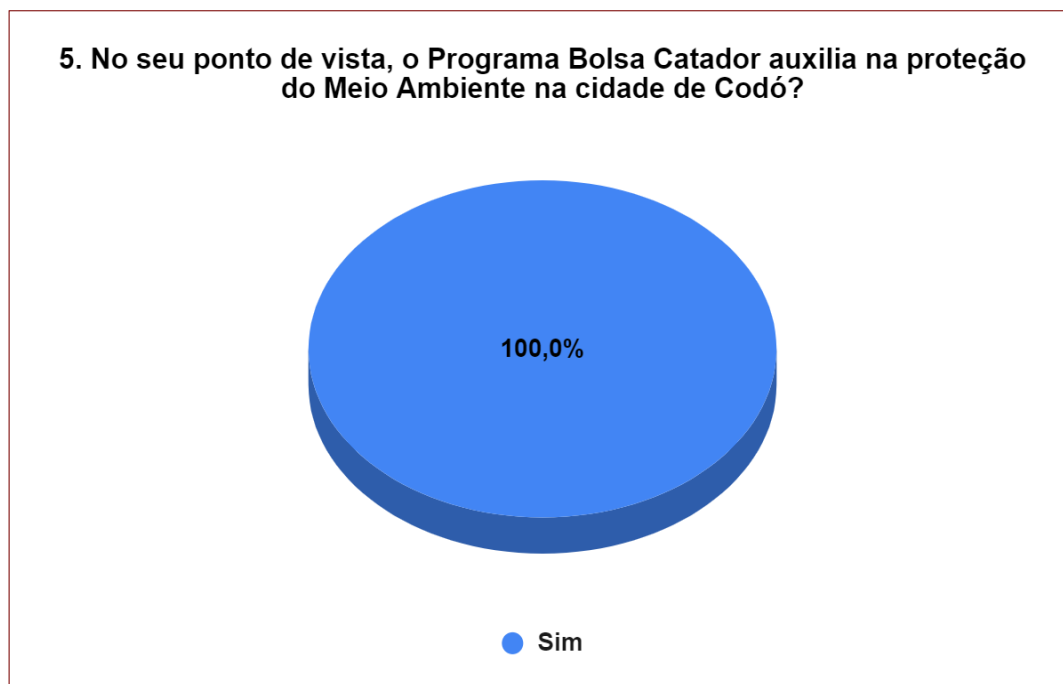
À vista deste pensamento, existe um desejo de serem ouvidos, alcançados por mais ajuda e inseridos com mais assiduidade em alternativas sociais, ou seja, que sejam lembrados através de políticas públicas. Isto pode ser percebido no gráfico abaixo.

Gráfico 4: Projetos Inclusivos

Fonte: Dados da Pesquisa (2023)

Em relação a inclusão social pelo poder público, 53,3% não se sente incluída. Desta forma, pode-se observar, que o grupo se sente esquecido pelos políticos que os representam. Durante os encontros, foi relatado que o Poder Público havia prometido itens de proteção individual e não cumpriu a promessa.

Conforme Paula *et al.* (2003), apesar do grande serviço que os catadores prestam à sociedade, eles não têm sua importância reconhecida nos aspectos sociais e econômicos, além de serem discriminados e marginalizados. Diante das considerações, é necessário que o Poder Público se utilize de estratégias para promover a visibilidade social dos catadores através da valorização do trabalho de coleta prestado aos codoenses.

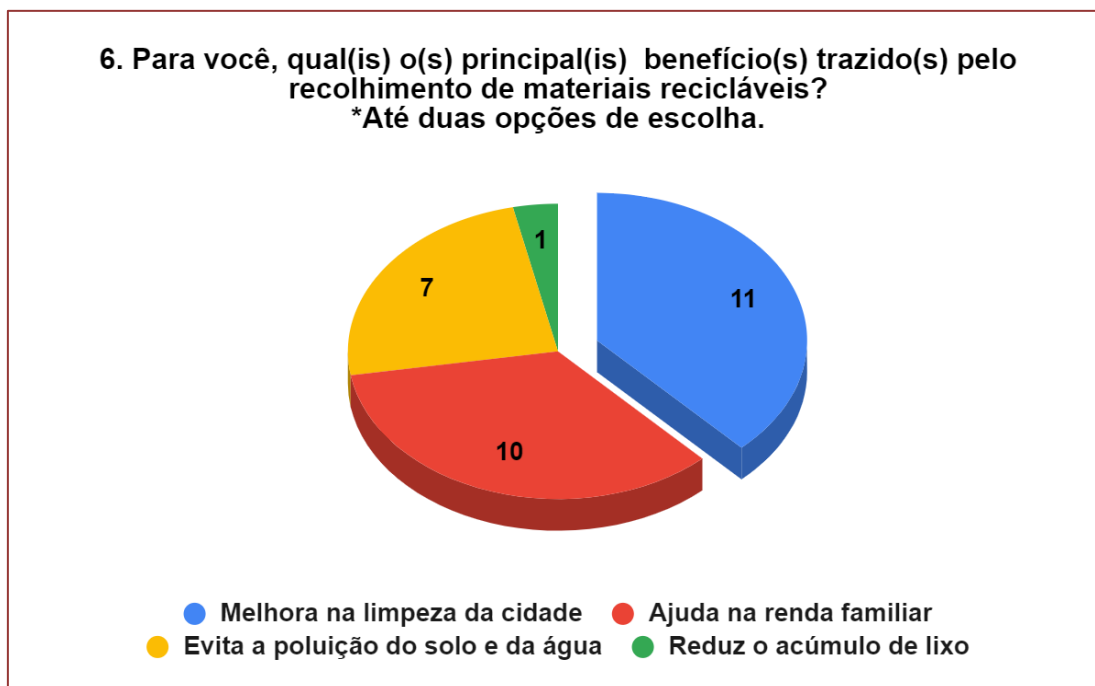
Gráfico 5: Meio Ambiente e os Catadores

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Como exposto pelo Gráfico 6, todos os entrevistados acreditam que o incentivo oferecido assiste os recursos naturais e é capaz de gerar ações de preservação ambiental. Com efeito, uma simples visita ao lixão evidenciará inúmeras demandas ambientais, quais sejam: focos de incêndio e fumaça com dispersão acentuada, sacolas de plástico presas a vegetação dos morros que circundam o vale onde está localizado o lixão.

Com cerrado integrando o bioma da cidade de Codó, as sacolas de plástico citadas podem ser facilitadoras de incêndios de grandes proporções. Isto porque um dos aspectos do cerrado é a vegetação rasteira e seca propicia para fogo (Brasil Escola, 2023). O achado também permite entender que a existência do catador na separação dos resíduos recicláveis é fundamental a fim de que as matérias-primas com decomposição extensas sejam retiradas da natureza por meio do reprocessamento.

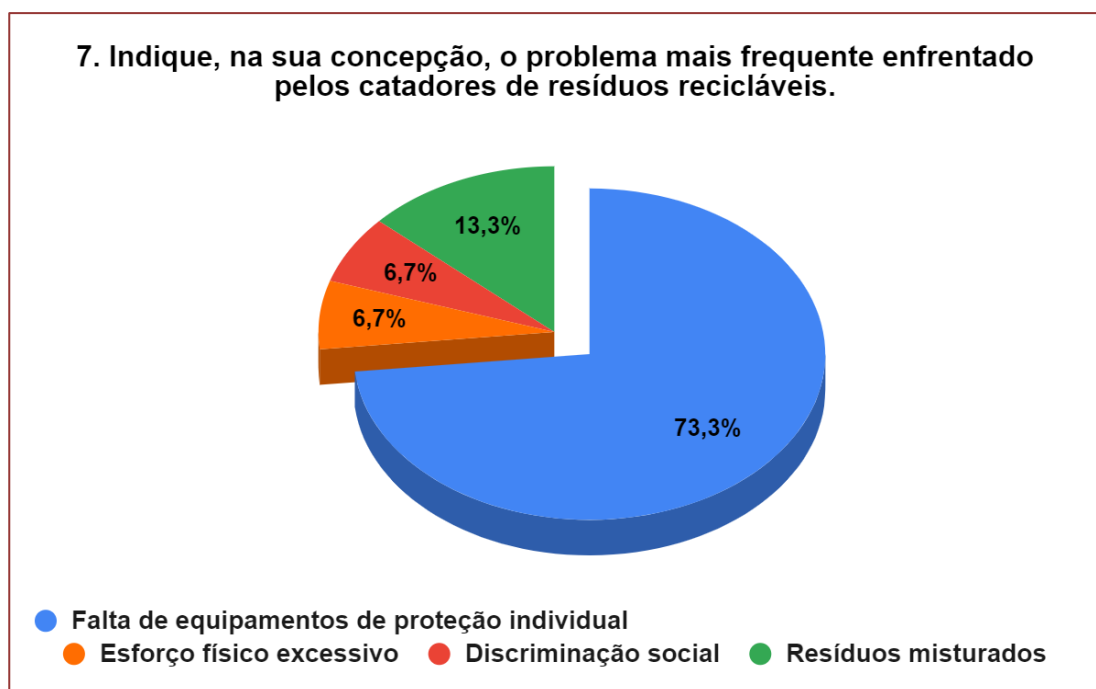
Simultaneamente, após o momento observacional, em pergunta ligada às vantagens da catação, constatou-se que os sujeitos utilizam materiais improvisados na realização da separação do lixo, a saber, um bastão de ferro, engenhosamente, fundido a um gancho, usado na perfuração das sacolas. Por não possuírem equipamentos de proteção individual (EPI's) como botas, luvas e máscaras estão vulneráveis a doenças infectocontagiosas correndo grandes riscos de contaminação por agulhas contaminadas, vidros quebrados, etc.

Gráfico 6: Benefícios da catação de resíduos

Fonte: Dados da Pesquisa (2023)

Com relação aos Benefícios da catação de resíduos, (11 catadores) indicaram que o recolhimento dos materiais recicláveis deixa a cidade de Codó mais limpa. Assim como, existiram participantes (10 catadores) que apontaram a ajuda da separação de resíduos na renda familiar, outros que responderam pela contribuição ambiental do processo citado no município em evitar a poluição do solo e água (7 catadores), com relação a redução de lixo acumulado nas vias públicas de Codó apenas (1 catador).

Durante as rodas de conversas e observações da pesquisa de campo, as vantagens registradas pelo gráfico foram as mais discutidas entre os associados da cooperativa, denotando que estes compreendem a importância da existência do trabalho, mesmo que a dinâmica seja desafiadora.

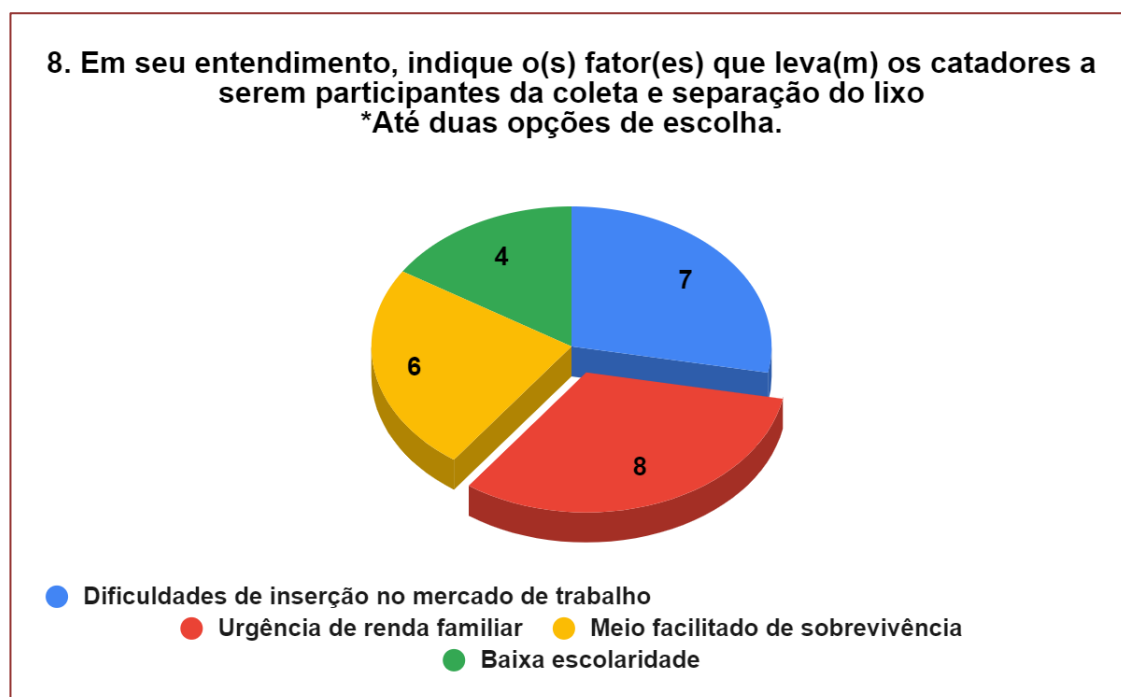
Gráfico 7 – Obstáculos Recorrentes

Fonte: Dados da Pesquisa (2023)

Segundo Santos (2008), os catadores relatam diferentes agravos à saúde como furadas de agulhas e dores musculares em várias partes do corpo relacionadas a movimentos repetitivos e diferentes esforços físicos para realização de seu trabalho diário. O gráfico intitulado “obstáculos recorrentes” (Gráfico 7) aponta alguns entraves comuns na atividade laboral do cotidiano destes, com a falta de EPI’s sendo o mais frequente (73,3%). Paralelamente, os resíduos misturados na etapa da separação (13,3%), a discriminação social e o esforço físico excessivo com resultados iguais (6,7%) estão incorporados no cotidiano do catador.

Corroborando um estudo feito em Fortaleza – CE, a atividade de catação pelas ruas da cidade envolve diversos riscos, porém apenas 20% dos entrevistados afirmaram adotar algum cuidado na hora de manusear o lixo que encontram na rua, como olhar atentamente o que existe no saco de lixo, rasgar com cuidado os sacos plásticos, etc.

Agrava a situação o fato de 92% dos entrevistados não utilizarem nenhum equipamento de proteção individual (Silva; Santos, 2016). Essas considerações têm estreita relação com a renda do catador, uma vez que esta é pouca e não lhe permite comprar materiais de segurança (luvas, máscaras, botas etc.).

Gráfico 8 – Origens do Trabalho dos Catadores

Fonte: Dados da Pesquisa (2023)

Em congruência com o raciocínio de Silva e Santos (2016), a atividade do catador pode ter como causa o processo contínuo do desemprego. As autoras recorreram a outros trabalhos para descobrir que antes de serem catadores, os sujeitos estavam inseridos em outros contextos de trabalhos. Dessa forma, por estarem sem renda, em virtude do desemprego, os envolvidos encontram na catação de resíduos recicláveis meios para subsistência, tanto individual quanto familiar; essa configuração urgente demonstra que atitudes integradas entre as esferas de gestão política devem ser preconizadas para que outros agravos oportunistas sejam impedidos de alcançarem lugar no estilo de vida dos pesquisados.

Neste contexto, o gráfico “Origens do trabalho dos catadores” (Gráfico 8) revela que: (8 participantes) recorreram à coleta em razão da urgência de gerar renda familiar, há também aqueles que a fizeram pelas dificuldades de inserção no mercado de trabalho (7 participantes). Existindo, ainda, catadores que acreditam na coleta com um meio “fácil” de sobrevivência (6 participantes), bem como sujeitos que utilizam a atividade de coletar, em razão da sua baixa escolaridade (4 participantes), requisito mínimo para introduzir-se em postos de trabalho formais.

CONCLUSÃO

Conforme resultados obtidos, este trabalho, dispõe dados da realidade do Programa Bolsa Catador no Município de Codó, estado do Maranhão, possibilitando uma tentativa de reorientar percepções da coletividade codoense para o labor e estilos de vida dos coletores de recicláveis da Associação da Comunidade do Lixão.

O Programa Bolsa Catador inicia um plano para inserir os catadores nas políticas

públicas municipais, este, porém, necessita aprofundar-se na vida dos catadores, com a finalidade de preparar caminhos para minimizar outros entraves que estão dispostos a margem do Programa. Ou seja, o aparelho público precisa perceber a quantidade de evadidos da escola, os que têm família e são desempregados além daqueles que introduzem um pensamento pessimista e reducionista sobre a própria vida.

O bullying é muito presente na vida desses sujeitos, este é um obstáculo não mencionado nos resultados, contudo percebido nas falas, no momento indicado para roda de conversa e observação; porém cabe neste espaço inserir a proposição de diálogos com o único objetivo de gerar uma cultura de confraternidade, no sentido, de sensibilizar-se com a situação debatida e mediar transformações tangíveis.

O meio ambiente é entendido não apenas como natureza dominada, mas como natureza e ser humano, isto é, o homem inserido no ambiente natural e, por isto, participante das consequências da preservação ou depredação. Deste cenário, é aconselhada a abrangência da sustentabilidade ambiental em uma possível reestruturação legal do Programa.

Deste modo, o aumento do valor precisa acontecer abarcando a individualidade do catador, a família, caso tenha, e a possibilidade de inserção em outras atividades laborais.

REFERÊNCIAS

- [1] BOLFE, S. A. *et al.* O trabalho cotidiano dos catadores no urbano periférico da cidade de Santa Maria, RS: caso do bairro Camobi. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, v. 36, p. 536-586, 2014.
- [2] BRASIL ESCOLA. Brasil escola, 2023. **Cerrado**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/cerrado.htm>. Acesso em: 18 out. 2023.
- [3] BRASIL. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, [2010]. Disponível em: L12305 (planalto.gov.br). Acesso em: 01 out. 2023.
- [4] FILARDI, F.; SIQUEIRA, E.S.; BINOTTO, E. Os catadores de resíduos e a responsabilidade socioambiental: a percepção sobre seu lugar social. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 17-35, 2011.
- [5] FRANCO, R. G.; RIBEIRO, J. C. Junqueira. **Programa Bolsa Reciclagem: Impactos na política de coleta seletiva do estado de Minas Gerais**. **Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável**, [s.l.], v.8, n.1, p. 94-128, jan./jul. 2022.
- [6] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Codó**, 2023. Cidades. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/codo/panorama. Acesso em: 01 out. 2023.
- [7] PAULA, Alessandra *et al.* A inclusão social do catador de recicláveis: estudo de caso. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v.4, n.2, p. 6-26, jul./dez. 2013.
- [8] PEREIRA, T. C. G. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: Nova Regulamentação Para Um Velho Problema**. **Revista Direito e Justiça: reflexões sociojurídicas**, Santo Ângelo, RS, v.11, n.7, p. [1-7], 2011.
- [9] PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa**. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013. 277 p.
- [10] ROCHA, A. E.; OLIVEIRA, L. B. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: 2022-2025**. São Luís: Editora UEMA, 2022. *E-book*. 104 p. Disponível em: <https://www.uema.br/2023/08/plano-de-gerenciamento-de-residuos-solidos-da-universidade-estadual-do-maranhao/>. Acesso em: 05 out. 2023.
- [11] SANTANA, A. L.; LANGE, L. C.; MAGALHÃES, A. S. O impacto do instrumento econômico Bolsa Reciclagem orientado aos catadores[...]. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v.27, n.4, p. 737-747, jul./ago. 2022.
- [12] SANTOS, G. O. **Resíduos sólidos domiciliares, ambiente e saúde: (Inter) relações a partir da**

visão dos trabalhadores do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Fortaleza/CE. 2008. 164f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

[13] SILVA, A.P.P.; SANTOS, G.O. (Re)conhecimento das condições de vida dos catadores autônomos de materiais reutilizáveis e recicláveis do Centro de Fortaleza. **Revista Tecnologia**, v. 37, n. 1/2, p. 19-36, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5020/23180730.2016.V37.1/2.19-36>. Acesso em: 07 out. 2023.

[14] SILVA, E. M. T.; VIRGOLIN, I. C.; ISRAEL, A. L. P.; VERISSIMO, F.; GUMA, A. Traços do Perfil dos Catadores de Materiais Recicláveis do Município de Cruz Alta/RS. *In*: XVI Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 16., 2011, Cruz Alta, RS. **Anais Eletrônicos**. Cruz Alta: UNICRUZ, 2011. p. [1-5].

Capítulo 10

Monitoramento do estado trófico de reservatório de altitude na Serra da Ibiapaba-Ceará

Maria da Conceição de Souza Mendonça¹

Jurandir Rodrigues de Mendonça Júnior²

Resumo: Os reservatórios no semiárido brasileiro enfrentam riscos de degradação da qualidade da água devido em função da poluição hídrica aliada aos fatores ambientais como altas temperaturas, alta evapotranspiração e longo período de estiagem, especialmente a eutrofização. O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução do estado trófico de um reservatório de altitude localizado na Serra da Ibiapaba ao longo de um período de dez anos. Foram analisados dados diários de precipitação, volume diário de água, e o estado trófico do reservatório. A média de precipitação da região compreende poucos meses chuvosos e um longo período de seca, típico de regiões semiáridas. O reservatório Jaburu I foi predominantemente mesotrófico, apresentando-se hipereutrófico apenas uma vez em 2023.

Palavras-chaves: reservatório, estado trófico, Jaburu I, Ceará.

¹ Professora EBTB do curso Superior de Tecnologia em Agroindústria do IFCE campus Ubajara

² Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFC

1. INTRODUÇÃO

A construção de reservatórios de abastecimento no semiárido brasileiro surge como uma das primeiras alternativas políticas para combater ou mitigar os efeitos causados pela seca. É uma das políticas públicas mais antigas implantadas na região, voltado para atender às necessidades de abastecimento humano e animal, além de contribuir para o desenvolvimento de centros de concentração social e/ou atividades econômicas (NETO, 2017).

Os reservatórios são suscetíveis à degradação da qualidade da água devido à variabilidade climática e à influência humana. Com seu longo tempo de retenção de água, essas estruturas tornam-se ainda mais vulneráveis a processos de degradação da qualidade da água, como a eutrofização. (MOSLEY, 2015; WIEGAND *et al.*, 2016). Para isso, é fundamental levar em conta a variabilidade do ciclo hidrológico como um fator norteador para apoiar a gestão hídrica, visando atender de forma adequada às demandas hídricas regionais (OKI *et al.*, 2006).

Um instrumento importante para avaliar a qualidade dos recursos hídricos é a aplicação do índice de estado trófico (IET) (ANDRIETTI *et al.*, 2016). Esse índice é empregado para guiar classificações com base em um conjunto de parâmetros de qualidade confiáveis, simplificando a compreensão das condições do meio aquático. Além disso, é útil para identificar distúrbios e tendências em um corpo d'água ao longo de um determinado período (BORGES e GUIMARÃES, 2000; SREEDHAR *et al.*, 2017).

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução do estado trófico do reservatório Jaburu I, manancial de abastecimento de altitude localizado na Serra da Ibiapaba, na porção oeste do estado do Ceará, ao longo de um período de 10 anos.

2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

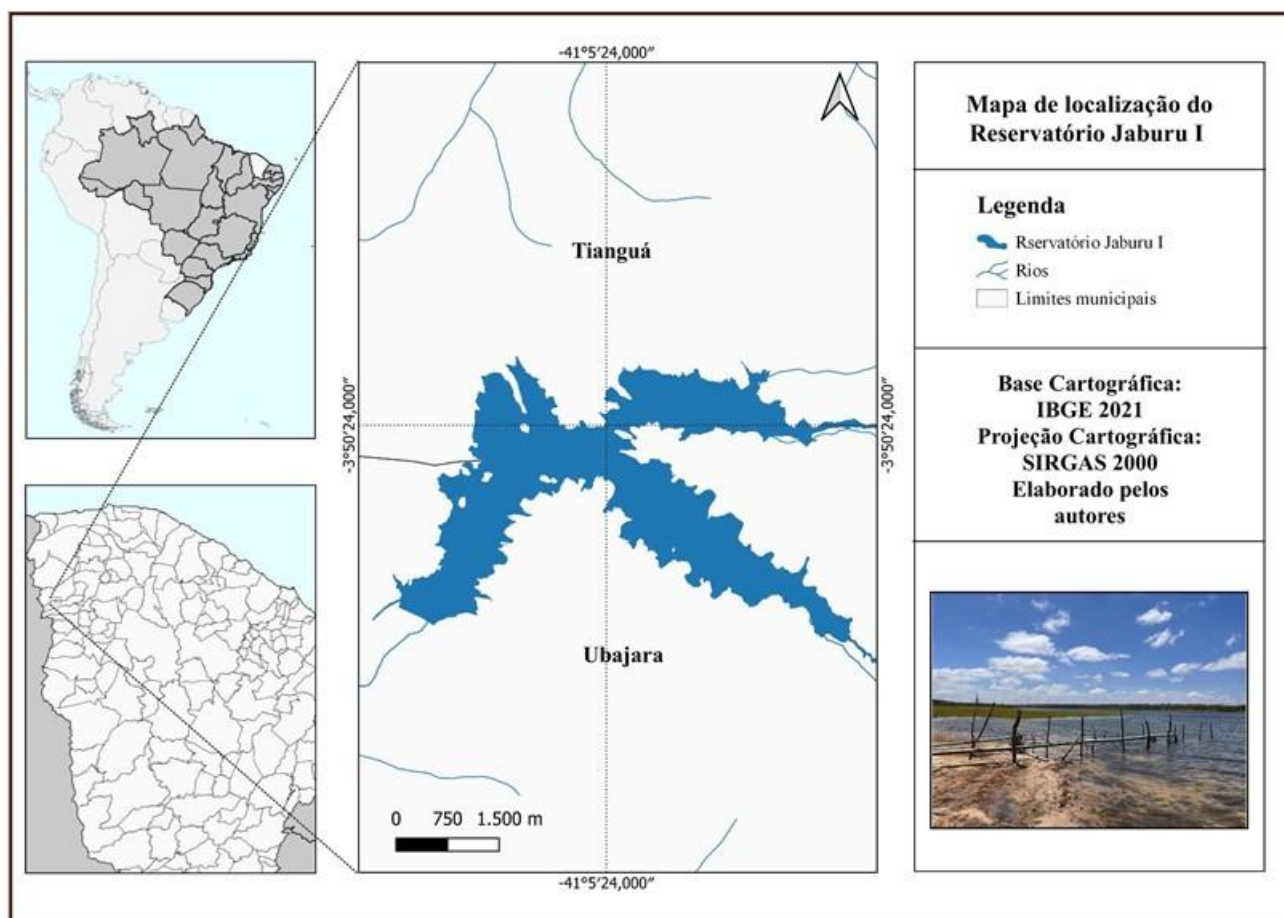
A área de estudo deste trabalho foi o Reservatório Jaburu I, localizado na Serra da Ibiapaba, no Ceará (figura 1). O reservatório está localizado entre os municípios de Ubajara e Tianguá e possui uma capacidade máxima de armazenamento de água de 140,33 hm³ (FUNCEME, 2024). Além disso, o manancial faz parte da Região Hidrográfica do Parnaíba e o mesmo foi construído pelo barramento do Rio Jaburu em 1983 (ANA, 2016). De acordo com a Correia *et al.* (2011), a Serra da Ibiapaba se encontra na região semiárida.

O reservatório Jaburu I abastece oito municípios da região, Carnaubal, Ibiapina, Tianguá, São Benedito, Ubajara e Viçosa do Ceará; e de outros dois centros urbanos no sertão - Graça e Mucambo.

Foram analisados 10 anos de dados diários de precipitação, volume diário de água do reservatório e estado trófico. Os dados foram obtidos pelos portais *online* da Fundação Cearense de Meteorologia e Recurso Hídricos (FUNCEME) e da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH).

Segundo a FUNCEME, as coletas de água do reservatório foram realizadas pela rede de monitoramento da qualidade de água da COGERH (RMQA) em campanhas que tiveram diferentes intervalos de tempo ao longo de 10 anos, mas sempre ocorreram três amostragens em cada ano. Os laboratórios responsáveis pelas análises físicas, químicas e biológicas foram o da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e outros parceiros.

Figura 1 – Mapa de Localização do reservatório Jaburu I na Bacia Hidrográfica da Serra da Ibiapaba



Fonte: Próprio autor (2024)

A metodologia para a classificação do estado de trofia foi baseada em Lamparelli (2004) e Cetesb (2007) e a descrição de cada uma das classes pode ser visualizada no Quadro 1.

Quadro 01 – Descrição do estado de trofia

ESTADO DE TROFIA	SIGNIFICADO
Oligotrófico	Possuem águas limpas, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	São águas com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	São os corpos de água com alta produtividade, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos usos múltiplos.
Hipereutrófico	Águas afetadas significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutriente, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado aos episódios de florações de algas ou mortandade de peixes, com comprometimento acentuado nos seus usos.

Fonte: adaptado de Lamparelli (2004) e Cetesb (2007)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

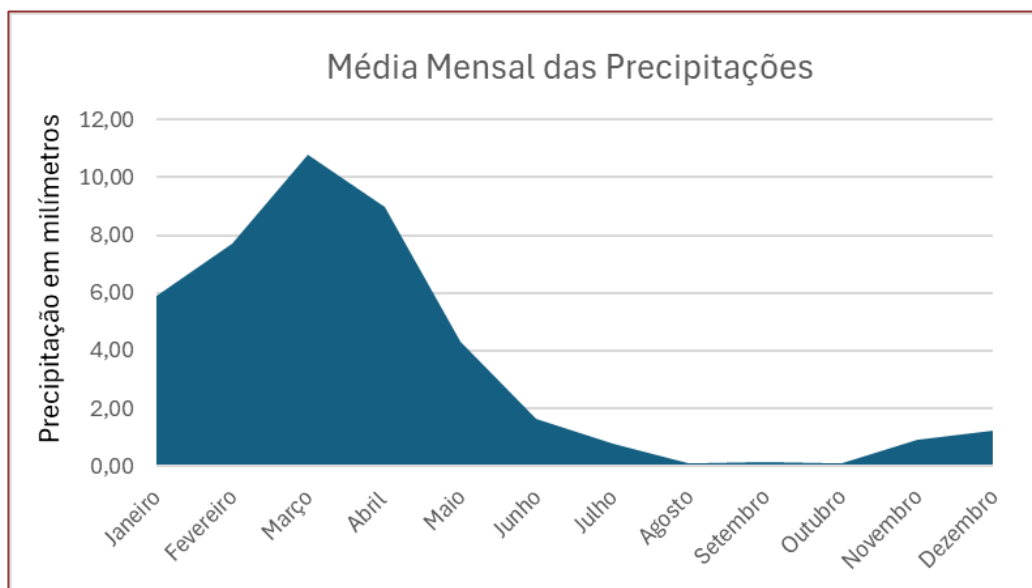
3.1. PRECIPITAÇÃO

Ao analisar os dados diários de precipitação na estação meteorológica localizada na cidade de Ubajara-CE, foi possível realizar uma média simples da precipitação mensal ao longo do período de estudo (gráfico 01). Desta forma, foi observado que a quadra chuvosa no período de estudo concentrou-se principalmente nos meses de janeiro a maio, sendo março o mês com maior precipitação na região. Embora o reservatório Jaburu I seja localizado em cima de uma chapada, o comportamento de precipitação da região mostrou ser típico de regiões de semiárido, com poucos meses chuvosos e um longo período de seca, tendo os meses de setembro e outubro frequentemente com zero milímetros de precipitação.

Considerando a totalidade dos dados diários de precipitação de 10 anos, a média histórica desse período foi de 3,52 mm. A média de precipitação de cada ano está representada no gráfico 02.

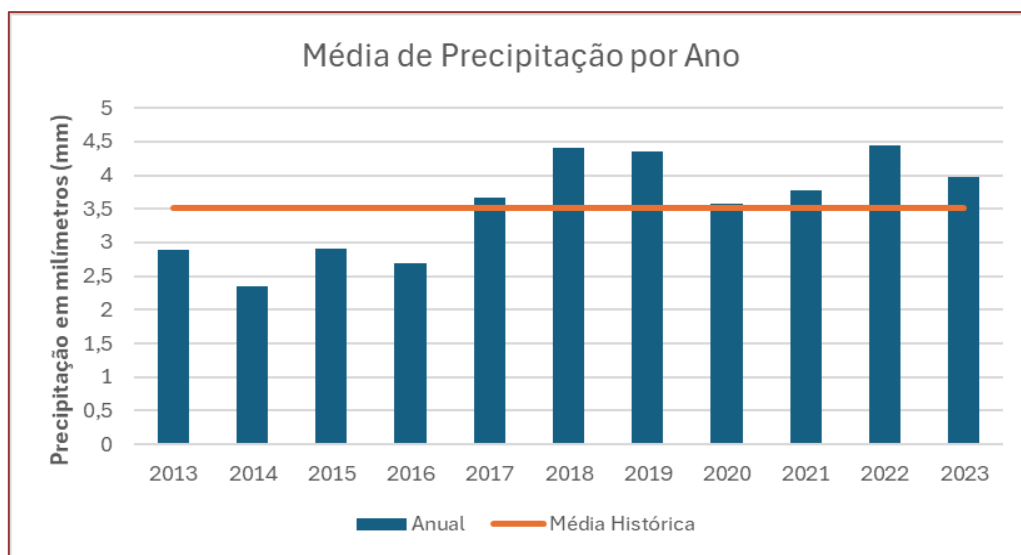
A precipitação pluviométrica no semiárido brasileiro é caracterizada pela variabilidade espaço-temporal. Essa variabilidade, combinada com os baixos totais anuais de precipitação na região, resulta na frequente ocorrência de dias sem chuva, conhecidos como veranicos, e, conseqüentemente, em eventos de "seca" (BARBOSA *et al.*, 2012).

Gráfico 01 - Média mensal de precipitação em milímetros ao longo de dez anos (2013-2023) de monitoramento da estação meteorológica localizada no município de Ubajara, Ceará.



Fonte: Próprio autor (2024)

Gráfico 02 - Média de precipitação histórica de dez anos e média de precipitação anual em milímetros da estação meteorológica localizada no município de Ubajara, Ceará.



Fonte: Próprio autor (2024)

Entre 2013 e 2016 a precipitação anual foi abaixo da média histórica de 10 anos, enquanto de 2017 a 2026 a precipitação média de cada ano se manteve sempre acima de 3,52 mm. Nas regiões semiáridas, a frequente escassez de água pode ser agravada por longos períodos de seca e pelo intenso uso de recursos hídricos, resultando na diminuição dos níveis de água em reservatórios e lagos. Esse fenômeno causa uma concentração de nutrientes em volumes reduzidos de água, aumentando, conseqüentemente, a suscetibilidade desses corpos d'água à eutrofização (MOSS *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2016). Segundo Marengo (2006), o semiárido brasileiro sempre foi afetado por grandes eventos extremos de seca, embora não seja incomum ocorrerem também grandes enchentes. Portanto, os dados de precipitação são importantes para entender o aporte de volume de água no reservatório e seu estado trófico.

3.2. VOLUME DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO

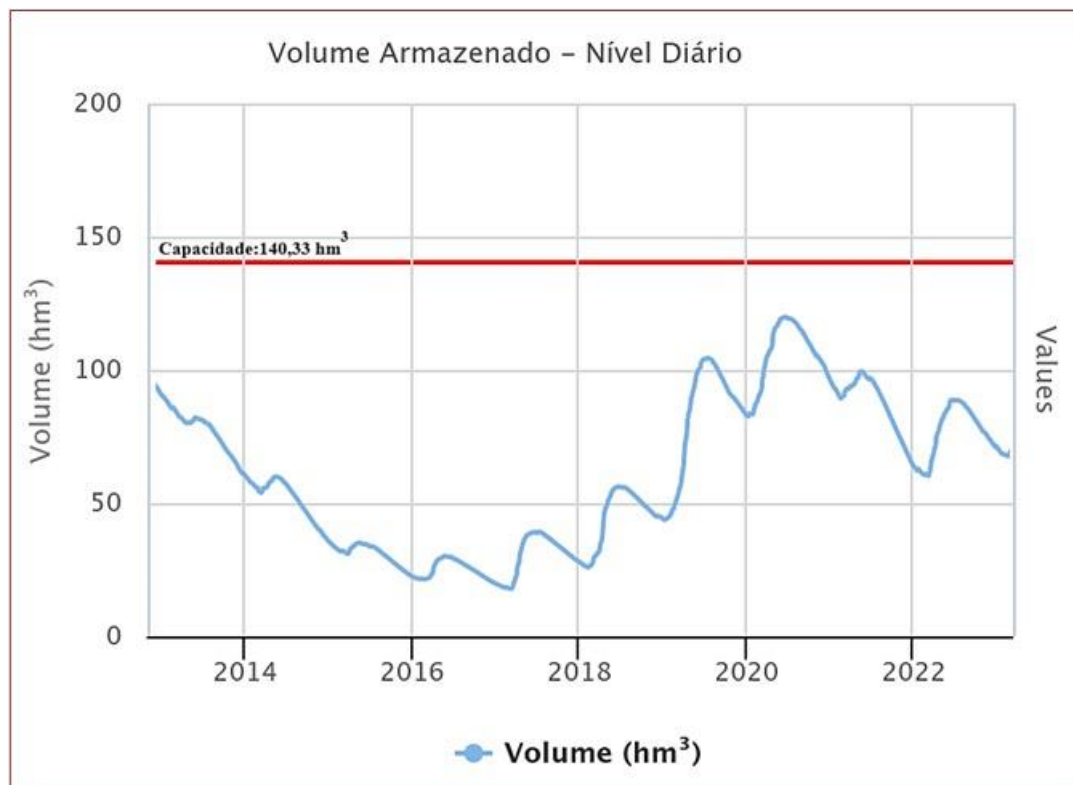
Entre os anos de 2013 e 2016 o volume de água do reservatório diminuiu. Esse período coincide com as precipitações anuais abaixo da média histórica, desta forma, durante esse período houve maior perda de água do que entrada. A partir de 2017 o volume do reservatório voltou a aumentar, mas não alcançou 100% de volume da sua capacidade, mesmo com precipitações acima da média histórica de 10 anos (gráfico 03).

Em regiões áridas e semiáridas, os reservatórios estão sujeitos a uma marcante redução sazonal de seus níveis (ARFI, 2003; NASELLI-FLORES, 2003; NASELLI-FLORES E BARONE, 2005), nos quais a regulação das vazões controla o fluxo de nutrientes e a produtividade de cada reservatório (POFF e ZIMMERMAN, 2010).

No Reservatório Jaburu I, a estrutura de saída de água está mantida aberta, proporcionando uma vazão constante de 1400 L/s. Essa medida visa criar condições favoráveis para a implementação de medidas preventivas, juntamente com outras intervenções na área circundante ao medidor de vazão. Essas ações são uma resposta à detecção de erosão interna na região a jusante da barragem durante o segundo semestre de 2020 (COGERH, 2020).

Além disso, de acordo com a Agência Nacional de Água (ANA, 2020), o reservatório experimentou uma perda de 33% de sua capacidade total de armazenamento de água, resultante da degradação ambiental que findou no assoreamento e no desaparecimento de nascentes e riachos. Anteriormente, a capacidade máxima de armazenamento do reservatório era de 210 hm³. Este dado, traz uma preocupação importante sobre como o uso e ocupação do solo no entorno afeta diretamente a qualidade e capacidade de armazenamento do reservatório.

Gráfico 03 - Volume de água diário acumulado no Reservatório Jaburu I ao longo de dez anos de monitoramento.



Fonte: FUNCEME (2024)

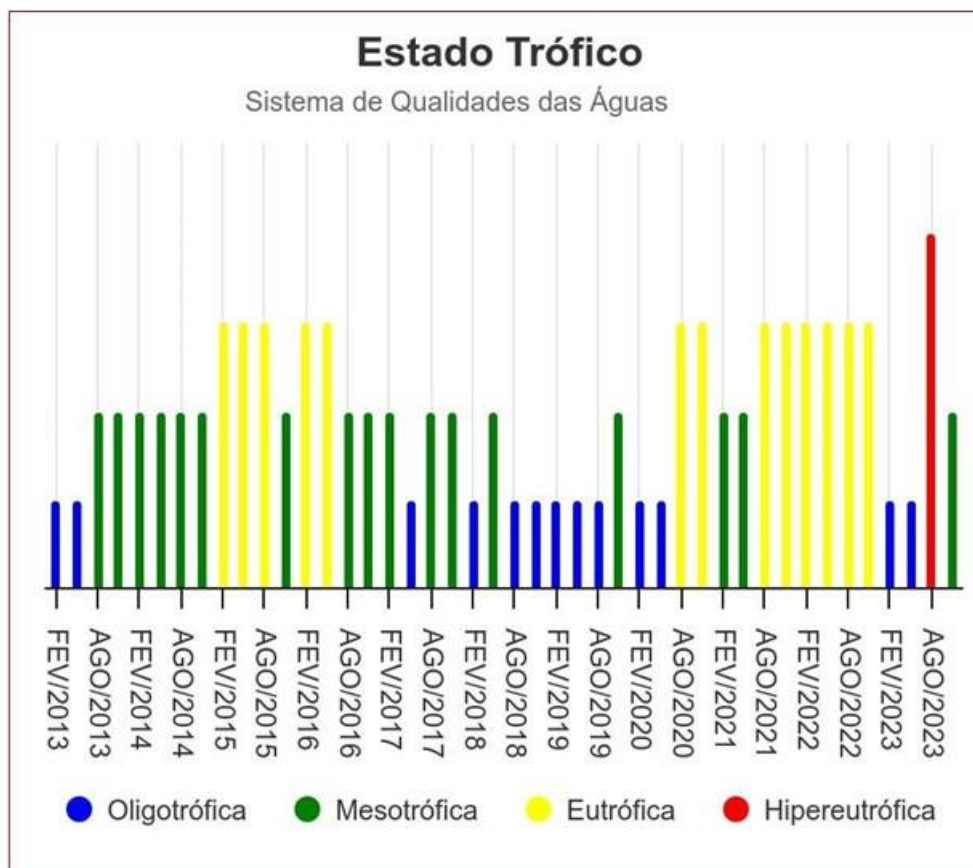
Devido ser o único reservatório de grande porte na Serra da Ibiapaba atendendo a demanda de diversos municípios e a situação da segurança da barragem, este é monitorado com bastante atenção pela ANA, COGERH e o Comitê da Bacia Hidrográfica da Serra da Ibiapaba. Juntos, esses três órgãos decidem periodicamente sobre a vazão de água do manancial, a fim de manter a sua integridade (ANA, 2020; COGERH, 2020).

3.3. ESTADO TRÓFICO DO RESERVATÓRIO

Nas regiões semiáridas a construção de reservatórios torna-se essencial para suprir as demandas de abastecimento da população, além de outras necessidades como dessedentação animal e agricultura, representando assim uma estratégia de gestão dos recursos hídricos (BARBOSA *et al.*, 2012; MOAL *et al.*, 2019). Porém, devido à eutrofização, diversos reservatórios e lagos ao redor do mundo têm tido sua capacidade de prover água potável para as populações, sustentar ecossistemas aquáticos e economias locais, além de oferecer áreas de lazer, ser drasticamente afetada (FIGUERÊDO *et al.*, 2006).

Ao longo de dez anos de monitoramento, o reservatório Jaburu I foi predominantemente mesotrófico, apresentando-se hipereutrófico apenas uma vez, na coleta de agosto de 2023 (gráfico 04), retornando a ser mesotrófico na coleta seguinte.

Gráfico 04 - Estado trófico do Reservatório Jaburu I ao longo de dez anos de monitoramento.



Fonte: FUNCEME (2024)

A coleta de agosto de 2023 apresentou uma produtividade correspondente à hipertrofia. O dado de produtividade por meio da clorofila *a*, usado pela COGERH, é um parâmetro sensível, já que o fitoplâncton responde de forma rápida a entrada de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio (REYNOLDS, 2006). A hipótese mais provável é que uma entrada pontual de nutrientes poucos dias antes da coleta tenha causado um rápido aumento da massa algal, mas insuficiente para sustentar esse crescimento por mais tempo, pois na coleta de novembro de 2023 o reservatório retorna para o estado mesotrófico. Assim sendo, o monitoramento seria mais adequado se ocorresse de forma mensal, a fim de identificar mais facilmente possíveis outliers nos dados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da gestão apropriada dos recursos hídricos na área desta bacia do Jaburu I se destaca, dado que há apenas um reservatório monitorado que supre a necessidade de abastecimento da maior parte dos municípios da região.

Nos sistemas de abastecimento público, a poluição hídrica e a eutrofização são fatores agravantes, correlacionados com os aspectos físico-ambientais que impactam negativamente as atividades econômicas locais (FREITAS *et al.*, 2011), bem como a gestão dos recursos hídricos. Portanto, na região semiárida, são imprescindíveis novas estratégias de planejamento ambiental.

A determinação do estado trófico de cada reservatório monitorado pela COGERH é feita com base na avaliação de todas as informações levantadas em cada campanha. Estas informações se complementam e servem para validar o estado trófico determinado para cada campanha. Além disso, é importante ressaltar a atuação da ANA, da COGERH e do Comitê de Bacia Hidrográfica da Serra da Ibiapaba no que tange a segurança da barragem do reservatório Jaburu I.

REFERÊNCIAS

- [1] ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A.G.; ALMEIDA, F.T.; BONGIOVANI, M.C.; SCHNEIDER, R.M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Rev. Ambient. Água**, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.
- [2] ARFI, R. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, v.8, n.3-4, p.247-257, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1770.2003.00223.x>>.
- [3] ANA. Agência Nacional de Água. **Relatório do semiárido brasileiro: hidrologia, balanço e operação**. 2016. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/arquivos/semiarido/204res/Parna%C3%ADba_Jaburu_I.pdf> Acesso em 28 mar 2024.
- [4] ANA. Agência Nacional de Água. **RELATÓRIO DE ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO Nº 4/2020/COMAR/SRE**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/governanca-regulatoria/analise-de-impacto-regulatorio-air/AIRRes.ANA82e83.2021MarcoRegulatrioRiosPotieLong.pdf>> Acesso em 28 mar 2024.
- [5] BARBOSA, José Etham de Lucena; MEDEIROS, Elvio Sérgio Figueredo; BRASIL, Jandeson; CORDEIRO, Raquel da Silva; CRISPIM, Maria Cristina Basilio; SILVA, Gustavo Henrique Gonzaga da. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 103-118, 4 set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x2012005000030>.
- [6] BORGES, J.T.; GUIMARÃES, J.R. Utilização do índice de qualidade de águas (IQA – CETESB) e do índice de estado trófico (IET – CARLSON) para classificar a qualidade das águas da lagoa do Taquaral - Campinas-SP. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA**, 23. 2000. Poços de Caldas. Anais eletrônicos. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos/0386-1/index.html>>. Acesso em: 28 mar. 2024.
- [7] CETESB. 2007. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006**. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios)
- [8] COGERH. Relatório Anual de Segurança das Barragens 2020. 2020. Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2021/10/relatorio-seguranca-das-barragens-2020-cogerh.pdf>> Acesso em 15 mar 2024.
- [9] COSTA, M.R.A., ATTAYDE, J.L. and BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semiarid shallow lakes. **Hydrobiologia**, 2016, 778(1), 75- 89. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-015-2593-6>.
- [10] CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B. de; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A. de; ARAUJO, J. L. P. **A região semiárida brasileira**. In: EMBRAPA. 2011 Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54762/1/01-A-regiao-semiarida-brasileira.pdf-18-12-2011.pdf>> Acesso em 15 mar 2024
- [11] Figueirêdo, M. C. B. D., Teixeira, A. S., Araújo, L. D. F. P., Rosa, M. F., Paulino, W. D., Mota, S., & Araújo, J. C. (2007). Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Engenharia sanitária e ambiental**, 12, 399-409.
- [12] LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

- [13] MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. il. (Série Biodiversidade, v.26).
- [14] MOAL, Morgane Le; GASCUEL-ODOUX, Chantal; MÉNESGUEN, Alain; SOUCHON, Yves; ÉTRILLARD, Claire; LEVAIN, Alix; MOATAR, Florentina; PANNARD, Alexandrine; SOUCHU, Philippe; LEFEBVRE, Alain. Eutrophication: a new wine in an old bottle?. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 651, p. 1-11, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.139>.
- [15] MOSLEY, L.M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. **Earth-Science Reviews**, v. 140, p. 203-214, 2015.
- [16] MOSS, B., KOSTEN, S., MEERHOFF, M., BATTARBEE, R.W., JEPPESEN, E., MAZZEO, N., HAVENS, K., LACEROT, G., LIU, Z., MEESTER, L., PAERL, H. and SCHEFFER, M. Allied attack: climate change and eutrophication. **Inland Waters**, 2011, 1(2), 101-105. <http://dx.doi.org/10.5268/IW-1.2.359>.
- [17] Naselli-Flores, L. Man-made lakes in Mediterranean semi-arid climate: the strange case of Dr Deep Lake and Mr Shallow Lake. **Hydrobiologia**, v.506-509, n.1-3, p.13-21, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008550.34409.06>>.
- [18] Naselli-Flores, L.; Barone, R. Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. **Hydrobiologia**, v.548, p.85-99, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-005-1149-6>>.
- [19] OKI, T.. Global Hydrological Cycles and World Water Resources. **Science**, [S.L.], v. 313, n. 5790, p. 1068-1072, 25 ago. 2006. **American Association for the Advancement of Science (AAAS)**. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1128845>.
- [20] POFF, N. L.; ZIMMERMAN, J. K. H. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. **Freshwater Biology**, v.55, n.1, p.194-205, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x>>.
- [21] Neto, P. (2017). Perspectivas da açudagem no semiárido brasileiro e suas implicações na região do Seridó potiguar. **Sociedade & Natureza**, 29, 285-294.
- [22] REYNOLDS, Colin S. **The ecology of phytoplankton**. Cambridge University Press, 2006.
- [23] SREEDHAR, Y.; NAGARAJU, A. Groundwater quality around Tummalapalle area, Cuddapah District, Andhra Pradesh, India. **Applied Water Science**, v. 7, n. 7, p. 4077-4089, 2017.
- [24] WIEGAND, M.G.; PIEDRA, J.I.G.; ARAÚJO, J.C. Vulnerabilidade à eutrofização de dois lagos tropicais de climas úmido (Cuba) e semiárido (Brasil). **Eng. Sanit. Ambient**, v. 21, n. 2, p. 415-424, 2016.

Capítulo 11

Água de reúso como fonte hídrica para agricultura no Brasil: qualidade sanitária e padrões descritos em normativas nacionais e internacionais

Natasha Berendonk Handam^{1 4}

Adriana Sotero-Martins¹

Rodrigo Bezerra da Silva²

Ana Beatriz Loureiro Gonçalves da Silva²

Elvira Carvajal³

Priscila Gonçalves Moura⁴

José Augusto Albuquerque dos Santos⁵

Resumo: A água de reúso, recurso resultante de efluentes tratados, pode ser uma fonte de água para agricultura, no entanto, é importante a avaliação da sua qualidade para não causar agravos a saúde ambiental e humana. O trabalho visou avaliar os parâmetros de qualidade sanitária existentes para reúso agrícola descritos em normatizações do Brasil, comparando com os descritos nas principais normativas dos Estados Unidos da América. Foi realizado estudo descritivo comparando os parâmetros de qualidade sanitária (microbiológicos, físicos e químicos) para reúso agrícola descritos nas normatizações do Brasil, com os descritos nas principais normativas dos Estados Unidos da América. Foi realizada também análises da qualidade sanitária (bacteriológica e físico-química) de amostras de água de reúso, para utilização na irrigação da agricultura, comparando com os padrões estabelecidos em normativas brasileiras e internacionais. Foram realizadas análises bacteriológicas e físico-químicas, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. Os resultados mostraram que há uma defasagem entre as normativas do Brasil em relação as legislações internacionais, se tratando dos parâmetros físicos, químicos e biológicos para a avaliação da qualidade do reúso agrícola. O estudo aponta a necessidade da criação de legislação nacional para o reúso agrícola no Brasil, tendo em vista que o sistema brasileiro quanto ao controle de poluentes e contaminantes hídricos e aproveitamento de águas residuais ainda se encontra em estágios iniciais comparado à níveis Internacionais. As análises bacteriológicas mostraram que as amostras “clorada” e “polida” estavam próprias para agricultura, de acordo com as normativas brasileiras. No entanto a amostra “biológica” estava imprópria para uso, apresentando nível elevado, 25.800 UFC/mL de coliformes termotolerantes. Segundo as análises bacteriológicas e físico-químicas apenas a amostra de reúso “polida” estava própria para reúso agrícola. O estudo mostrou a importância da forma de tratamento de água de reúso para qualidade sanitária da água, e isso é fundamental a criação de lei federal de reúso agrícola, a fim de evitar danos à saúde humana e ambiental.

Palavras-chave: Reúso Agrícola, Agricultura, análises bacteriológicas e físico-químicas, Normativas.

¹ Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

² Bolsista PIBIC/ENSP/CNPQ, Fiocruz

³ Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

⁴ Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz

⁵ Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil e no mundo, observam-se vários exemplos da utilização de água de reúso para diversos fins, como por exemplo, para a agricultura (Handam et al., 2022; MOURA et al., 2019; FAO, 2017; MORAIS et al., 2016). A água de reúso é definida como a reutilização de águas provenientes de efluentes tratados (MORAIS et al., 2016). E pode ser classificada de acordo com Moura et al. (2020), que conceitua considerando a origem da água de reúso, sendo:

“(i) **Reúso local ou interno**, o proveniente de águas cinzas a partir de reúso residencial (casa ou prédio) e reúso de novos empreendimentos comerciais ou não; (ii) **Reúso externo**, o proveniente de águas negras (esgoto bruto) a partir de estações tratamento de esgoto e que passam na sequência por estações de tratamento de água de reúso (ETE+ETAR).”

A agricultura é a atividade econômica que mais demanda água, cerca de 70% (Peng et al., 2019; WHO, 2013), e devido à escassez das fontes hídricas para esta atividade em diversas regiões, a água de reúso se torna uma alternativa para enfrentamento desse problema (FAO, 2017; MANCUSO e SANTOS, 2013).

A utilização de água de reúso na agricultura pode trazer benefícios como nutrientes e água, favorecendo o crescimento de plantas e reduzindo o uso de fertilizantes artificiais (EPA, 2012). A irrigação com água de reúso é uma forma de fertirrigação natural, proveniente de nutrientes, como nitrogênio, potássio e fósforo, fundamentais no cultivo em solos pobres (OTENIO, 2015). Além disso, representa uma alternativa para diminuir a pressão da demanda sobre os mananciais e reduzir a quantidade de esgoto descartada (MANCUSO e SANTOS, 2013). No entanto, a água de reúso deve ser bem gerenciada e com qualidade adequada, para que não ofereça riscos à saúde humana e ambiental (WHO, 2006). Visto que dependendo da origem e do tratamento empregado para a produção da água de reúso pode ou não ser segura para a saúde humana e ambiental (MOURA et al, 2020). A transmissão de doenças é controlada também por fatores agronômicos como prática de irrigação utilizada, como por gotejamento, práticas de cultura e de colheita (MORAIS et al., 2016).

Deste modo, dependendo da origem e do tratamento empregado para a produção da água de reúso, pode ou não ser segura para a saúde humana e ambiental (Moura et al, 2020), pois pode conter patógenos como protozoários, bactérias, vírus, helmintos, e pela presença elevada de sais (JARAMILLO; RESTREPO, 2017; SILVA et al., 2016). Portanto, para a utilização adequada e segura de águas de reúso para irrigação agrícola é fundamental analisar sua qualidade física, química e microbiológica (EPA, 2012). Contudo, a transmissão de doenças é controlada também por fatores agronômicos como prática de irrigação utilizada, como por gotejamento, práticas de cultura e de colheita (MORAIS et al., 2016). Além disso, o planejamento de gestão adequado pode trazer benefícios, tendo em vista que impactos negativos podem ser reduzidos através de boas práticas agrícolas (WHO, 2006).

No geral, os países têm buscado ampliar a regulamentação e monitoramento dos poluentes e contaminantes que não eram objeto de atenção por parte dos dispositivos

legais, para reaproveitamento das águas residuais (EPA, 2012). Os Estados Unidos estão mais avançados no que tange à qualidade dos corpos hídricos, muitos estados adotam diretrizes de utilização de água de reúso, incentivando novos usos, como a irrigação da agricultura (HANDAM et al., 2021; MOURA et al., 2020).

No Brasil ainda não há uma legislação federal específica para abordar o uso da água de reúso, estabelecendo critérios e parâmetros, como os biológicos e os físico-químicos para avaliação da qualidade da água de reúso para a agricultura. Possui uma norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), nº 13.969/97 (ABNT, 1997), não específica sobre água de reúso, que traz poucos parâmetros de qualidade de água de reúso e normativas e leis pontuais de alguns estados brasileiros que possuem parâmetros de qualidade para utilização de água de reúso na agricultura, que são as normativas (HANDAM et al., 2021; MOURA et al., 2020): Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) do Ceará nº 2 de 02 de fevereiro de 2017 (CEARÁ, 2017), e a Resolução Estadual do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) da Bahia nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010). Isso reflete a baixa maturidade do sistema brasileiro quanto ao controle de poluentes e contaminantes hídricos, e aproveitamento de águas residuais. Internacionalmente, existem normatizações como as da *United States Environmental Protection Agency* (EPA) de 2012, e da *World Health Organization* (WHO) de 2006, que tratam de forma mais completa sobre água de reúso para agricultura, com parâmetros físico-químicos e biológicos, baseados em estudos científicos, de modo que esta água se torne mais segura para aqueles que a utilizam (HANDAM et al., 2021; MOURA et al., 2020).

Neste estudo foi feita uma avaliação dos parâmetros de qualidade sanitária existentes para reúso agrícola descritos em normatizações do Brasil, comparando com os descritos nas principais normativas dos Estados Unidos da América. Foi feita também a análise da qualidade sanitária (bacteriológica e físico-química) de amostras de água de reúso, visando a utilização na irrigação da agricultura, comparando os resultados com os padrões estabelecidos em normativas brasileiras e internacionais.

2. METODOLOGIA

Foi feito um estudo descritivo, sendo comparados os parâmetros de qualidade sanitária (microbiológicos, físicos e químicos) para reúso agrícola descritos nas normatizações do Brasil, com os descritos nas principais Normativas dos Estados Unidos da América. Foi baseado em consultas e coletas de normativas em fontes de dados documentais eletrônicas no Google Acadêmico, no período de março de 2018 a outubro de 2020. Para os critérios de elegibilidade foram consideradas as normatizações em vigência até o período de consulta, e que tivessem descritos parâmetros de qualidade (microbiológicos, físicos e químicos) para reúso agrícola: nacionais brasileiras (níveis federal, estadual e municipal) (HANDAM, et al., 2021). As normativas americanas consideradas na comparação desse estudo foram “*Guidelines for Water Reuse*” da U.S. *Environmental Protection Agency - EPA* (EPA, 2012), e “*Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*” da *World Health Organization - WHO* (WHO, 2006). As normativas Brasileiras encontradas com padrões de qualidade foram (HANDAM, et al., 2021): Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13969/97 (ABNT, 1997); Resolução Estadual do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) da Bahia nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010); e Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) do Ceará nº 2 de 02 de fevereiro de 2017 (CEARÁ, 2017).

Foi realizado um estudo para avaliar a qualidade sanitária (bacteriológica e físico-química) de amostras de água de reúso para irrigação da agricultura. Foram coletadas três amostras de água de reúso, que tiveram procedências diferentes, denominadas com: água de reúso “clorada”, obtida a partir de esgoto tratado (ETE) e depois clorado; água de reúso “polida”, proveniente de esgoto tratado (ETE) que passou por estação de tratamento de água de reúso (ETAR - filtração, ultrafiltração e osmose reversa); e água de reúso “biológica” (HANDAM et al., 2022), a partir de águas cinzas tratadas que passaram por um sistema de filtragem por mecanismos físicos e biológicos (POBLETE, 2010).

As análises bacteriológicas (coliformes termotolerantes) foram realizadas em até 24 horas após as coletas de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater* (APHA, 2017). Foi feita diluição em série conforme descrito por Sotero-Martins (2017), utilizando o método de membrana filtrante com o meio de cultura cromogênico indicador Chromocult® Coliform Agar (Cat. No. 1.10426.0100/500 Merck), e quantificadas em Unidades Formadoras de Colônias UFC/mL de água (Sotero-Martins et al., 2017).

Foram feitas análises físico-químicas de dureza total, turbidez, fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito, sulfato, alcalinidade, condutividade, cor aparente, pH e cloro livre, de acordo com os métodos baseados em *Standard Methods for the Examination of the Water and Wasterwater* (APHA, 2017).

Os resultados bacteriológicos encontrados nas amostras de água de reúso foram comparados com o padrão da Classe 4, para agricultura, estabelecido na Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR nº 13.969/1997 (ABNT, 1997). Para comparação com as leis internacionais, os valores limites recomendados pelas normativas ABNT (5.000 NMP/100 mL) e Resolução do Ceará 2/2017 (1.000 NMP/100 mL) foram convertidas para valores em UFC/mL, considerando que a quantificação em NMP é 2,167 vezes maior do que em UFC (Sotero-Martins et al., 2017), conforme dados estatísticos observados no trabalho de Gronewold e Wolpert (2008). Dessa forma, o padrão de coliformes termotolerantes convertidos da normativa ABNT 13.969/97 foi de 23 UFC/mL, e da lei Resolução do Ceará 2/2017 foi de 4,6 UFC/mL. Os padrões de EPA (2012) e Resolução nº 75 de 2010 da Bahia foram convertidos para UFC/mL, ou seja, em EPA (2012) padrão foi 2 UFC/mL, e o padrão da Resolução nº 75 de 2010 foi 100 UFC/mL (HANDAM, et al., 2022).

Para os parâmetros físico-químicos, as normativas brasileiras existentes para reúso agrícola não determinam padrões de qualidade para todos os parâmetros analisados nesse estudo, estando estabelecidos padrões apenas para condutividade elétrica, cloreto, pH e fluoreto. Dessa forma os resultados desses foram comparados com as normatizações: Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) do Ceará nº 2 (COEMA, 2017); e a Resolução Estadual do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) da Bahia nº 75 (CONERH, 2010). Os resultados dos parâmetros físico-químicos turbidez, cloro, nitrato e cor aparente foram comparados com os Valores Máximos Permitidos (VMP) definidos pela normativa internacional “*Guidelines for Water Reuse*” da U.S. Environmental Protection Agency - EPA (EPA, 2012). A normativa foi considerada, pois possui parâmetros de qualidade físico-químicos e microbiológicos de água de reúso para agricultura, baseados em estudos científicos. Os demais parâmetros analisados dureza total, alcalinidade, nitrito e sulfato foram comparados com os padrões de qualidade estabelecidos na Portaria de Potabilidade Nº 888 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021), pois não possuem padrões de qualidade para reúso agrícola nas normatizações brasileiras e internacionais (HANDAM, et al., 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE SANITÁRIA PARA REÚSO AGRÍCOLA DE NORMATIVAS BRASILEIRAS COM OS DESCRITOS EM NORMATIVAS DOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

No Brasil, foram encontradas leis sobre a aplicação de água de reúso para agricultura, no entanto a maioria não possuía padrões para avaliação da qualidade da água de reúso. Atualmente, existe a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54, de 28 de novembro de 2005, que estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais para regulamentar e estimular a prática de reúso direto não potável de água, em todo território nacional. Especificamente sobre o reúso agrícola, em seu Art. 3º a lei trata sobre as modalidades do reúso direto não potável de água, e dentre estas uma modalidade se refere ao uso para a agricultura: “II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas” (BRASIL, 2005). Esta normativa apenas estabelece a modalidade de utilização de água de reúso na agricultura, porém não traz outras diretrizes sobre o tema (HANDAM et al., 2021).

Em 16 de dezembro 2010 a Resolução CNRH nº 121 estabeleceu as diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005. Nesta normatização possui informações específicas sobre a utilização de água de reúso na agricultura e em cultivo de florestas plantadas. No entanto não trata sobre os padrões para a avaliação da qualidade da água de reúso para a agricultura, apenas coloca que “as características físicas, químicas e biológicas para a água em todos os tipos de reúso para fins agrícolas e florestais deverão atender os limites definidos na legislação pertinente” (BRASIL, 2010). Nesta norma é apresentado que a utilização da água de reúso para fins agrícolas e florestais não pode oferecer riscos ou causar danos ambientais e a saúde coletiva. No art. 6º da legislação diz que as concentrações recomendadas de substâncias químicas no solo para fins agrícolas e florestais, são os valores de prevenção que constam da legislação pertinente. Além disso, recomenda que o solo que recebe a água de reúso também deve ser caracterizado e monitorado periodicamente de acordo com critérios definidos pelo órgão competente, sendo o produtor da água de reúso o responsável. Os métodos de análises da água e do solo devem atender as normas nacionais (BRASIL, 2010). Contudo, esta legislação não deixa claro sobre quais são as legislações pertinentes que devem ser acessadas para verificar os métodos de análises da água e do solo, e sobre os limites máximos permitidos dos parâmetros físicos, químicos, biológicos. Além dos mais no Brasil não existe lei federal com padrões de qualidade para solo, tendo apenas algumas leis estaduais, como a Resolução nº 468 de 2010, editada pela Secretaria Municipal do Rio de Janeiro (SMAC), que trata sobre a qualidade da areia de áreas de recreação. Fica evidente que é uma normativa nacional que está incipiente, e precisa fornecer mais informações e estabelecer os parâmetros e métodos para avaliação da qualidade sanitária da água de reúso e do solo que a recebe para a agricultura e para cultivo de florestas plantadas. Além disto, poucas são as regulamentações sobre água de reúso com padrões de qualidade, o que dificulta a utilização deste recurso hídrico com segurança no território brasileiro, sem causar riscos para a saúde coletiva (HANDAM et al., 2021).

Quanto aos parâmetros microbiológicos, a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13969/97 (ABNT, 1997), trata na classe 4 sobre o reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Esta determina que o limite de coliformes termotolerantes deve ser inferior a 5.000 NMP/100 mL. Outra normativa é a Resolução Estadual do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) da Bahia nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010), que determina um valor limite de coliformes termotolerantes de 1.000 UFC/100 mL para categoria A (Irrigação, inclusive hidroponia, de qualquer cultura incluindo produtos alimentícios consumidos crus), e de 10.000 UFC/100 mL para irrigação por gotejamento; e de 10.000 UFC/100 mL de coliformes termotolerantes para categoria B (Irrigação, inclusive hidroponia, de produtos alimentícios não consumidos crus, produtos não alimentícios, forrageiras, pastagens, árvores, cultivos usados em revegetação e recuperação de áreas degradadas). Existe também no Brasil a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) do Ceará nº 2 de 02 de fevereiro de 2017 (CEARÁ, 2017). Esta determina que deve ter ausência de coliformes termotolerantes em culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação. Para as demais culturas a água deve conter até 1.000 NMP/100 mL de coliformes totais. A lei também trata de ovos de geohelmintos em culturas a serem consumidas cruas em contato direto com a água de irrigação, devendo ter ausência de ovos, mas as demais formas podem até 1 ovo geohelmintos/L de amostra de água de reúso (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Níveis de coliformes termotolerantes para reúso agrícola das normativas brasileiras e internacionais. Fonte: HANDAM et al., 2021.

Categorias	Parâmetros	ABNT (1997)	Bahia (2010)	Ceará (2017)	WHO (2006)	EPA (2012)
		NMP/ 100 mL	UFC/ 100 mL	NMP/ 100 mL	UFC/ 100mL	UFC/ 100 mL
Consumo humano de alimentos crus	Coliformes termotolerantes	5.000	1.000	Ausência	1.000	Ausência
	Helminhos	ND	≤ 1 ovo/L	Ausência	≤ 1 ovo/L	ND
Consumo humano (irrigação por gotejamento); culturas não alimentares	Coliformes termotolerantes	5.000	10.000	462	1.000	200
	Helminhos	ND	≤ 1 ovo/L	≤ 1 ovo/L	≤ 1 ovo/L	ND

ND= Não estão descritos padrões nas leis.

Segundo EPA (2012), a água deve ter concentração de coliformes termotolerantes de até 200 UFC/100 mL, e na irrigação de cultivos por aspersão deve ter ausência de coliformes termotolerantes. Para usos em que a água terá provável contato direto ou indireto recomenda-se a desinfecção para produzir água de reúso sem coliformes fecais detectáveis por 100 mL utilizando a filtração como método. Em WHO (2006) os parâmetros biológicos de qualidade são: Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos esportivos e parques públicos devem ter ≤ 1 ovo de nematóide/L e ≤ 1000 UFC de Coliformes termotolerantes /100mL; Irrigação de culturas cerealíferas, a serem

industrializadas, forragens, pastagens e arbóreas devem ter ≤ 1 ovo de nematóide/L. Foi verificado que os níveis de coliformes termotolerantes das normativas brasileiras citadas estão acima do nível determinado pela EPA (2012). Em relação a normativa de WHO (2006), a lei da Bahia possui os mesmos valores de coliformes, e a lei do Ceará determina valores mais restritivos. Já a norma da ABNT 13969/97 (ABNT, 1997) recomenda valor limite acima do determinado pelas normativas internacionais.

Quanto aos parâmetros físico e químicos os resultados de comparação dos padrões das normativas brasileiras e internacionais se encontram na **Tabela 2** (HANDAM et al., 2021).

Tabela 2 - Valores máximos permitidos dos parâmetros físico-químicos das normativas brasileiras sobre reúso agrícola em comparação com as normas dos EUA. Normatizações: Resolução CONERH da Bahia nº 75/2010; Resolução Estadual do Ceará nº 2/2017; EPA - U.S. Environmental Protection Agency; Guidelines for water reuse, 2012; WHO - World Health Organization. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, 2006. Fonte: HANDAM et al., 2021.

Parâmetros	BAHIA (2010)	CEARÁ (2017)	WHO (2003)	EPA (2012)
pH	ND	6,0 - 8,5	6,6 - 7,0	6,0 - 9,0
Condutividade elétrica (dS/cm)	3,0	3000	< 0,7 (B); 0,7-3,0 (M); >3 (A)	< 0,7 (B); 0,7-3,0 (M); >3 (A)
Cloreto (meq/L)	100-350	ND	> 3	< 4 (B); 4- 0 (M); >10 (A)
Chumbo (mg/L)	5,00	ND	5,00	5,00
Alumínio (mg/L)	5,00	ND	5,00	5,00
Arsênio (mg/L)	0,10	ND	0,10	0,10
Berílio (mg/L)	0,10	ND	0,10	0,10
Boro (mg/L)	0,5	ND	ND	0,75
Cádmio(mg/L)	0,01	ND	ND	0,01
Cobalto(mg/L)	0,05	ND	0,05	0,05
Cobre(mg/L)	0,20	ND	0,20	0,20
Cromo(mg/L)	0,1	ND	0,1	0,1
Ferro (mg/L)	5	ND	5	5
Fluoreto (mg/L)	1	ND	1	1
Lítio (mg/L)	2,50	ND	2,50	2,50
Manganês (mg/L)	0,20	ND	0,20	0,20
Mercúrio (mg/L)	0,002	ND	ND	0,002
Molibdênio (mg/L)	0,01	ND	0,01	0,01
Níquel (mg/L)	0,02	ND	0,02	0,02
Sódio (mg/L)	70	ND	<3 (B); >3 (M) <3 (B); 3 - 9 (M); >9 (A)	70
Vanádio (mg/L)	0,10	ND	0,10	0,10
Zinco (mg/L)	2	ND	2	2

ND= Não estão descritos padrões nas leis; B= risco baixo; M= risco moderado; A= risco alto.

Segundo a Resolução Estadual nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010), o valor para condutividade elétrica é até 3,0 dS/m, e na Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) nº 2 de 02 de fevereiro de 2017 (CEARÁ, 2017) o valor é até 3000 dS/cm. Enquanto na normativa EPA (2012), bem como WHO (2006) para condutividade elétrica, os valores abaixo de 0,7 dS/m não possuem riscos, de 0,7 dS/m até 3,0 dS/m é moderado e valores >3 dS/m são de alto risco. A condutividade elétrica indica indiretamente a concentração total de sais na água, e geralmente é o parâmetro escolhido para verificar a salinidade da água (SILVA, 2018). Quanto maior a condutividade elétrica, maior é o grau de salinidade e a capacidade de infiltração de água no solo, o que afeta a disponibilidade hídrica para as culturas agrícolas (EPA, 2012). As normativas brasileiras são menos restritivas em relação as normas internacionais. A Resolução Estadual da Bahia 75/2010, permite um limite de condutividade elétrica considerado moderado para a EPA e WHO, e a Resolução do COEMA 2/2017 possui um limite 1.000 vezes mais elevado do que o permitido pelas leis internacionais (HANDAM et al., 2021).

Quanto a faixa recomendada de valor padrão para pH na Resolução do Ceará 2/2017, sendo de 6,0 - 8,5. Na norma da Bahia não possui valor padrão para pH. Enquanto em EPA (2012) a faixa permitida é um pouco menor sendo de 6,0 - 8,4, e em WHO (2006) a faixa de pH é 6,5 - 7,0. O padrão estabelecido para pH pela norma da Bahia está similar a norma da EPA.

Existem outros parâmetros físico-químicos para reúso agrícola no Brasil, que estão estabelecidos na Resolução Estadual nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010), que são cloreto com faixa limite de 100 a 350 meq/L; Alumínio até 5 mg/L, Arsênio até 0,10 mg/L, Berílio até 0,10 mg/L, Boro até 0,5 mg/L, Cádmiu até 0,01 mg/L, Chumbo até 5,00 mg/L, Cobalto até 0,05 mg/L, Cobre até 0,20 mg/L, Cromo até 0,1 mg/L, Ferro até 5 mg/L, Fluoreto até 1,00 mg/L, Lítio até 2,50 mg/L, Manganês até 0,20 mg/L, Mercúrio até 0,002 mg/L, Molibdênio até 0,01 mg/L, Níquel até 0,20 mg/L, Selênio até 0,02 mg/L, Sódio até 70,0 mg/L, Vanádio até 0,10 mg/L e Zinco até 2 mg/L.

De acordo com EPA (2012), o cloreto em irrigação de superfície para valores < 4 meq/L não apresentam riscos, de 4 a 10 meq/l o risco é moderado e >10 meq/l o risco é alto; para irrigação por aspersão valores abaixo de 3 meq/l não apresentam riscos e acima de 3 meq/l o risco é moderado; Fluoreto até 5,00 mg/L; Chumbo até 1,00 mg/L; Boro até 0,75 mg/L. Os demais parâmetros físico-químicos apresentados em EPA (2012) possuem os mesmos valores dos apresentados acima estabelecidos na Resolução Estadual nº 75 de 2010, estando esta normativa em concordância com a lei internacional (HANDAM et al., 2021).

Segundo WHO (2006), o cloreto nas irrigações em superfície para valores < 3 meq/L não apresentam riscos, e > 3 meq/L apresentam um risco de leve a moderado. Os demais parâmetros físico-químicos apresentados por essa normatização internacional são os mesmos valores da Resolução Estadual nº 75 de 2010, com exceção do Boro, Cádmiu e Mercúrio que não possuem padrões; e do Sódio que para irrigação por aspersão os valores <3 meq/L não apresentam riscos e valores >3 meq/L apresentam riscos; para irrigação de superfície os valores <3 meq/l não apresentam riscos, de 3 a 9 meq/L apresentam riscos moderados e acima de 9 meq/L apresentam alto risco.

Verifica-se que exceto os parâmetros pH, condutividade elétrica, cloreto, e boro, os demais parâmetros físico-químicos existentes nas normativas brasileiras para reúso agrícola estão com valores máximos permitidos similares aos padrões das leis internacionais EPA (2012) e WHO (2006). O parâmetro cloreto da normativa brasileira se encontra mais alto do que o limite recomendado pelas referidas leis internacionais, sendo considerado risco alto para a saúde. O parâmetro boro se encontra menor que o valor estabelecido pela lei internacional EPA (2012), e em WHO (2006) não apresenta um padrão estabelecido (HANDAM et al., 2021).

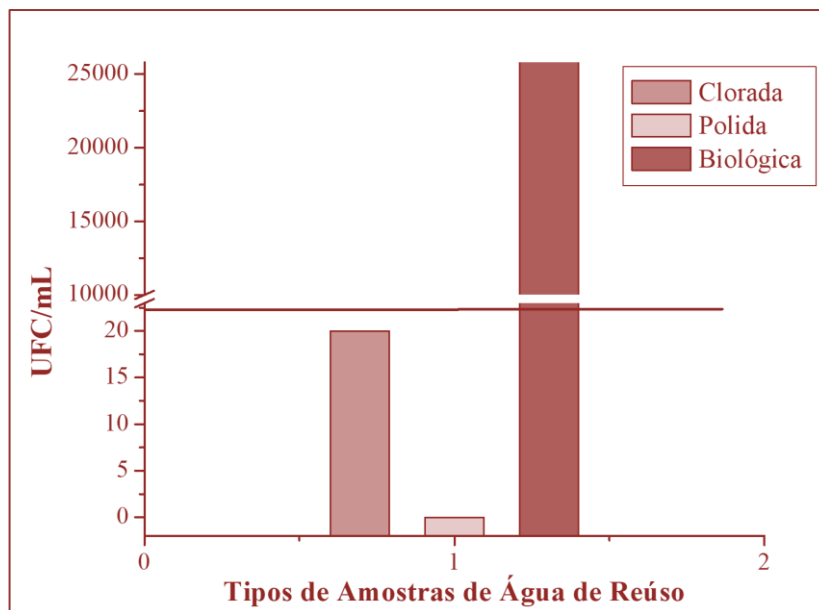
Para esta normativa, o cloro residual livre pode estar presente como resíduo de desinfecção, e em concentrações inferiores a 1 mg/L geralmente não apresenta problemas para as plantas; cloro em concentrações superiores a 5mg/L pode causar danos graves à maioria das plantas. No entanto, algumas culturas sensíveis podem ser danificadas em níveis tão baixos quanto 0,05 mg/L. De acordo com WHO (2006), valores de STD menores que 450 mg/L não apresentam riscos; valores entre 450 e 2000 mg/L apresentam um risco de leve a moderado; e valores acima de 2000 mg/L apresentam riscos severos. Além disso, a recomendação proposta por WHO (2006) estabelece valores do parâmetro cloro em que < 4 meq/L não apresenta riscos, de 4 a 10 meq/L apresenta risco de leve a moderado e > 10 meq/L apresentam altos riscos.

3.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SANITÁRIA (BACTERIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA) DE AMOSTRAS DE ÁGUA DE REÚSO PARA A AGRICULTURA

Em relação as análises da qualidade sanitária (bacteriológica e físico-química) de amostras de água de reúso, os resultados de colimetria mostraram que a amostra de água de reúso “clorada” apresentou 20 UFC/mL de coliformes termotolerantes, e a amostra “polida” teve ausência de coliformes termotolerantes (HANDAM et al., 2022). Ambas estavam com qualidade própria de acordo com o padrão de qualidade para reúso agrícola estabelecido pela Norma NBR nº 13.969/97 (ABNT, 1997).

Pesquisas indicam águas de reúso produzidas por estações de tratamentos de esgoto junto com cloração e/ou realização de tratamento por ultrafiltração diminui o nível de coliformes na água, reduzindo os riscos associados à presença também de outros microrganismos nessas águas (BAKOPOULOU et al., 2011; YOUN-JOO et al., 2007), o que corrobora com o nível baixo de coliformes encontrados na água de reúso clorada, e com a ausência de coliformes na água de reúso “polida”. No entanto a amostra de água de reúso “biológica” apresentou nível de coliformes termotolerantes de 25.800 UFC/mL, apresentando-se imprópria, ou seja, acima do limite recomendado para aplicação na agricultura (HANDAM et al., 2022), segundo a Norma NBR nº 13.969/97 (Figura 1).

Figura 1. Níveis de contaminação por coliformes termotolerantes em amostras de água de reúso. Intervalo de quebra: 5 – 10.000.



Fonte: HANDAM, et al., 2022.

Para a Resolução estadual do Ceará nº 2/2017 (CEARÁ, 2017), que determina parâmetros para reúso de água para fins agrícolas e florestais, a amostra “biológica” também ficou fora do padrão de no máximo 4,6 UFC/mL de coliformes termotolerantes. Além disso nessa lei determina que deve ter ausência de coliformes termotolerantes em culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação. E para a Resolução Estadual da Bahia nº 75/2010 (BAHIA, 2010), que possui níveis menos restritivos de bactérias em comparação com as outras normativas, a qualidade da amostra também estava acima do padrão estabelecido (HANDAM et al., 2022). Essa lei determina um valor limite de coliformes termotolerantes de 10 UFC/mL para categoria A “Irrigação, inclusive hidroponia, de qualquer cultura incluindo produtos alimentícios consumidos crus”, e de 100 UFC/mL para irrigação por gotejamento (categoria A); e de 100 UFC/mL de coliformes termotolerantes para categoria B “Irrigação, inclusive hidroponia, de produtos alimentícios não consumidos crus, produtos não alimentícios, forrageiras, pastagens, árvores, cultivos usados em revegetação e recuperação de áreas degradadas” (BAHIA, 2010).

A amostra de água de reúso “biológica” caracterizou-se como imprópria para irrigação de cultivos pelo nível de bactérias, mesmo sendo feita a irrigação por gotejamento (HANDAM et al., 2022), segundo a Resolução nº 75/2010 (BAHIA, 2010). A irrigação por gotejamento é uma estratégia de rega de água próxima ao solo, deixando a água disponível apenas ao sistema radicular das plantas, tornando o risco de contaminação menor (MANCUSO e SANTOS, 2013).

As águas cinzas não são efluentes provenientes de vasos sanitários, portanto não possuem contribuição fecal direta, por isso pode ter sido contaminada com coliformes termotolerantes, por meio da lavagem de mãos, banho, lavagem de alimentos e roupas, e até mesmo a lavagem de fraldas (Peters, 2006). Além disso, pode ter ocorrido uma possível saturação do filtro biológico por conta do grande aporte de água, o que pode ter causado a mortalidade de minhocas, que fazem parte do sistema de filtragem,

prejudicando o tratamento das águas cinzas. Vale ressaltar que o resultado encontrado pode ter sido uma condição imprópria pontual, no entanto, recomenda-se atenção no tratamento desse efluente para garantir a qualidade de reúso agrícola, podendo acrescentar mais um processo de desinfecção (HANDAM et al., 2022). Segundo Bakopoulou et al. (2011) o tratamento com cloração poderia contribuir para a eliminação de coliformes. Este tratamento poderia ser incorporado a produção da água de reúso “biológica”, pois não faz parte do processo de tratamento do sistema (HANDAM et al., 2022). Outra possível solução seria a construção de outro filtro físico e biológico em paralelo ao já existente, para poder dividir o tratamento do grande aporte de água cinza para produção de água de reúso com maior qualidade (Dombroski et al., 2013).

Corroborando com o resultado, Dombroski et al. (2013) também realizou estudo similar de amostras de água de reúso proveniente de sistema de tratamento de águas cinzas, e identificaram 692,82 UFC/mL de coliformes termotolerantes, nível acima do permitido para reúso agrícola.

Os resultados físico-químicos mostraram que em todas as amostras apenas os parâmetros cloro residual livre, condutividade, pH, fluoreto estavam de acordo com os Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pelas normativas brasileiras e internacional (HANDAM et al., 2022): Resoluções estaduais Ceará nº 2/2017 (Ceará, 2017), da Bahia nº 75/2010 (Bahia, 2010), *Guidelines for Water Reuse* - EPA (2012) (**Tabela 1**).

A amostra de água de reúso “biológica” apresentou parâmetros físico-químicos fora do padrão, como turbidez, cor aparente, pois apresentou valores acima do permitido (HANDAM et al., 2022), segundo a normativa de EPA (2012). A turbidez indica a presença de sólidos suspensos na água e dificulta o processo de desinfecção, podendo estar presentes também microrganismos patogênicos (APHA, 2017). O parâmetro cor aparente é um indicativo de partículas dissolvidas na água (SPERLING, 1996), e sua não conformidade não implica necessariamente em risco à saúde, no entanto precisa ser observado como alerta (HANDAM et al., 2022).

O parâmetro de condutividade, na amostra “biológica” apesar de estar dentro do VMP segundo a normativa do Ceará (2017), que estabelece limite de até 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a amostra apresentou valor elevado de condutividade, tendo 1017 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (HANDAM et al., 2022). Nas normativas da Bahia (2010) e EPA (2012) o padrão limite para condutividade é 1.000 vezes menor do que a normativa do Ceará (2017), sendo estabelecido limite de até 3,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Segundo Ayres e Westcot (1991), as águas de reúso com condutividade elétrica na faixa de 700 a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são classificadas com salinidade moderada, necessitando de moderada restrição de uso para irrigação. A classificação moderada de salinidade indica que pode ocorrer uma moderada redução da taxa de infiltração de água no solo, portanto, estas águas se tornam mais apropriadas para irrigação de solos com culturas tolerantes ao sal. A condutividade é um parâmetro importante para a agricultura como uma medida indireta da salinidade, e quanto maior a condutividade da água maior o grau de salinidade, o que afeta a disponibilidade hídrica das culturas vegetais (EPA, 2012). O resultado encontrado de condutividade elétrica foi similar ao valor identificado em estudo de Rolim et al. (2016), que encontrou 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o mesmo também utilizou a condutividade como indicador de salinidade. A amostra de água de reúso “clorada” apresentou-se imprópria para o parâmetro de nitrogênio nitrato, com nível de 60,2 mg/L (HANDAM et al., 2022), ou seja, acima do valor padrão recomendado pela normativa *Guidelines for Water Reuse* (EPA, 2012), que estabelece limite de até 30 mg/L de nitrato.

Os parâmetros nitrogênio nitrato, assim como nitrogênio nitrito são macronutrientes importantes para a fertilidade do solo e a produtividade de culturas (Rolim et al., 2016), porém em grandes quantidades, acima de 30 mg/L pode colocar em risco a saúde pública, e tornar prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Acima desse nível, as plantas podem absorver o nitrogênio, sendo muito perigoso para algumas culturas, pois provoca o crescimento vegetativo excessivo (AYRES; WESTCOT, 1991). No ambiente, em solos arenosos, principalmente, a o nitrogênio consegue atingir o lençol freático mais facilmente, e é considerado altamente solúvel em água (MANCUSO e SANTOS, 2013). O resultado demonstra que o tratamento por ETE e cloração não apresentou boa eficiência na remoção de nutrientes (HANDAM et al., 2022).

As amostras de água de reúso “clorada” e “biológica” apresentaram-se impróprias quanto ao nível de turbidez para a finalidade agrícola, segundo EPA (2012), pois o padrão de qualidade é de 2 uT. A amostra “clorada” estava 1,3 vezes maior do que o padrão recomendado pela normativa, e a amostra “biológica” estava 22 vezes acima do permitido, ou seja, mostrou um nível elevado de turbidez, acima do permitido para reúso agrícola (HANDAM et al., 2022). Resultados de análises de água de reúso por Rolim et al. (2016) também mostraram níveis não aceitáveis para o parâmetro turbidez, com um valor médio de 32,4 uT, e não recomendaram a irrigação irrestrita na agricultura, pois não são próprios para o uso em sistemas irrigação por gotejamento ou aspersão.

Para a redução de turbidez da água de reúso, segundo Bakopoulou et al. (2011) recomenda-se a utilização de tratamento por filtração em areia, pois é considerado um método eficaz e essencial antes do processo de desinfecção do efluente. Com uma unidade de filtração o tratamento pode resultar em uma melhor retirada de coliformes na etapa de desinfecção (BAKOPOULOU et al., 2011). O tratamento para a produção da água de reúso “biológica”, que teve nível mais alto de turbidez, precisa ser melhorado, pois não está sendo eficaz na sua remoção. Poderiam ser aumentadas as camadas de areias do filtro, e assim favorecer também a maior remoção de coliformes na água de reúso (HANDAM et al., 2022).

Os resultados dos parâmetros físico-químicos da amostra de água de reúso “polido” mostraram que a mesma se encontra dentro dos VMP segundo as normativas da EPA (2012), e do Ceará (2017). Apenas o parâmetro cloreto apresentou-se valor de 16,6 mg/L, estando abaixo da faixa de 100 a 350 mg/L, padrão estabelecido pela Resolução da Bahia nº 75/10. E estava um pouco acima do limite recomendado por EPA (2012), que é de 10 mg/L (HANDAM et al., 2022). De acordo com Ayres e Westcot (1991), a presença de cloreto no nível acima de 10 mg/L, como apresentou a amostra de água de reúso “polido”, pode oferecer uma leve toxicidade às plantas. Em comparação as outras amostras de água de reúso, a “polido” foi a que teve menor nível de cloreto, isto pode ser explicado pelo método de tratamento com a tecnologia de ultrafiltração (HANDAM et al., 2022), que segundo Rolim et al. (2016) é considerada eficaz na maior remoção de sais.

Tabela 1. Resultados físico-químicos das amostras de água de reúso e os padrões de qualidade de acordo com as normativas brasileiras: Norma da ABNT - NBR 13.969/1997; Resolução CONERH da Bahia nº 75/2010; Resolução Estadual do Ceará nº 2/2017; e normativa internacional “Guidelines for water reuse 2012” - EPA - U.S. Environmental Protection Agency.

Parâmetros	Clorado	Polido	Biológico	EPA (2012)	Ceará (2017)	Bahia (2010)
Cloro livre mg/L	0,15	0,05	0	1	ND	ND
Dureza total mg/L	68,5	14	645	ND	ND	ND
Alcalinidade CaCO ₃ mg/L	31,8	715	698	ND	ND	ND
Condutividade µS/cm	554	284	1017	3,0	3000	3,0
pH	7,0	7,0	7,0	6,5 – 8,4	6,0 – 8,5	ND
Turbidez uT	2,55	0,3	44	2	ND	ND
Cor aparente	44,2	19	340	150	ND	ND
Fluoreto mg/L	0,61	0,42	0,77	1,0	ND	1,0
Cloreto mg/L	97,68	16,6	146,24	10	ND	100 – 350
Nitrato mg/L	60,20	1,35	14,34	30	ND	ND
Nitrito mg/L	0,71	0,06	0	ND	ND	ND
Sulfato mg/L	38,93	22,37	15,56	ND	ND	ND

ND: Não descritos valores máximos permitidos do parâmetro na normativa sobre reúso agrícola. Fonte: HANDAM et al., 2022.

Nas amostras de água de reúso os parâmetros nitrito e sulfato estavam de acordo com o padrão de potabilidade, Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5 de 2017 (Brasil, 2017). No entanto a amostra “biológica” estava imprópria para dureza total, com valor acima do padrão para potabilidade (HANDAM et al., 2022), que estabelece valor máximo de 500 mg/L (Brasil, 2017). A dureza total é definida como a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio (Funasa, 2017). Em contato direto com água com níveis acima do padrão de potabilidade, esta pode causar efeito laxativo ao ser humano (Sperling, 1996). Segundo Silva e Carvalho (2007) também pode causar incrustações nas tubulações. Deste modo, para sistemas de irrigação por gotejamento pode ser prejudicial. De acordo com Almeida (2010) para diminuir a dureza da água pode-se fazer aeração, pois induz uma precipitação do cálcio, no entanto, em solos com sódio elevado, é indicado utilizar águas com maior grau de dureza.

Quanto à alcalinidade total, as amostras de água de reúso “polida” e “biológica” apresentaram níveis elevados e semelhantes, em comparação com a amostra “clorada”, com teores de 715 mg/L, 698 mg/L, 31,8 mg/L, respectivamente (HANDAM et al., 2022). Este parâmetro possui grande importância, pois mostra a capacidade que a água tem de neutralizar ácidos nela existentes, que é medida pela concentração total de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. A presença destas substâncias neutraliza os efeitos de substâncias ácidas, por exemplo, devido a ocorrência de chuvas ácidas (FUNASA, 2017). E no solo se torna fundamental verificar a alcalinidade, pois quando o solo se apresenta ácido as substâncias antes presentes na forma mineral se transformam em íons, sendo alguns desses tóxicos para as plantas, como os íons de alumínio e cádmio (CARMO et al., 2016; SILVA, 2012).

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados das análises realizadas no estudo, apenas a água de reúso “polida” se encontra própria, de acordo com as normativas brasileiras e internacional, podendo ser considerada para o reúso agrícola. As demais amostras de água de reúso, “biológica e clorada”, não estavam próprias, segundo as normas vigentes que determinam padrões para o reúso agrícola.

Os resultados demonstraram que a produção de água de reúso por filtro físico e biológico estudado no presente artigo não está sendo capaz de retirar os microrganismos de forma eficaz, sendo sugerida uma reavaliação do tratamento proposto ou a inclusão de nova etapa de tratamento. Águas de reúso com tratamentos similares a estes, podem ser empregadas na agricultura desde que passem por um tratamento complementar, com o objetivo de reduzir os impactos no solo, e assim garantir um aporte de nutrientes aos cultivos, diminuindo custos com fertilizantes artificiais, não oferecendo riscos à saúde pública e ambiental.

Diante disso, o estudo da qualidade sanitária das três amostras com procedências diferentes, reforça a importância da forma de tratamento e produção de água de reúso para que a mesma possua qualidade para utilização segura, e que não afete a saúde pública e ambiental. No entanto, existem poucas leis no Brasil sobre a utilização de água de reúso com padrões de qualidade, assim como para reúso agrícola. As normativas brasileiras existentes são menos restritivas em relação as normas internacionais. A Resolução CONERH da Bahia nº 75/2010 apresentou-se como a mais completa em termos de parâmetros de qualidade microbiológicos, físicos e químicos. Nesta lei, os padrões de qualidade da maioria dos parâmetros físicos e químicos estão similares a norma internacional estabelecida em Guidelines for water reuse - EPA (2012), e os parâmetros microbiológicos são os mesmos estabelecidos em Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater - WHO (2006). Entretanto, na Norma da ABNT 13969/97 (ABNT, 1997), que é a única normativa federal que possui padrões de qualidade para utilização de água de reúso, recomenda valores limites diferentes e acima do determinado pelas normativas internacionais, sendo menos restritiva.

Além disso, a inexistência no sistema brasileiro de controle de poluentes e contaminantes hídricos para realização com segurança do aproveitamento de águas residuais, leva a crer na necessidade da criação de legislação à nível nacional para o reúso agrícola. Na lei federal deve conter informações sobre a origem da água, padrões de qualidade sanitária, parâmetros físico-químicos e biológicos, e formas de tratamento para sua produção, assim como normatizado nas legislações internacionais, que estão mais desenvolvidos no que tange à qualidade dos corpos hídricos evitando danos à saúde humana e ambiental.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pelo financiamento da bolsa PIBIC; ENSP/FIOCRUZ; FAPERJ Doutorado Nota 10; e ao IBRAG/UERJ.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.969 de 30 de outubro de 1997. **Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos**. Rio de Janeiro, out. 1997. 60p.
- [2] APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 23 ed. Washington, 2017. 1496 p.
- [3] AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de Ghevi, H. R.; Medeiros, F. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.
- [4] BAHIA (Estado). Resolução CONERH nº 75 de 29 de julho de 2010. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para prática de reúso direto não potável de água**. Diário oficial da União; Bahia, 2010.
- [5] BAKOPOULOU, S.; EMMANOUIL, C.; KUNGOLOS, A. **Assesdment of wastewater effluent quality in Thessaly region, Greece, for determining its irrigation reuse potential**. *Ecotoxicology and Environmental*, v. 74, p. 188-194, 2011.
- [6] BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 05, de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Diário Oficial [da] União: seção 1, Brasília, DF, n. 190, supl. p. 516-531, 03 de out. de 2017.
- [7] CEARÁ (Estado). Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) nº 2, de 02 de fevereiro de 2017. **Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras**. Diário oficial da União; Ceará, 2017.
- [8] Carmo, A. H. D. et al. Os efeitos da chuva ácida na fertilidade do solo e em cultivares agrícolas. *META*, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.393 – 399, 2016.
- [9] DOMBROSKI, S. A. G.; SANTIAGO, F. dos S.; JALFIM, F. T.; DIAS, I. C. G. M. **Eficiência de tratamento de água cinza pelo bioágua familiar**. 7º Encontro Internacional das Águas – Gestão de água: água, meio ambiente e saúde. Universidade Católica de Pernambuco. 15 a 17 de maio, 2013.
- [10] EPA - U.S. Environmental Protection Agency. **Guidelines for water reuse**. Washington D.C., Estados Unidos. U.S. Agency for International Development. 2012.
- [11] FAO. Water for Sustainable Food and Agriculture. A report was produced for the G20 Presidency of Germany. Rome, 2017.
- [12] FUNASA. Fundação Nacional da Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4ª ed. rev. 2013.
- [13] GRONEWOLD, A. D.; WOLPERT, R. L. **Modeling the relationship between most probable number (MNP) and colony-forming unit (CFU) estimates of fecal coliform concentration**. *Water Research*, v.42, p.3327-3334, 2008.
- [14] HANDAM, N. B. et al. Sanitary quality of reused water for irrigation in agriculture in Brazil. *Revista Ambiente & Água*, v. 17, n. 3, p. e2809, 2022.
- [15] HANDAM, N. B. et al. Agricultural Reuse: Comparison between Brazilian and International Quality Standards. *International Journal of Hydrology*, vol. 5, no. 1, Feb. 2021, pp. 28–31, <https://doi.org/10.15406/ijh.2021.05.00262>.
- [16] JARAMILLO, M. F.; RESTREPO, I. **Wastewater Reuse in Agriculture: A Review about Its Limitations and Benefits**. *Sustainability*, v.9, n.10, p.1734-1753, 2017. 10.3390/su9101734.
- [17] MANCUSO, P. C. S.; SANTOS H. F. **Reúso de Água**. São Paulo: Manole Editora, 2013.
- [18] MORAIS, M. A.; FERREIRA NETO. M.; SILVA, G. DE F.; DE LIRA, R. B., DE BRITO, R. F.; MIGUEL, L. C. V. **Contaminação microbiológica no perfil do solo por águas residuárias**. *HOLOS*, v.3, p.76-83, 2016.
- [19] MOURA, P. G. et al. **Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil**. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 25, n. 6, p. 791–808, dez. 2020.
- [20] OTENIO, M. H. **Reaproveitamento de água residuária em sistemas de produção de leite**. Capítulo 7. In: Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: Desafios e perspectiva. 2015.

- [21] POBLETE, C. P. C. **Estudio del Comportamiento de una Mezcla de Aserrín y Grasa Láctea de Desecho**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2010.
- [22] PENG, Yaoqi et al. Precision irrigation perspectives on the sustainable water-saving of field crop production in China: Water demand prediction and irrigation scheme optimization. *Journal of cleaner production*, v. 230, p. 365-377, 2019.
- [23] PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Madelon Rebelo Peters – Florianópolis, 2006.
- [24] ROLIM, Hosineide de Oliveira; CHAVES, Jarbas Rodrigues; NUNES, Ana Bárbara de Araújo; et al. **Qualidade dos Efluentes de Sistemas de Tratamento Biológico UASB e UCT para Reúso Agrícola**. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 9, n. 2, 2016.
- [25] SILVA, Á. F. S.; LIMA, C. A.; QUEIROZ, J. J. F.; JÁCOME, P. R. L. A.; JÁCOME JÚNIOR, A. T. **Bacteriological analysis of horticultural irrigation water**. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v.11, n.2, p.428-437, 2016. 10.4136/ambi-agua.1798.
- [26] SILVA, S. **Aluminium Toxicity Targets in Plants**. *Journal of Botany*, v. 2012, p. 1 – 8, 2012.
- [27] SILVA, T. L. **Qualidade da água residuária para reúso na agricultura irrigada**. *Irriga, Botucatu*, v.1, n.1, p.101-111, 2018.
- [28] SOTERO-MARTINS, A.; HANDAM, N. B.; MOURA, P. G.; AMARAL, L. S.; CALDAS, L. V. L.; CARVAJAL, E. **Methods for Sanitary Inspection of Microbiological and Parasitary Quality of Water and Sand of Recreation Areas**. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, v. 6, p. 56–2, 2017.
- [29] WHO - World Health Organization. **Water Security & the Global Water**. Agenda AUN-Water Analytical Brief. Canada, 2013. (Report of a WHO meeting of experts). Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/9241545747.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2020.
- [30] WHO - World Health Organization. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Vol. 2. Geneva, Suíça. 2006.
- [31] YOUN-JOO, A.; YOON, C. G.; JUNG, K. W.; HAM, J. H. **Estimating the Microbial risk of E. Coli Reclaimed Wastewater Irrigation on Paddy Field**. *Enron Monit Assess*, v. 129. p. 53-60, 2007.

Capítulo 12

Correlação do potencial produtor de água de reúso associado ao déficit na região nordeste do Brasil

Igor Bruno dos Reis Assanti¹

Thiago Corrêa de Almeida²

Priscila Gonçalves Moura²

Natasha Berendonk Handam²

Maria José Salles^{1 3}

Adriana Sotero-Martins^{1 2 3}

Resumo: A escassez hídrica nordestina no Brasil se deve a muitos fatores, além das questões climáticas, o crescimento populacional e questões políticas locais e nacionais fazem com grande parte dos recursos hídricos sejam predominantemente destinados a agricultura e ao abastecimento das grandes cidades, deixando muitas cidades em condições de déficit e provocando diferenças sociais e econômicas marcantes nos municípios da região do semiárido do Nordeste. Foi constituído um banco de dados e utilizado em sistema de informação geográfica (SIG), com dados do SNIS. As análises espaciais da distribuição das estações de tratamento de esgoto (ETE) dos municípios dos nove estados nordestinos e avaliação do déficit em saneamento foram considerados. A relação entre a água consumida e o esgoto tratado permitiu identificar que 80% do volume de água consumida efetivamente torna-se esgoto tratado, porém as cidades que mais carecem de tratamento de esgoto estão localizadas nas regiões onde existem poucas ETEs. Das 1794 cidades nordestinas, 1532 possuem déficit de água, totalizando um déficit 201.695.860 m³ de água por ano em toda a região. Segundo o SNIS (2010), 41 cidades nordestinas importaram água tratada no ano de 2010 e apenas 8 exportaram água tratada nesse mesmo ano. O que indica que tratar a água pode ser uma fonte de emprego e de renda para o município, e reafirma a importância de economizar recursos financeiros. As análises espaciais permitiram identificar as ETEs com potencial de produção de água de reúso principalmente para emprego na agricultura, e poderiam ter investimentos para sua implementação contribuindo para uma nova realidade principalmente nas áreas com escassez hídrica, uma vez que existem cidades, localizadas no semiárido que não possuem déficit de água por habitante, isso reitera que esse déficit de água é uma questão mais política que técnica.

Palavras-chave: água de reúso, sustentabilidade, nordeste, escassez hídrica, saneamento rural

¹ Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão de Tecnologias em Saneamento, ENSP/Fiocruz

² Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Saúde Pública e Meio Ambiente, ENSP/Fiocruz

³ Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP) – Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental (DSSA)

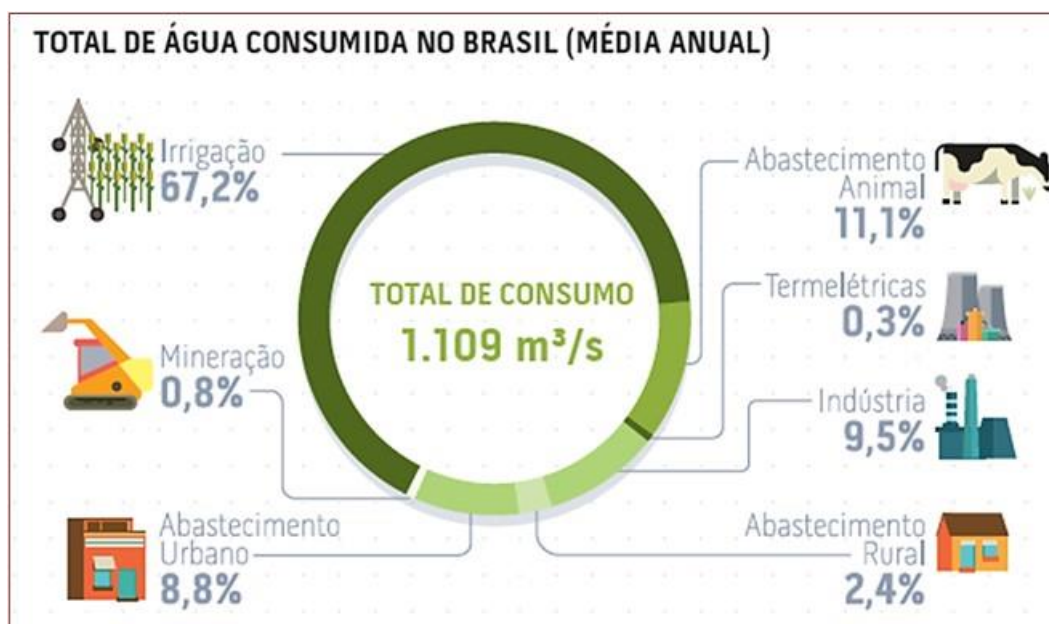
1. INTRODUÇÃO

1.1. ESCASSEZ HÍDRICA NO NORDESTE

Não pode existir vida sem água, pois todo ser vivo - plantas, animais, o homem - precisa de água para viver e tem ela como elemento principal na sua constituição (BRUNI, 1993). Com isso, o cuidado com os recursos hídricos, se torna indispensável para a manutenção da vida na Terra.

Segundo a ANA (2017), 67,2% da água consumida no Brasil é usada na agricultura, representando a maior parcela do consumo de água do país, seguido pelo abastecimento animal, com 11,1%, conforme é demonstrado na figura 1. Segundo Sampaio (2012), 35% das terras aráveis do planeta são para produção de rações e 26% ocupam as para pastagens, representando 61% de terras aráveis voltadas para a pecuária. Ou seja, dentro desses 67,2% de água consumida pela agricultura, parte vai para a pecuária, se somando aos 11,1% que estão diretamente ligados ao abastecimento animal. Isso reforça a importância das soluções para minimizar o uso da água agricultura e na pecuária.

Figura 1: Total de água consumida no Brasil (ANA, 2017).



Quanto ao consumo de água utilizada na produção de alimentos, podem ser citados alguns exemplos como: Um quilo de carne corresponde a 18.000 litros de água que foram fornecidos direta ou indiretamente ao animal que lhe deu origem até a carne estar pronta para o consumo. A produção de uma tonelada de milho requer 1,6 milhão de litros de água, assim como 2,4 milhões de litros para uma tonelada de borracha sintética e 1,3 milhão para uma tonelada de alumínio (MARTINS, 2003).

O Brasil como um todo possui 13,8% da água doce do planeta. Comparando com as demais regiões do Brasil, o Nordeste é o território que detém menor quantidade de água no país, 3%, enquanto o Norte tem cerca de 70%, o Centro Oeste 15%, o Sul e Sudeste 6%. (MALVEZZI, 2007).

No Nordeste, os políticos que controlam o poder local têm uma longa experiência no exercício desse poder. São hábeis na manipulação das necessidades humanas. Os três esteios básicos do controle sobre a população são a fome, a sede e a saúde. Apesar de ser a região que detém o menor percentual de recursos hídricos disponíveis no Brasil, a falta de administrações públicas eficientes e a políticas públicas apropriadas para combater o problema do acesso à água, sejam a principal causa da falta do acesso à água no Nordeste brasileiro (MALVEZZI, 2007).

A escassez hídrica é comum em regiões secas e áridas, e se agrava com a gestão ineficiente dos recursos hídricos, pelo aumento da população e da poluição dos mananciais, além das mudanças climáticas globais. A região brasileira que essa problemática é mais visível é a semiárida nordestina (CAMPOS et al., 2013).

A situação do Semiárido brasileiro, como outras existentes no planeta, tende a se agravar com o aquecimento global, que terá reflexos imediatos sobre a disponibilidade hídrica. Os impactos poderão ser graves. Uma das estimativas é a diminuição em aproximadamente 20% do volume de chuvas que cai sobre a região todos os anos. Se hoje a média anual está em torno de 750mm, isso significa uma redução para aproximadamente 600mm por ano. O aquecimento global é mais um agravo para a seca nordestina. Essa estimativa aponta a importância do país encontrar meios de resolver ou minimizar esses impactos (MALVEZZI, 2007).

O semiárido Brasileiro é composto por 1.262 municípios, dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Os critérios para delimitação do Semiárido foram aprovados pelas Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017 (SUDENE, 2017). Conforme ilustra a figura 2, é possível perceber que o semiárido brasileiro abrange a maior parte da região Nordeste.

Figura 2: Limite do semiárido nordestino (SUDENE, 2017).



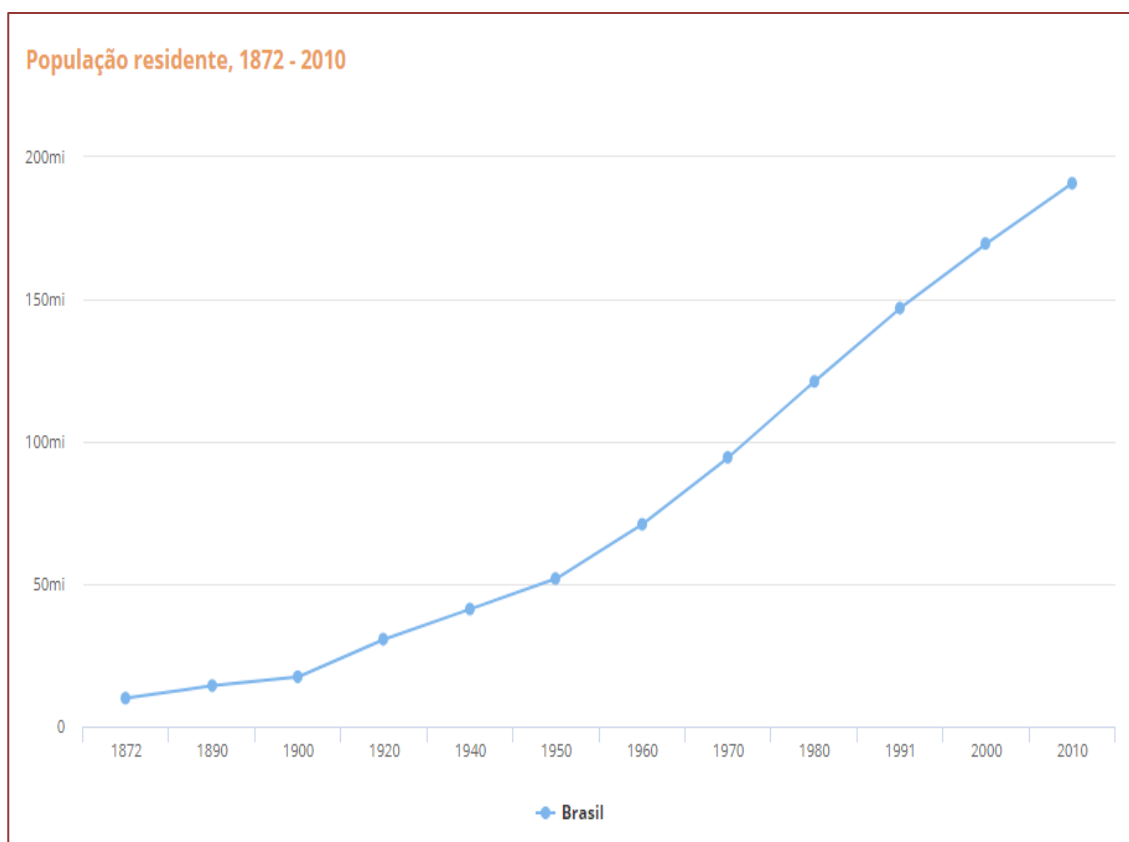
Nas últimas décadas, os impasses ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e constantes, essencialmente devido ao desmesurado aumento populacional e ao crescimento da atividade industrial. Com estes ingredientes, os problemas devido à ação antrópica têm atingido dimensões catastróficas, podendo ser observados por meio de alterações na qualidade do solo, do ar e da água (FREIRE et al., 2000). Ou seja, os hábitos humanos, principalmente os de consumo exacerbado aliado ao aumento populacional, estão cada vez mais degradando a qualidade e quantidade dos recursos disponíveis no Planeta Terra, que é o único conhecido habitável pelo ser humano até a presente data.

O crescimento populacional afeta diretamente a qualidade de vida das populações.

Quanto maior o crescimento demográfico, maiores os desafios a serem enfrentados para permitir o crescimento econômico compatível com a preservação ambiental (LIMA, 2001; SILVA, 2003).

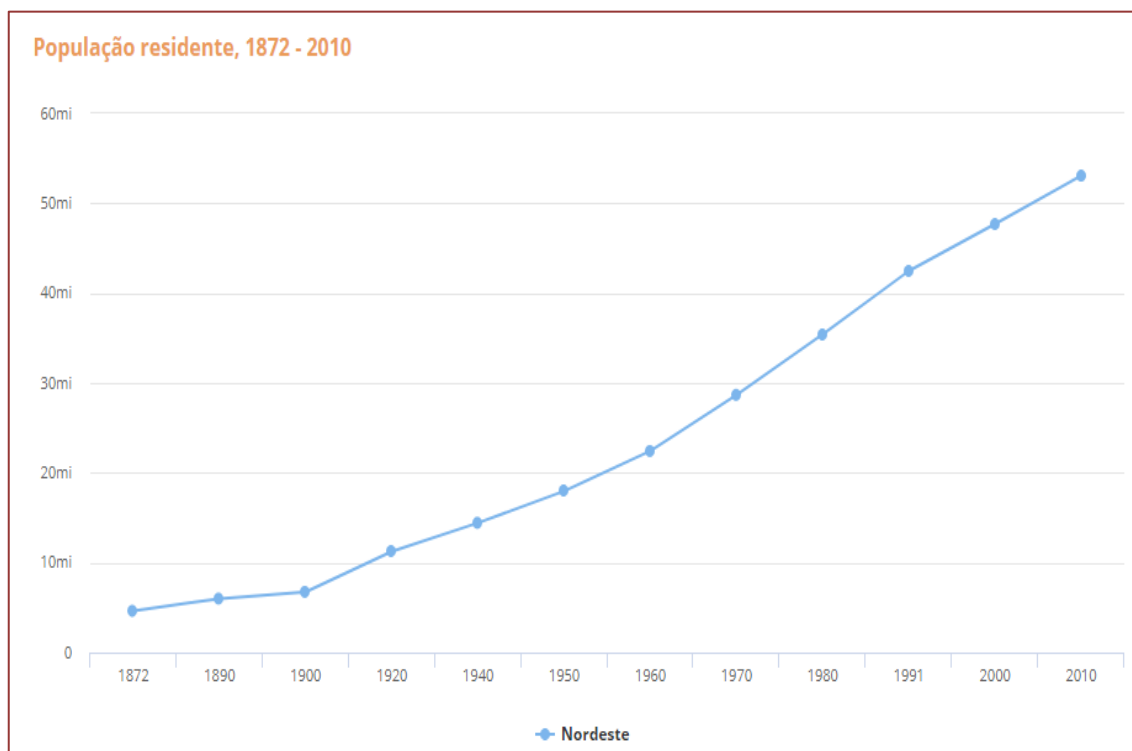
No ano 2000 o Brasil tinha 169.590.693 habitantes (IBGE, 2010), em 2010 passou a ter uma população residente de 190.755.799 habitantes (IBGE, 2010), o que representa um aumento de 21.165.106 habitantes em 10 anos. Conforme pode ser percebido na figura 3, o Brasil tem um constante crescimento populacional.

Figura3: Crescimento populacional brasileiro entre o ano de 1872 até 2010 (IBGE, 2010).



O Nordeste possuía 47.693.253 de habitantes no ano 2000, em 2010 (IBGE, 2010), a população era de 53.081.950 habitantes, o que representa um crescimento de 5.388.697 habitantes em 10 anos (IBGE, 2010). Ou seja, em 2010 o Nordeste representou cerca de 28% da população brasileira. A Figura 4, ilustra o crescimento populacional na região a partir do ano de 1872 até 2010.

Figura 4: Crescimento populacional da região Nordeste brasileira no período de 1872 até 2010 (IBGE, 2010).



Com base nos dados citados, além das questões climatológicas expostas, o Nordeste brasileiro representa cerca de 28% da população brasileira, e cerca de 3% dos recursos hídricos disponíveis no país. Conforme a figura 4, a região tem um grande crescimento demográfico e, com isso, provavelmente a cada ano que passa a população dessa região é mais dependente de recursos de uma forma geral, incluindo a água. Com base nos autores citados, também é relevante citar que a alimentação e a falta de eficiência das políticas públicas são condições relevantes para agravar a escassez hídrica na região.

1.2 CONDIÇÕES DE SANEAMENTO NO NORDESTE

Com relação as condições de abastecimento de água e coleta de esgoto no Nordeste brasileiro, foram consumidos por ano 1.723.648.000 m³ de água por ano (SINIS, 2010), e somente foram coletados 530.364.000m³ de esgoto por ano (SINIS, 2010) para posteriormente serem tratados 456.899.000 m³ (SNIS, 2010), representando um volume de esgoto tratado em relação ao coletado de 86,2% (SNIS, 2010), com aproximadamente 33,4% de volume de esgoto tratado em relação ao esgoto gerado.

Figura 5: Diagnóstico dos serviços de água e esgoto no ano de 2010 (SNIS, 2010).

MINISTÉRIO DAS CIDADES / SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL /
SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS / Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2010
Tabela RESUMO - REGIÕES 1 - DADOS OPERACIONAIS - Por Região Geográfica, segundo a totalização dos dados agregados dos prestadores de serviços
Ano de referência: **2010**

Região	Quantidade de municípios atendidos		Índice de atendimento com rede de água		Índice de atendimento com rede de esgotos		Índice de tratamento de esgotos		Consumo médio per capita de água	Índice de perdas na distribuição
	Água	Esgotos	População total	População urbana	População total	População urbana	Esgoto coletado	Esgoto gerado		
	munic	munic	%	%	%	%	%	%	l/hab.dia	%
TOTALIZAÇÕES DE TODOS OS GRUPOS										
Norte	345	38	57,5	71,8	8,1	10,0	91,9	22,4	143,5	51,2
Nordeste	1.595	347	68,1	87,1	19,6	26,1	86,2	32,0	117,3	50,8
Sudeste	1.512	1.111	91,3	96,6	71,8	76,9	61,2	40,8	185,9	34,4
Sul	1.091	320	84,9	96,0	34,3	39,9	78,6	33,4	145,4	35,4
Centro-Oeste	417	132	86,2	95,3	46,0	50,5	91,1	43,1	154,9	33,8
Totalizações de todos os Grupos	4.960	1.948	81,1	92,5	46,2	53,5	68,2	37,8	159,0	38,8

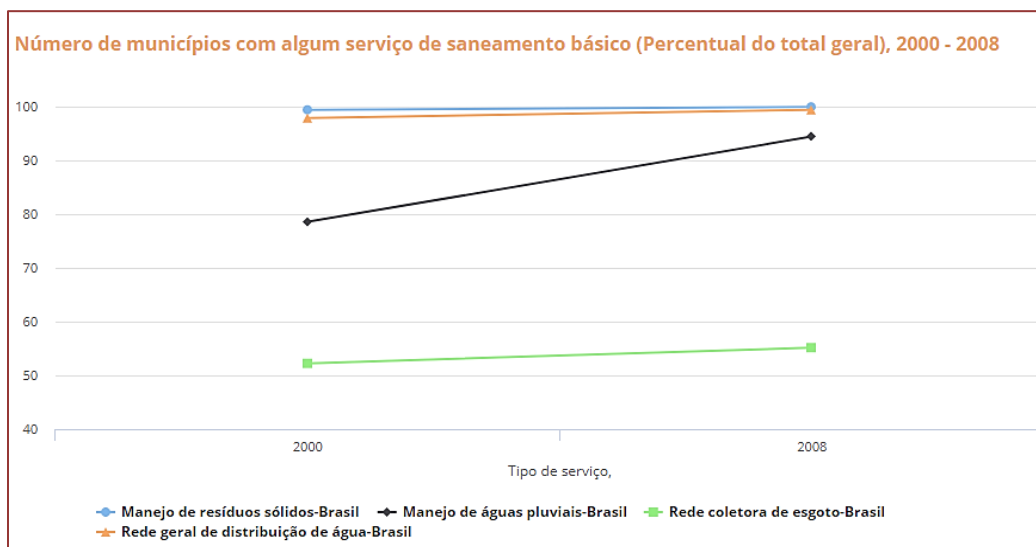
OBSERVAÇÕES DO SNIS:

- O conjunto completo de informações e indicadores pode ser acessado na Internet www.snis.gov.br.
- Os dados agregados são fornecidos pelo prestador de serviços, já totalizados para cada campo, correspondentes aos municípios por ele atendidos. O cálculo dos indicadores é feito pelo SNIS.
- Campos em branco correspondem a valores não fornecidos pelo prestador de serviços ou a situações em que o município não é atendido pelo serviço. Nas tabelas "Resumo - Regiões" todos os campos em branco significa que não há o tipo de prestador de serviços na região.

Segundo a figura 5, a região Nordeste possui um índice de atendimento com rede de esgoto de 19,6% e 32% de índice de tratamento de esgoto gerado, sendo a segunda pior região em ambos os índices, perdendo apenas para a região Norte do país. A região possui um índice de atendimento com rede de água de 68,1% das residências, também perdendo para a região Norte. Esses números revelam o quanto a região ainda carece de investimentos em tratamento e distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto.

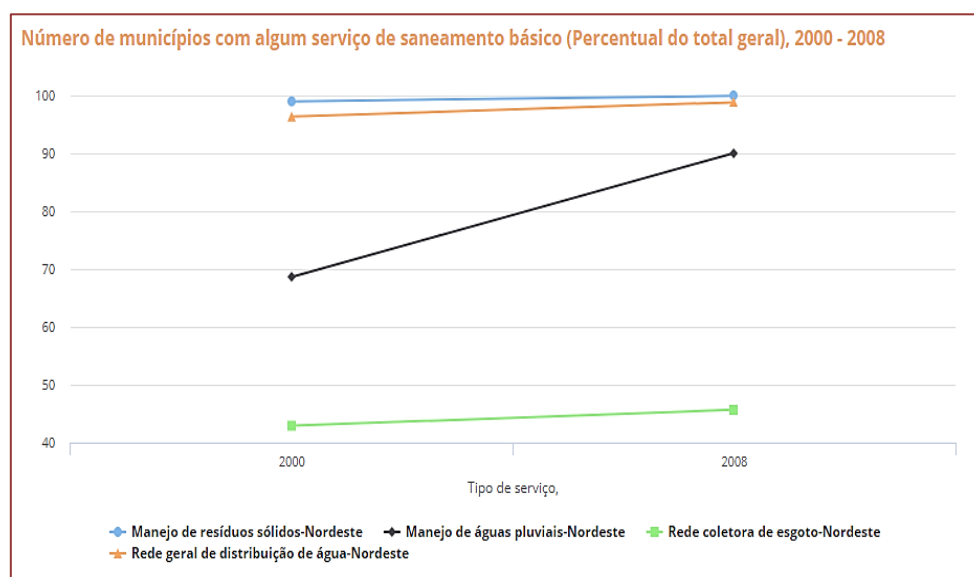
Ainda segundo a figura 5, é possível perceber que o Nordeste possui o pior consumo per capita de água do Brasil. É importante frisar que o cálculo do consumo médio per capita de água feito pelo SNIS, representado por 117,3 litros por habitante por dia, só considera a população total atendida (SNIS, 2010) e não a população total da região.

Figura 6: Gráfico do percentual do número de municípios com algum serviço de saneamento básico no Brasil do ano 2000 até o ano 2008 (IBGE, 2008).



A figura 6 foi um gráfico disponibilizado pelo IBGE (2008) que expõe a porcentagem do número de municípios brasileiros com algum serviço de saneamento do ano 2000 até 2008. Observando o gráfico, percebe-se que houve crescimento do número de municípios que possuem rede de distribuição de água, passando de 97,89% no ano 2000 para 99,41% em 2008 IBGE (2008). Já número de municípios atendidos com alguma coleta de esgoto passou de 52,24% no ano 2000 para 55,16% no ano de 2008 IBGE (2008), ou seja um crescimento de 2,92% em oito anos. Tais números revelam o descaso com o esgoto de uma forma geral no Brasil, revelando que 44,84% dos municípios não possuem sequer a coleta do esgoto.

Figura 7: Gráfico do percentual do número de municípios com algum serviço de saneamento básico no Nordeste brasileiro do 2000 até o ano 2008 (IBGE, 2008).



A figura 7 foi um gráfico disponibilizado pelo IBGE (2008) que expõe a porcentagem do número de municípios nordestinos com algum serviço de saneamento do ano 2000 até 2008. Observando o gráfico, percebe-se que houve crescimento do número de municípios que possuem rede de distribuição de água, passando de 96,36% no ano 2000 para 98,83% em 2008 IBGE (2008). Já número de municípios atendidos com alguma coleta de esgoto passou de 42,92% no ano 2000 para 45,68% no ano de 2008 IBGE (2008), ou seja um crescimento de 2,76% em oito anos. O gráfico e os números revelam que a região Nordeste apresenta um quadro ainda pior que a média brasileira, revelando que 54,32% dos municípios não possuem sequer a coleta do esgoto.

De acordo com os dados levantados, é possível observar que a região Nordeste ainda possui más condições de saneamento quando são considerados apenas a água e o esgoto. Sendo assim, a região necessita de técnicas que ajudem a solucionar esse problema.

1.3. ÁGUA DE REÚSO

Água de reúso foi definida como a reutilização de água de esgoto tratado (MOURA et al., 2019; HANDAM et al., 2021; HANDAM et al., 2022). O reúso de água consiste em utilizar novamente a água que foi aproveitada, uma ou mais vezes, por alguma atividade humana. Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005, a água de reúso é a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas. A água residuária, por sua vez, é esgoto, água descartada, e efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não. Para se tornar água de reúso, a água residuária, em regra, passa por algum sistema de tratamento (CERQUEIRA, 2015).

O texto-base da Campanha da Fraternidade de 2004 afirma que a crise planetária da água é parte de uma crise civilizatória mais ampla, que ameaça o planeta como um todo. A escassez progressiva da água resulta da eliminação dos mananciais (escassez quantitativa), da poluição dos mananciais (escassez qualitativa) e da escassez social (apropriação particular de um bem que é de todos). O problema da água é planetário, e, nos tempos atuais, todo manejo exige um cuidado rigoroso, sob pena de agravarmos mais ainda uma realidade que já é dramática (MALVEZZI, 2007). Ou seja, além das questões climatológicas, existem outras questões a serem consideradas que proporcionam a escassez hídrica, como o manejo da água.

Um potencial alternativo de racionalização deste recurso é a água de reúso. Este recurso hídrico pode ser utilizado em diversas atividades como na indústria, para fins residenciais, e na irrigação agrícola, que é a atividade econômica do país que mais demanda água. Além disto, a irrigação com água de reúso é uma forma de fertilização natural, proveniente de nutrientes presentes nas águas residuárias, como nitrogênio, potássio e fósforo, fundamentais no cultivo em solos pobres (OTENIO, 2015). A água de reúso representa uma alternativa para diminuir a pressão da demanda sobre os mananciais e reduzir a quantidade de esgoto descartada (URKIAGA et al., 2008). E municípios com potencial para produção e utilização de água de reúso em suas atividades, são estes, os produtores de grandes volumes de esgoto e que tenham Estações de Tratamento de Esgoto. Esses poderiam implementar a tecnologia de água de reúso, ao invés de desperdiçar a água quando retorna para o ambiente.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, Eco 92, através da Agenda 21 dedicou importância especial ao reúso, recomendando aos países participantes a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco com práticas ambientais adequadas (HESPANHOL, 2002)

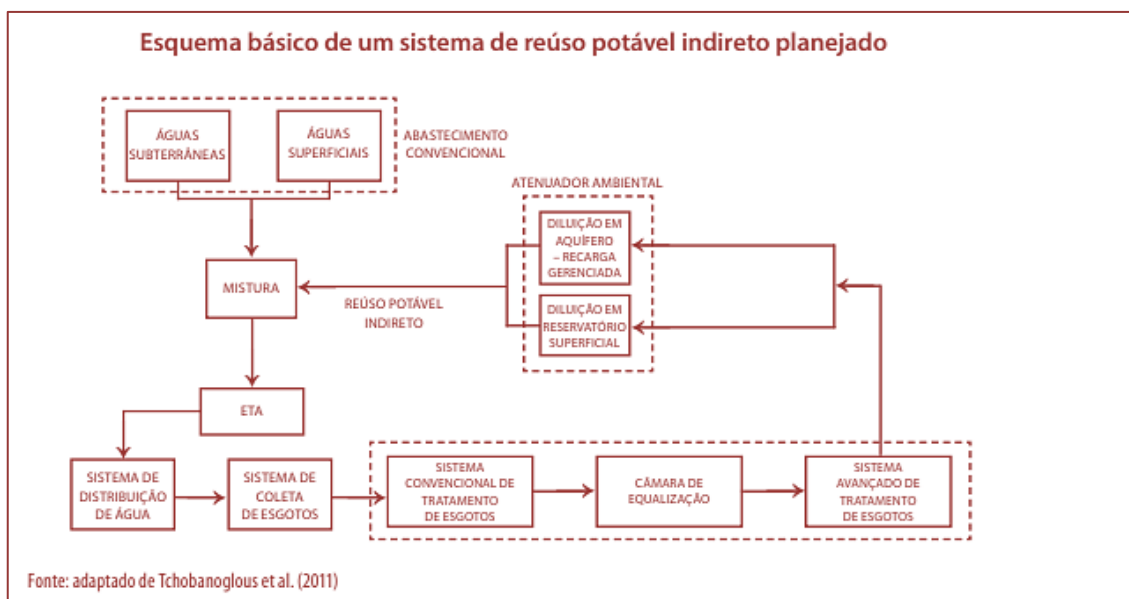
A classificação da água de reúso é discutida por diferentes autores desde 1973, sendo considerada quanto ao uso final e quanto ao método de tratamento (RODRIGUES, 2005). As classificações de WESTERHOFF (1984) foram adotadas pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) pela praticidade e facilidade dessa classificação (MANCUSO; SANTOS, 2003). WESTERHOFF (1984), classifica água de reúso em duas grandes categorias, sendo elas potável e não potável.

Segundo CERQUEIRA (2015), o reúso potável é a utilização de água de reúso para fins potáveis. Em todo caso, devem ser atendidos os padrões de potabilidade da Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Para fins não potáveis, a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos prevê usos para fins urbanos; agrícolas e florestais; ambientais; industriais e aquícolas. Sendo assim, independente da classificação utilizada, é importante evidenciar que os parâmetros de qualidade da água devem atender a portaria citada por CERQUEIRA (2015), quando forem utilizadas em fins potáveis no Brasil.

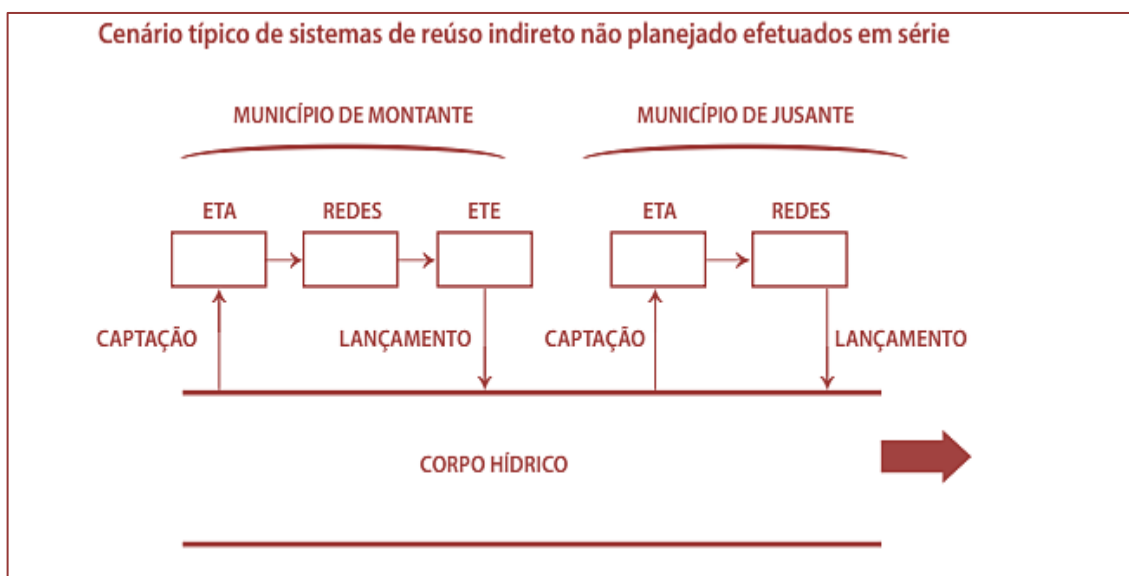
HESPANHOL (2015), define que sistemas de reúso potável podem ser concebidos como “reúso potável indireto não planejado”, “reúso potável indireto planejado” e “reúso potável direto”.

Conceitualmente, o reúso potável indireto planejado deve ser constituído por um sistema secundário de tratamento de esgotos, geralmente de lodos ativados e, mais modernamente, de sistemas de biomembranas submersas (iMBRs), seguido de sistemas de tratamento avançado e, se necessário, de um balanceamento químico antes do lançamento em um corpo receptor, superficial ou subterrâneo, aqui designados como atenuadores ambientais (AAs) (HESPANHOL, 2015). Ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d’água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico. (MUFFAREG, 2003). Conforme é demonstrado na figura 8.

Neste caso, a descarga do efluente tratado no meio ambiente pode se dar para melhoria de sua qualidade, para armazenamento, para uma modulação de vazões ou até mesmo por motivos psicológicos do usuário localizado a jusante (Brega Filho & Mancuso, 2002).

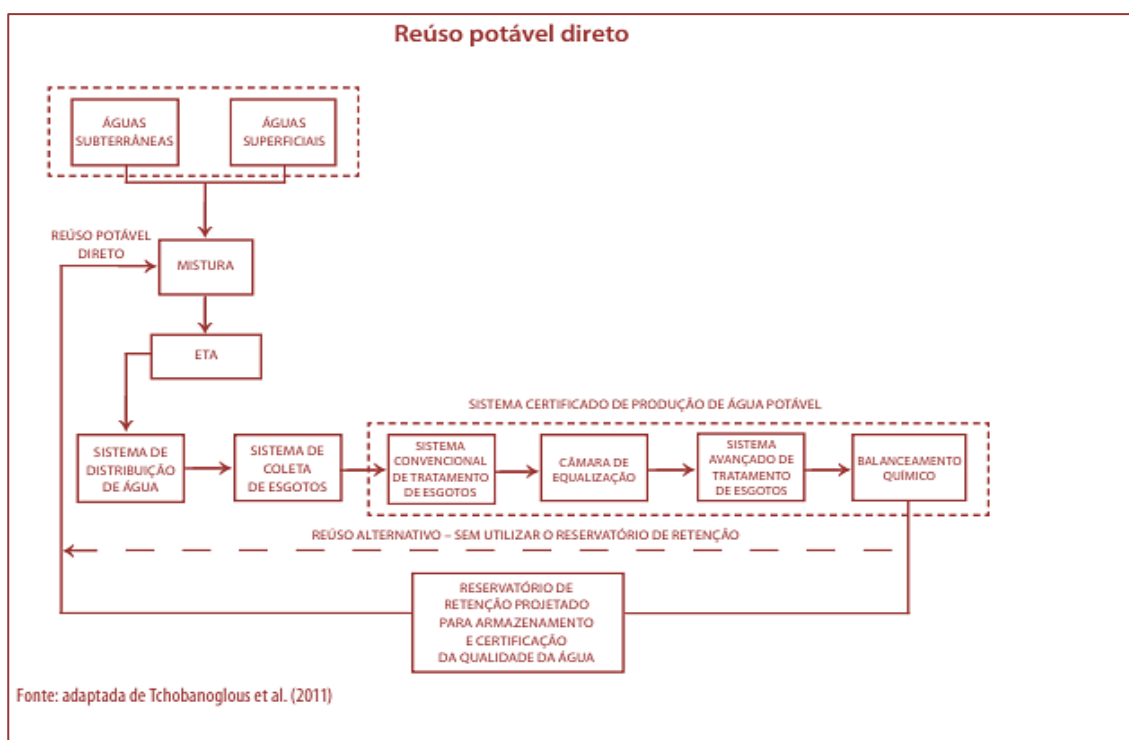
Figura 8: Esquema básico de um reúso potável indireto planejado (HESPANHOL, 2015).

Sistemas de reúso indireto não planejado e, na grande maioria das vezes, inconsistentes são praticados extensivamente no Brasil. Exemplos típicos são os lançamentos de esgotos (tratados ou não) e a coleta a jusante para tratamento e abastecimento público, praticados em cadeia, por diversos municípios, ao longo do Rio Tietê e do Rio Paraíba do Sul (HESPANHOL, 2015). Esse sistema foi ilustrado na figura 9.

Figura 9: Esquema básico de sistemas de reúso indireto não planejado efetuado em série (HESPANHOL, 2015).

Para HESPANHOL (2015), O reúso potável direto consiste no tratamento avançado de efluentes domésticos e a sua introdução em uma ETA cujo efluente adentra, diretamente, um sistema público de distribuição de água, sem que ocorra a passagem através de atenuadores ambientais, tanto superficiais como subterrâneos. O esgoto, após tratamento avançado, poderá ser introduzido diretamente em uma ETA ou em um reservatório de mistura a montante dela quando vazões complementares, tanto de origens superficiais como subterrâneas, compõem a vazão total a ser tratada no sistema de reúso. Conforme é demonstrado na figura 10.

Figura 10: Esquema básico de sistemas de reúso potável direto (HESPANHOL, 2015).



No Brasil, o uso de águas residuárias iniciou-se nos engenhos de cana-de-açúcar, com a utilização do efluente originário das destilarias de álcool para irrigar as plantações de cana. Em 1993, a preocupação de algumas indústrias com a escassez de água fez com que quatro fábricas do Pólo Industrial de Cubatão, no Estado de São Paulo, iniciassem um programa de reúso de água para refrigeração de seus processos de fabricação. Na mesma época a fábrica General Motors, instalada em São Caetano/SP, tratava e reciclava 100% da água que utilizava (LEITE, 2003).

Segundo MEHNERT (2003) o aproveitamento da água proveniente de um tratamento prévio de esgoto na agricultura, controla a poluição de corpos d'água, fornece água para as culturas, faz uma correta ciclagem de nutrientes e ajuda a potencializar a produção agrícola. Contudo, é importante ressaltar que, quando usadas para a irrigação, essas águas residuárias devem conter um tratamento que não afete a saúde humana, polua os aquíferos e polua o solo.

Face às grandes vazões envolvidas, chegando a até 80% do uso consuntivo, em alguns países, especial atenção deve ser atribuída ao reúso para fins agrícolas. No Brasil

esta porcentagem é aproximadamente 70%, devendo merecer a atenção dos tomadores de decisão, quando forem decididas as prioridades para reúso (HESPANHOL, 2002).

A agricultura depende, atualmente, de suprimento de água em um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais. Esta condição crítica é fundamentada no fato de que o aumento da produção, não pode mais ser efetuado através da mera expansão de terra cultivada. Com poucas exceções, tais como áreas significativas do Nordeste brasileiro, que vêm sendo recuperadas para uso agrícola (HESPANHOL, 2002).

O uso eficiente da água, abrangendo a componente de reúso, conduz ao alcance de outros objetivos intangíveis, tais como, a melhoria da imagem da indústria através da otimização dos recursos com a redução dos impactos ambientais negativos contribuindo, assim, para a sustentabilidade de uma atividade (LOBO, 2004).

As afirmações dos autores citados revelam a importância do reúso da água como forma de amenizar os impactos ambientais e como forma de amenizar a escassez de recursos hídricos, principalmente com o reúso de água não potável.

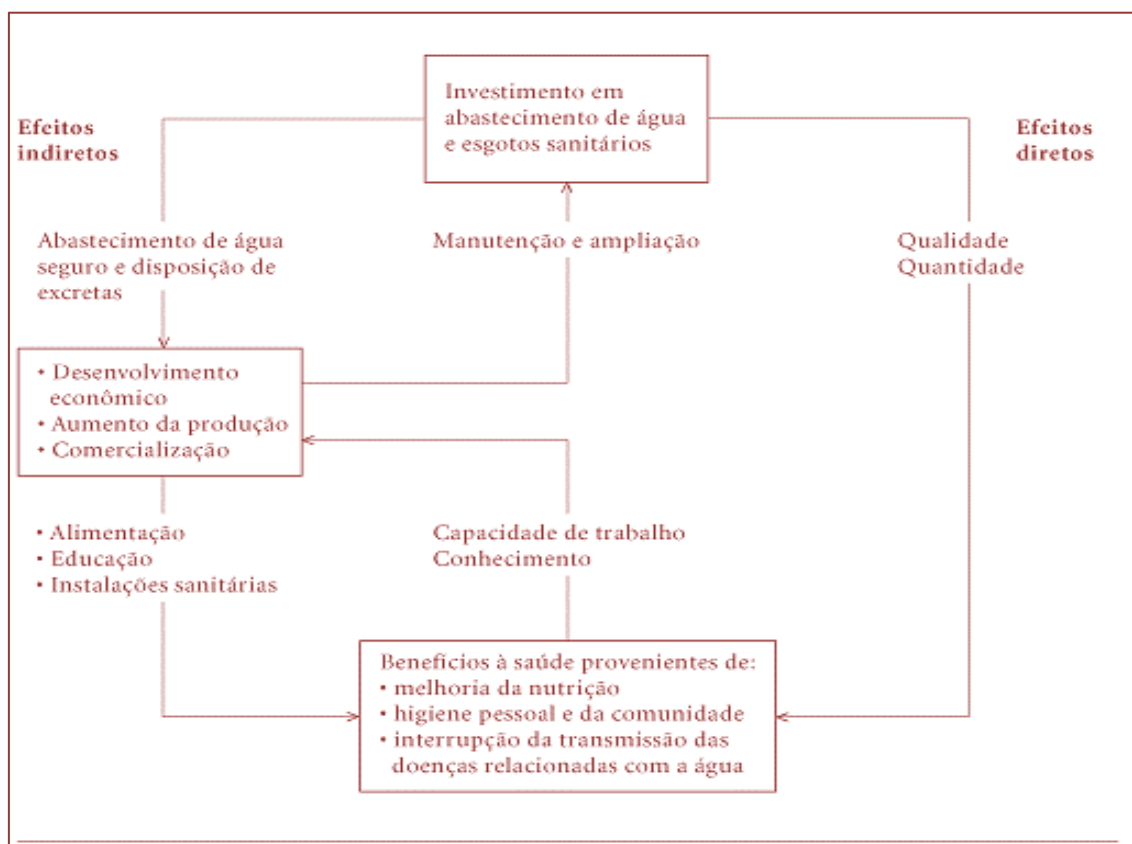
1.4. SANEAMENTO E SAÚDE

A promoção da Saúde que traz, para os profissionais envolvidos com as questões de qualidade de vida, uma nova forma de pensar e de agir, cuja principal preocupação seja o desenvolvimento do ser humano em um mundo saudável. (BYDLOWSKI; WESTPHAL; PEREIRA, 2004). As más condições socioeconômicas, definidas, por exemplo, por renda per capita menor que o salário mínimo, moradia com problemas de conforto térmico ou ausência de água e/ou saneamento básico, ausência de alimentos necessários para a sobrevivência, criam condições iníquas entre os diferentes grupos da população, gerando diferenças de condições de vida que são desnecessárias e evitáveis, além de consideradas insatisfatórias e injustas (WHITEHEAD, 1990).

O saneamento como promoção da saúde é uma intervenção multidimensional que se dá no ambiente, considerado em suas dimensões física, social, econômica, política e cultural. Seu objetivo é a implantação de sistemas de engenharia associada a um conjunto de ações integradas capazes de contribuir para a saúde, por sua vez definida como qualidade de vida; erradicação da doença pelo combate integral às suas causas e determinantes (SOUZA; FREITAS, 2008).

De acordo com CVJETANOVIC (1986), na Figura 11 ilustra um modelo, que determina ações de abastecimento de água e de esgotamento sanitário proporcionando benefícios gerais sobre a saúde da população. Tais ações podem ter efeitos diretos ou efeitos indiretos, de acordo com o desenvolvimento da localidade atendida. Sendo os efeitos diretos relacionados a saúde e os indiretos ao desenvolvimento econômico, a educação, a alimentação, além da saúde.

Figura 11: Esquema dos efeitos diretos e indiretos da água e do esgotamento sanitários sobre a saúde: Esquema conceitual (CVJETANOVIC, 1986), copiada e adaptada por HELLER (1998).



Medidas de saneamento, sobretudo como a melhoria da qualidade da água, pode ter seus efeitos sobre a saúde minimizados ou até mesmo anulados por fatores de ordem comportamental ou ambiental, como a presença de contaminação no meio (HELLER, 1998).

É possível concluir que, de acordo com os autores citados neste capítulo, o saneamento e a saúde estão diretamente relacionados. Sendo o tratamento de esgoto e o abastecimento de água, tratados como tema deste trabalho e diretamente ligados à água de reúso, importantes para a manutenção da saúde da população de uma forma geral.

2. OBJETIVO

Nesse trabalho foram avaliados os potenciais municípios da região Nordeste brasileira que poderiam implementar a tecnologia de água de reúso, minimizando os impactos da falta de água nas regiões do semiárido.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS

Foram levantados todos os dados dos municípios e dos 9 estados da região Nordeste (Alagoas – 102; Bahia – 417; Ceará – 184; Maranhão – 217; Paraíba – 223;

Pernambuco – 185; Piauí – 224; Rio Grande do Norte – 167; Sergipe – 75) disponíveis na base de dados no site do SNIS no ano de 2010. O dado populacional utilizado foi a soma das populações rurais e urbanas dos municípios, atendidas ou não pelos serviços de saneamento, no ano de 2010. Esse dado foi obtido através do banco de dados do IBGE (2010), em planilha fornecida pelo SNIS (2010), definida como “POP_TOT - População total do município do ano de referência (Fonte: IBGE)”. A unidade de medida definida neste item foi a unitária;

O item definido como “AG010 - Volume de água consumido”, foi retirado de planilha fornecida pelo SNIS (2010) e, segundo o SNIS (2019), está definido como o volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento. Inclui o volume de água tratada exportado (AG019) para outro prestador de serviços. As receitas operacionais correspondentes devem estar computadas nas informações FN002 (debitadas em economias na área de atendimento pelo prestador de serviços) e FN007 (para o volume anual fornecido a outro prestador de serviços). Para prestadores de serviços de abrangência regional (X004) e microrregional (X003), nos formulários de dados municipais (informações desagregadas), o volume de água tratada exportado deve corresponder ao envio de água para outro prestador de serviços ou para outro município do próprio prestador. A unidade de medida usada foi de 1000 m³ por ano.

O item definido como “AG018 - Volume de água tratada importado” retirado de planilha fornecida pelo SNIS (2010) e, segundo o SNIS (2019), é o volume anual de água potável, previamente tratada (em ETA(s) ou em UTS(s)), recebido de outros agentes fornecedores. Deve estar computado no volume de água macromedido (AG012), quando efetivamente medido. Não deve ser computado nos volumes de água produzido (AG006), tratado em ETA(s) (AG007) ou tratado por simples desinfecção (AG015). A despesa com a importação de água deve estar computada na informação FN020. Para prestadores de serviços de abrangência regional (X004) e microrregional (X003), nos formulários de dados municipais (informações desagregadas), o volume de água tratada importado deve corresponder ao recebimento de água de outro prestador de serviços ou de outro município do próprio prestador. Nos formulários das informações agregadas, o volume de água tratada importado deve corresponder apenas ao recebimento de água de outro prestador de serviços. A unidade de medida usada foi de 1000 m³ por ano.

O item definido como “AG019 - Volume de água tratada exportado” retirado de planilha fornecida pelo SNIS (2010) e, segundo o SNIS (2019), é o volume anual de água potável, previamente tratada (em ETA(s) - AG007 ou em UTS(s) - AG015), transferido para outros agentes distribuidores. Deve estar computado nos volumes de água consumido (AG010) e faturado (AG011), nesse último caso se efetivamente ocorreu faturamento. A receita com a exportação de água deve estar computada em receita operacional direta de água exportada (bruta ou tratada), informação FN007. Para prestadores de serviços de abrangência regional (X004) e microrregional (X003), nos formulários de dados municipais (informações desagregadas), o volume de água tratada exportado deve corresponder ao envio de água para outro prestador de serviços ou para outro município do próprio prestador. Nos formulários das informações agregadas, o volume de água tratada exportado deve corresponder apenas ao envio de água para outro prestador de serviços. A unidade de medida usada foi de 1000 m³ por ano.

O item definido como “ES006 - Volume de esgotos tratado” retirado de planilha fornecida pelo SNIS (2010) e, segundo o SNIS (2019), é o volume anual de esgoto coletado na área de atuação do prestador de serviços e que foi submetido a tratamento, medido ou estimado na(s) entrada(s) da(s) ETE(s). Não inclui o volume de esgoto bruto importado

que foi tratado nas instalações do importador (informação ES014), nem o volume de esgoto bruto exportado que foi tratado nas instalações do importador (ES015). O volume informado para este campo deve ser igual ou inferior ao informado em ES005. A unidade de medida usada foi de 1000 m³ por ano.

O item “Água consumida (m³)” foi criado com o intuito de encontrar o volume em metros cúbicos de água consumida com base nos dados do SNIS no ano de 2010.

O item “Esgoto tratado (m³)” foi criado com o intuito de encontrar o volume em metros cúbicos de esgoto tratado com base nos dados do SNIS no ano de 2010.

O item “Volume máximo de Tratamento do Esgoto (m³)” da planilha do foi definido como o volume máximo que cada cidade conseguiria tratar de esgoto com base na água consumida. Ou seja, foi o volume que aquela população produziu de esgoto e que poderia ser tratado a partir do volume de água consumida. A NBR9649 (1986) foi utilizada como base para definir a quantidade média de água consumida que vira esgoto. Esse volume foi representado em metros cúbicos.

A coluna “Volume recomendado pela OMS (m³)”, é definido como o volume mínimo que o município deveria consumir de água para que uma pessoa viva de forma saudável. Esse dado foi criado a partir dos dados populacionais dos municípios fornecidos pelo SNIS (2010), que são baseados nos dados do IBGE (2010), conforme o item “POP_TOT - População total do município do ano de referência (Fonte: IBGE), e o dado que a OMS estipula como o consumo mínimo per capita de água em material fornecido pela ANA (2017). Esse volume foi representado em metros cúbicos.

“Déficit de água total (m³)”, é o volume de água que falta para a cidade atingir “Volume recomendado pela OMS (m³)”. Esse volume foi representado em metros cúbicos.

O “déficit por pessoa/ano (litros)”, é quantos litros de água por pessoa a cidade precisa produzir para chegar ao volume mínimo recomendado pela OMS. Esse volume foi representado em litros.

“Possibilidade de retorno imediato (m³)”, é o volume de esgoto em metros cúbicos que o município poderia reutilizar sem ter que construir novas estações de tratamento de esgoto.

O critério escolhido para a seleção dos municípios potenciais produtores de água de reúso foram os municípios que já possuem estações de tratamento de esgoto em funcionamento. Pois, esses municípios já fizeram o investimento no tratamento, no qual a água volta para a natureza, provavelmente sem antes ser reutilizada, assim sendo possível expandir a quantidade de recursos hídricos disponíveis na região.

Conforme descrito anteriormente, após a especificação dos dados utilizados nesse trabalho, foi notório observar que todos os dados utilizados foram recolhidos de instituições de renome na área da pesquisa e normativas brasileiras. Os dados criados nesse trabalho, foram embasados nos dados dessas mesmas instituições, contendo assim, informações novas e relevantes para análise das condições de saneamento da região Nordeste brasileira.

3.2. ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Os dados, citados no item 3.1 desse estudo foram organizados em banco de dados com as variáveis como área geográfica, população e informações de saneamento. Foram criadas fórmulas e calculadas taxas e proporções utilizando estatísticas descritivas em forma de taxas e proporções, gerando tabelas e gráficos no Microsoft Office Excel 2007®.

O banco de dados gerado no programa Microsoft Excel, também foi analisado empregando a ferramenta de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), no caso o software QGIS 2.18.3 (Equipe de Desenvolvimento do QGIS (2015) do Open Source Geospatial Foundation Project, disponível em <http://qgis.org>).

Os mapas temáticos confeccionados permitiram a análise espacial dos dados obtidos. A base cartográfica utilizada para representação dos municípios da região Nordeste obtidas através do portal do IBGE (IBGE, 2010). Para georreferenciação das ETEs e foi adotada a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) fuso 24N e Sistema de Referência Geodésico SIRGAS 2000, com escala 1:50000.

A organização dos dados permitiu a criação de mapas e tabelas que facilitaram a análise dos resultados e uma melhor compreensão das possíveis causas e soluções para a crise hídrica do Nordeste brasileiro.

3.3. ORGANIZAÇÃO ESTATÍSTICA DOS DADOS

Conforme descrito nos itens 3.1 e 3.2 desse capítulo, foram criadas fórmulas com base nos dados, e realizado a análise estatística descritiva das médias e das diferenças. As fórmulas usadas deram origem aos principais dados desse trabalho. Elas foram definidas da seguinte maneira:

O item “Água consumida (m^3)” é o item “AG010 - Volume de água consumido” multiplicado por 1000. O resultado constituiu o volume em metros cúbicos de água que são consumidos em cada município nordestino.

O item “Esgoto tratado (m^3)” é o item “ES006 - Volume de esgotos tratado” multiplicado por 1000. O resultado disso constituiu volume o volume em metros cúbicos de esgoto tratado em cada município nordestino.

O item “Volume máximo de Tratamento do Esgoto (m^3)”. Foi utilizada a taxa de retorno da norma NBR 9649 para definir o volume de água consumida por pessoa que foi transformado em volume de esgoto. Com isso, esse volume foi definido como 80% da água consumida de cada cidade, que é o volume que a norma define como a quantidade média de água que vira esgoto.

O item “Volume recomendado pela OMS (m^3)” é a população da cidade, definida pelo banco de dados dos SNIS (2010) vezes o volume mínimo recomendado pela OMS por ano, que é $3,65 m^3$. A OMS recomenda que cada pessoa da cidade deve consumir, no mínimo, 100 litros de água por dia para garantir melhores condições de saúde, segundo a ANA (2017). 100 litros de água por dia durante o ano equivalem a aproximadamente 3,65 metros cúbicos de água por ano.

O item “Déficit de água total (m^3)”, foi definido pelo item “volume recomendado pela oms (m^3)” menos o item “AG010 - Volume de água consumido”, definido pelo SNIS (2010). Ou seja, quando o déficit de água total tem um volume positivo, o resultado desse volume é o quanto a cidade necessita para atingir o mínimo. Se o resultado for zero, ela

atingiu a recomendação da OMS. Logo, se o resultado for negativo, quer dizer que a cidade produz um volume maior que a OMS recomenda.

O item “Déficit por pessoa/ano (litros)”, ficou definido como “Déficit de água total (m^3)” divididos pela população da cidade multiplicada por 3,65. O resultado disso foi quantos litros por pessoa a cidade precisa produzir para atingir o mínimo que a OMS recomenda.

A “Possibilidade de retorno imediato (m^3)”, é exatamente o resultado encontrado no item “Esgoto tratado (m^3)”. Pois, ele define o volume que já é tratado de esgoto por ano.

Com essas análises foi possível definir novos parâmetros de medida de escassez hídrica utilizando os bancos de dados construído nesse trabalho de pesquisa. Eles possuem o intuito de auxiliar novas técnicas de combate ‘a escassez hídrica e ajudar a auxiliar a criação de políticas públicas capazes de resolver o problema da escassez hídrica.

3.4. ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EM SISTEMA GEOGRÁFICO DE INFORMAÇÃO (SIG)

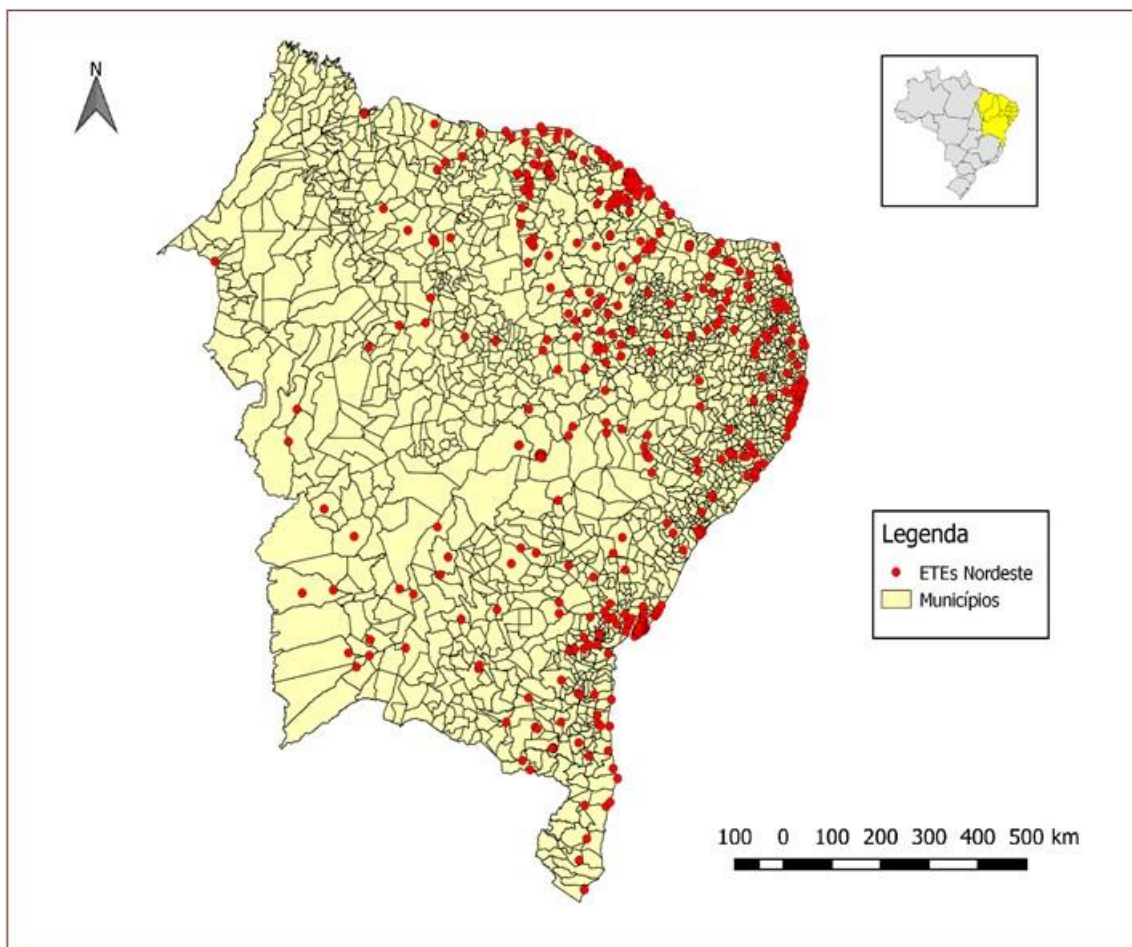
Após a criação da planilha, ela foi utilizada em conjunto com os dados do sistema geográfico de informação, com o objetivo de poder visualizar melhor como as informações e os dados estão organizados no espaço geográfico. Os mapas foram criados a partir desse banco de dados novo construído de acordo com as figuras 12, 13, 14, 15 e 16.

Com as informações definidas no espaço geográfico, no caso, nos municípios nordestinos, foi possível verificar e ranquear a situação hídrica de cada município. A partir disso, foi possível sugerir técnicas para minimizar o problema encontrado para auxiliar gestores públicos, sendo possível também definir prioridades de investimento de acordo com os critérios adotados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

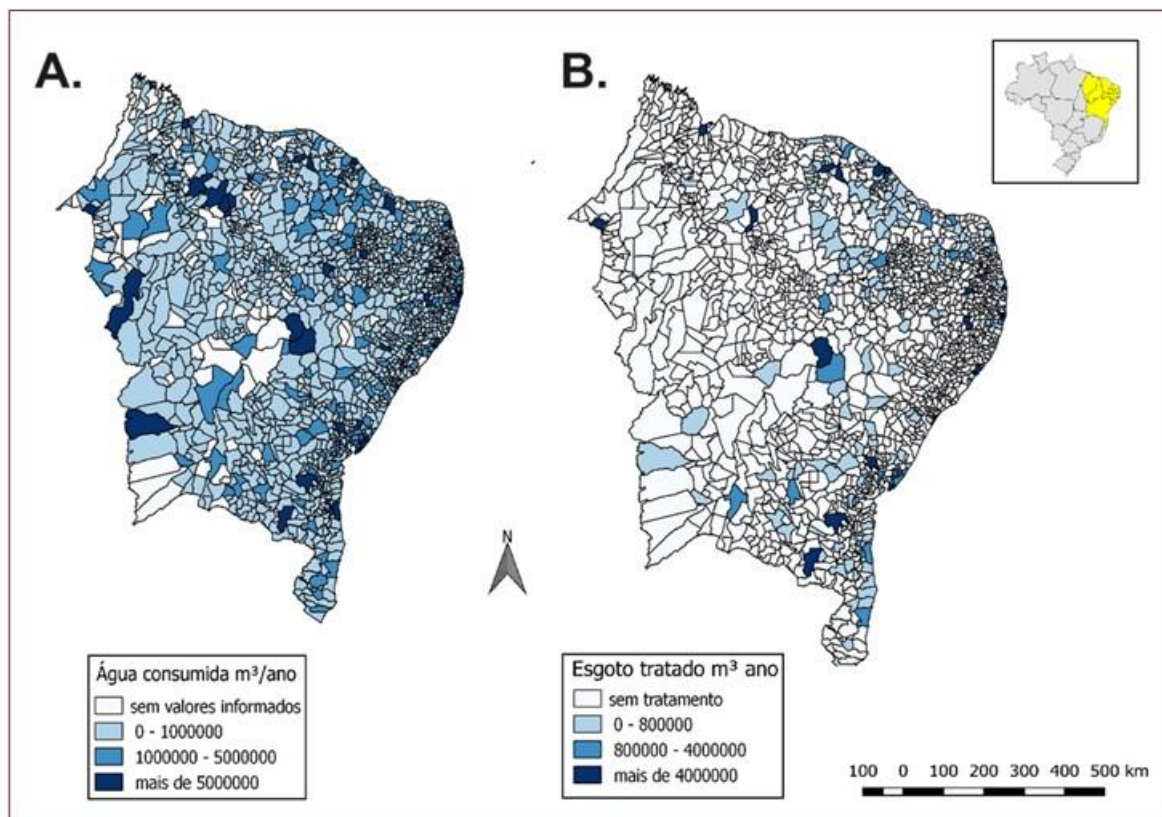
4.1. SITUAÇÃO DO SANEAMENTO

O tratamento do esgoto sanitário no Brasil é deficitário, sendo a região Nordeste amplamente afetada com a falta de políticas públicas para tratamento de esgoto. Por meio dos mapas dos mapas temáticos construídos a partir dos dados analisados e observar as condições dos sistemas de esgotamento sanitário de de abastecimento de água de todas as cidades do Nordeste, assim como as localizações das ETES de cada uma das cidades, conforme a figura 12. Essa análise geográfica, torna visualmente especializada a informação de que grande parte das cidades nordestinas não possuem ETES. E essas ETES predominam mais nas cidades litorâneas da região Nordeste.

Figura 12: Mapa temático do Nordeste com a localização das ETEs (SNIS, 2010).

Segundo a NBR9649 (1986), o coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgoto produzido e água efetivamente consumida. Esse dado é relevante para saber qual é a média de água consumida que é transformada em esgoto sanitário efetivamente. A norma define que em média 0,8 da água consumida vira esgoto efetivamente, ou seja, em média 80% da água consumida vira esgoto. E para entender a situação atual do saneamento, particularmente do esgoto tratado, foram construídos os mapas temáticos que compõem a Figura 13, que traz a análise espacial da relação entre a água consumida e o esgoto tratado, sendo que no mapa do esgoto tratado foi inserida a localização das ETEs. Os mapas da figura 13 foram feitos com base nos dados do SNIS (2010) e, foi considerado o coeficiente de retorno com base na norma NBR9649 (1986). Pode-se perceber na Figura 13 que o volume representado pelas cores relativas ao esgoto tratado equivale a 80% do volume indicado pelas mesmas cores do mapa de água consumida. As cores mais claras dos mapas da figura 13 representam os menores volumes de água consumida e esgoto tratado e as cores mais escuras representam os maiores volumes de água consumida e esgoto tratado.

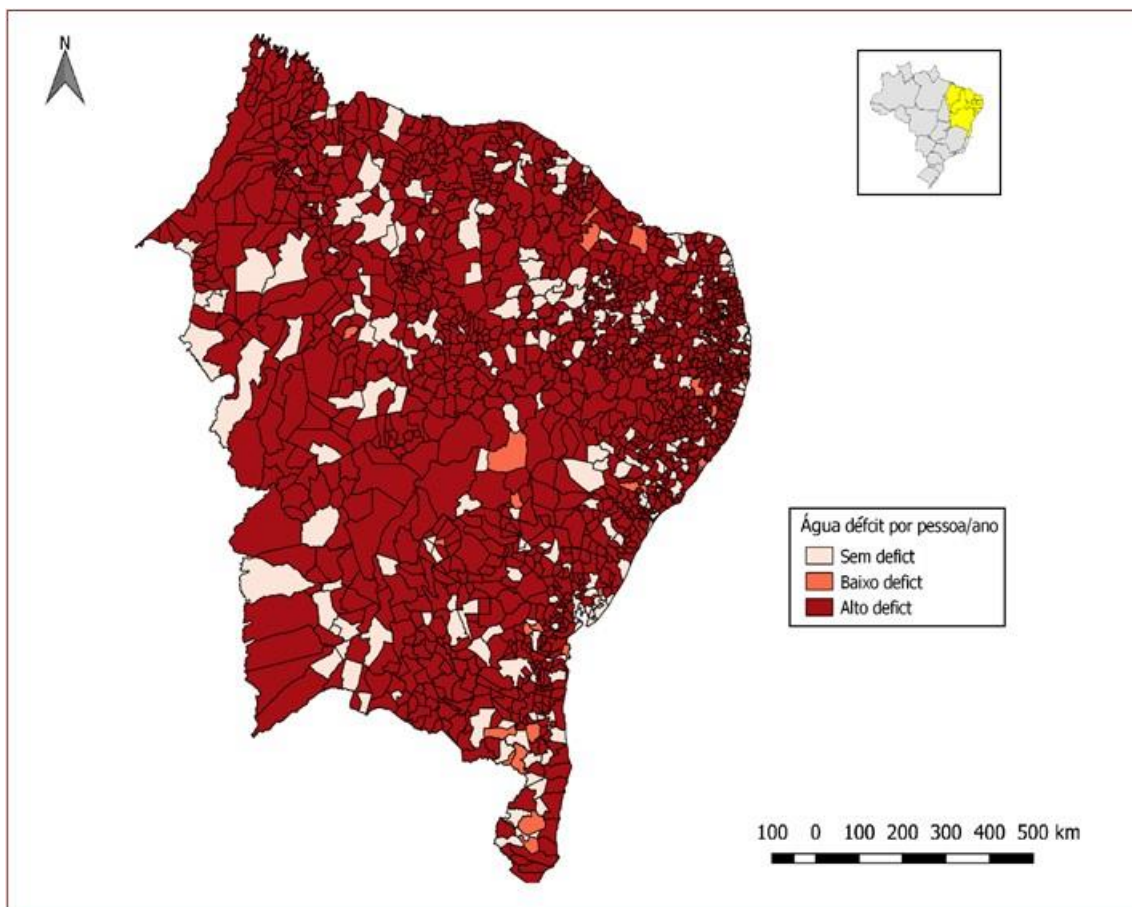
Figura 13: Relação de água consumida e de esgoto tratado (SNIS, 2010). Em A. Volume de água consumida em casa município; B. Volume de esgoto tratado por município.



Mesmo sem considerar o número de pessoas e apenas considerando o volume de água consumida e o volume de esgoto tratado, foi possível analisar, que a maior parte da água consumida nas cidades nordestinas não são transformadas em esgoto tratado (Figura 13), apesar da maior parte do esgoto coletado constar na base de dados tratado (SNIS, 2010), conforme foi indicado no item 2.2 deste estudo. Também foi possível verificar pela distribuição espacial que as cidades que mais carecem de tratamento de esgoto estão localizadas nas regiões onde existem poucas ETEs (Figura 12), e que há necessidade de construção de novas ETEs, esse aspecto é um dos mais relevantes para o avanço do saneamento no Nordeste.

4.2. SITUAÇÃO DA ESCASSEZ HÍDRICA POR MUNICÍPIO

A escassez hídrica nordestina é multifatorial, desta forma para analisar a real dimensão da crise hídrica nordestina, foi construído o mapa temático sobre o déficit de água por pessoa, conforme a Figura 14.

Figura 14: Mapa temático do déficit de água por pessoa/ano nas cidades nordestinas

O mapa temático da figura 14 foi construído com base nos dados do banco construído. Foi padronizado que as cores mais escuras representariam os maiores déficits de água por habitante por ano e as cores mais claras os menores. As áreas sem déficit são as áreas nas quais o consumo de água foi maior ou igual a 100 litros de água por dia por habitante, que é o consumo mínimo recomendado por habitante por dia, segundo a OMS (ANA, 2017). As áreas com pouco déficit foram consideradas quando a cidade tem déficit de até 5 litros de água por habitante por dia. É possível perceber que, há uma escassez hídrica que afeta boa parte da região, inclusive nas áreas onde o clima não é semiárido. Para ser mais exato, de 1794 cidades nordestinas, 1532 possuem déficit de água, totalizando um déficit 201.695.860 m³ de água por ano em toda a região. Também foi possível perceber que existem cidades, localizadas no semiárido que não possuem déficit de água por habitante, isso reitera que esse déficit de água é uma questão mais política que técnica.

Ainda com base na figura 14, pode-se concluir que são necessárias políticas públicas para minimizar a escassez hídrica da região, visto que boa parte da região não atende a indicação do mínimo de água necessário por dia por habitante da OMS.

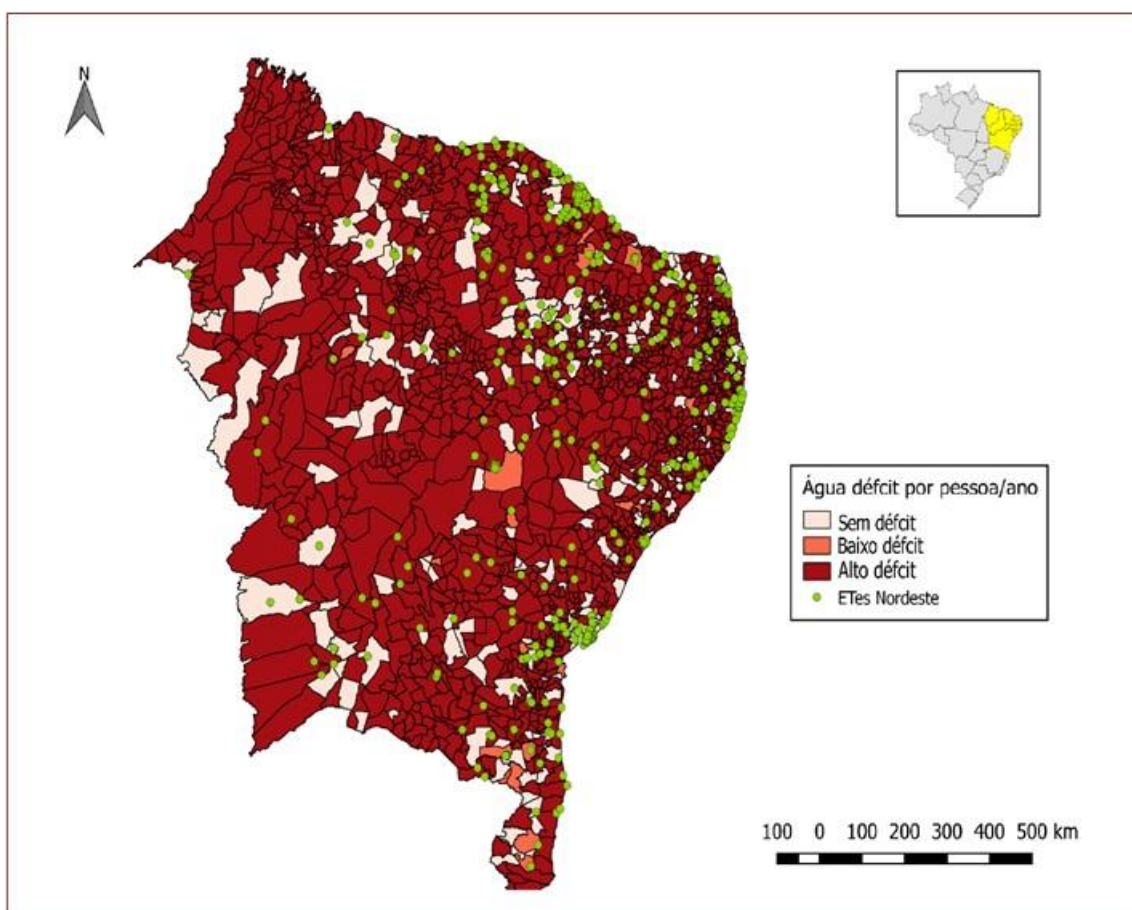
4.3. POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO

A utilização de água de reúso segura, importante estratégia de gestão das águas, possibilita que a oferta de água potável seja destinada para fins essenciais enquanto que a de reúso seja direcionada para outros fins, tais como atividades agrícolas, irrigação paisagística, limpeza urbana (PINTO et al., 2014).

Segundo o SNIS (2010), 41 cidades nordestinas importaram água tratada no ano de 2010 e apenas 8 exportaram água tratada nesse mesmo ano. O que indica que tratar a água pode ser uma fonte de emprego e de renda para o município. Também reafirma a importância da água de reúso como ou uma possível fonte de emprego e renda para os municípios ou como forma de economizar recursos financeiros.

Com a finalidade de observar uma possível solução para amenizar o problema do déficit de água por habitante, exposto no item 4.2 deste estudo, foi criada a figura 15, que expõe a localização geográfica das ETEs sobrepostos as camadas de dados sobre a situação de déficit de cada cidade.

Figura 15: Mapa temático do déficit de água das cidades nordestinas com a localização geográfica das ETE's.

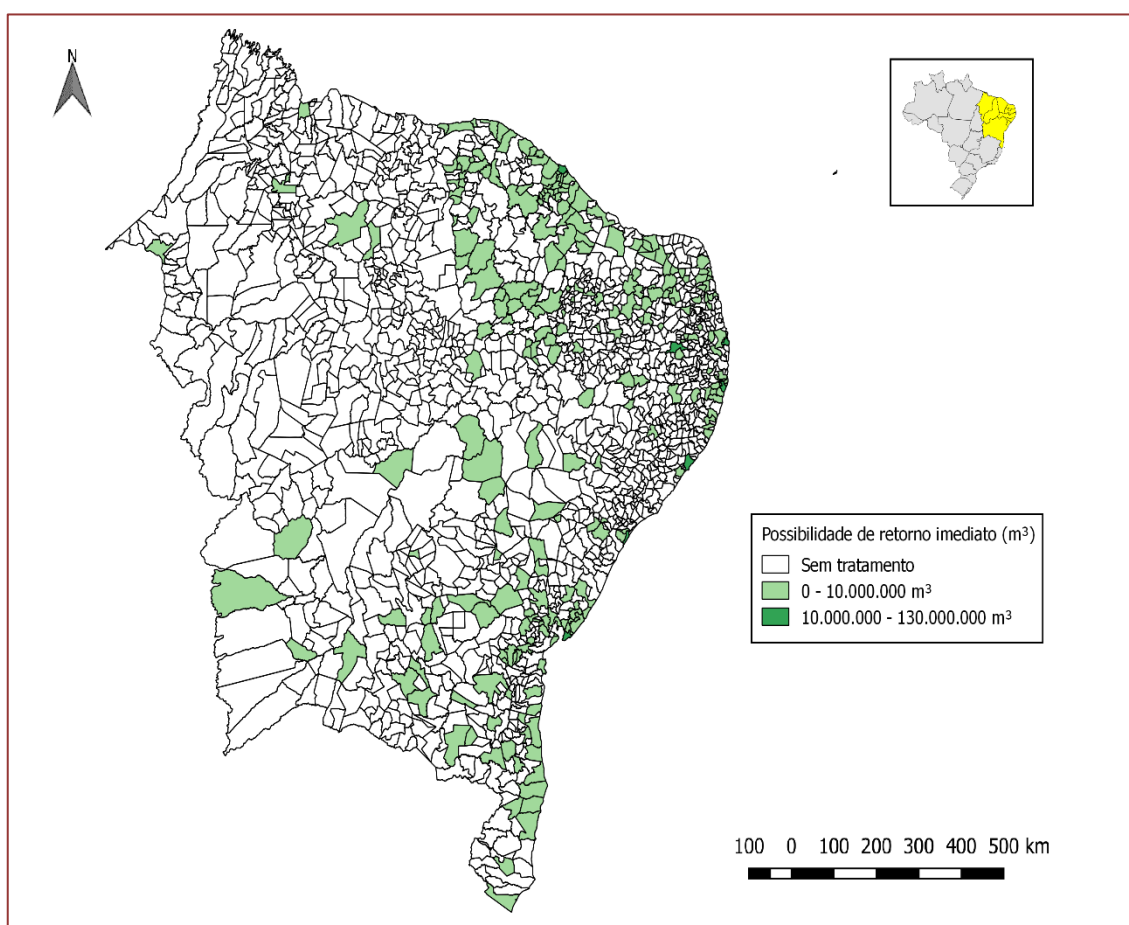


Conforme o mapa temático da figura 15 ilustra, foi possível analisar que grande parte das cidades que possuem déficit de água por habitante possuem algum tratamento de esgoto. Portanto como já foi realizado um investimento em tratamento de esgoto, logo, possivelmente haverá menores custos de implementação de um sistema de reúso da água

presente nesse esgoto. Que deve estar sendo desperdiçada na bacia hidrográfica. Porém, é preciso analisar caso a caso. É relevante informar que as áreas que ainda não possuem ETEs, apesar de não terem investimento, poderiam planejar futuros investimentos em tratamento de esgoto pensando no reúso da água, o que iria baratear futuros custos de implementação, visto que a água seria um recurso que retornaria em sistema de reúso no médio e no longo prazo.

Para facilitar a visualização de quais cidades nordestinas tratam seus esgotos, tendo assim a possibilidade de ter um retorno mais rápido quando efetuarem investimentos em água de reúso, foram analisados os dados no mapa temático conforme a figura 16.

Figura 16: Mapa temático da possibilidade de retorno imediato por cidade nordestina.



Conforme descrito anteriormente, o mapa da figura 16 foi criado com base no banco de dados construído e contém aproximadamente o volume de esgoto tratado que cada cidade nordestina poderia reutilizar de forma imediata. Somando esse número, tem-se 456.899.400 m³ de esgoto tratado anualmente (SNIS, 2010), que poderia ser utilizado como água de reúso nas 263 cidades representadas em verde no mapa. O déficit anual de água é de 201.695.860 m³ na região Nordeste, com base nisso, essas cidades poderiam até resolver o problema da escassez hídrica de todo o Nordeste. Podendo ser exportadoras

de água. O que potencializa a importância da água de reúso como solução dessa escassez hídrica na região.

Com base nas análises realizadas foi possível concluir que a água de reúso tem potencial para minimizar ou até acabar com a escassez de água nordestina. Reforçando assim que a solução desse problema é uma questão política e não técnica.

5. CONCLUSÃO

- Apesar de a maior parte do esgoto do Nordeste ser coletado, ele não é tratado, logo, há necessidade de construir novas estações de tratamento de esgoto;
- A maior parte da região não atende o que a OMS indica como o mínimo de água necessário por dia por habitante (ANA, 2017);
- A água de reúso é uma possível solução para a escassez hídrica nordestina;
- As soluções para a crise hídrica nordestina são na escala política, pois existem técnicas disponíveis para sanar esse problema.

REFERÊNCIAS

- [1] ANA, Agência Nacional de Águas. Atlas Esgotos, Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília, Brasil, 2017.
- [2] ANA, Agência Nacional de Águas. Conjuntura Recursos Hídricos Brasil. Brasil, 2017.
- [3] BRUNI, JOSÉ CARLOS. A água e a vida, Tempo soc. vol.5 no.1-2 São Paulo Jan./Dec. 1993 disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/ts.v5i1/2.84942> e acessado em 30/09/2019.
- [4] BRITO, R. A. L. ANDRADE, C. de L. T. de. Qualidade da água na agricultura e no ambiente, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 31, n. 259, p. 50-57, nov./dez. 2010. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/888975> e acessado em 24/07/2019.
- [5] BYDŁOWSKI, C. R.; WESTPHAL, M. F.; PEREIRA, I. M. T. B. Promoção da saúde: porque sim e porque ainda não! *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 14-24, 2004.
- [6] CERQUEIRA, G. A. et al. A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim do Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 16 de abril de 2015.
- [7] FREIRE, R. S. et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química Nova*, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 504-511, 2000.
- [8] MANCUSO, P.C.S.; SANTOS H.F. *Reúso de Água*. Barueri, SP: Manole, 2013.
- [9] HESPANHOL, I. Potencial de Reúso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol 7 Out/Dez de 2002. Disponível em <https://www.researchgate.net/f> e acessado em 29/11/2019.
- [10] HANDAM, N. B. et al. Sanitary quality of reused water for irrigation in agriculture in Brazil. *Revista Ambiente & Água*, v. 17, n. 3, p. e2809, 2022.
- [11] HANDAM, N. B. et al. Agricultural Reuse: Comparison between Brazilian and International Quality Standards. *International Journal of Hydrology*, vol. 5, no. 1, Feb. 2021, pp. 28–31, <https://doi.org/10.15406/ijh.2021.05.00262>.
- [12] HESPANHOL, I. Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. *Revista USP*, São Paulo. N. 106, p. 79-94, julho/agosto/setembro 2015.
- [13] HELLER, Léo. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. *Ciênc. saúde coletiva* vol.3 no.2 Rio de Janeiro 1998.

- [14] HELLER, L. Saneamento e saúde. Brasília: OPAS - Organização Pan-americana da Saúde. 97p. 1997.
- [15] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil, 2010. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=series-historicas> e acessado em 25/09/2019.
- [16] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil, 2010. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas> e acessado em 30/09/2019.
- [17] KREMER, J. Caminhando rumo ao consumo sustentável: uma investigação sobre a teoria declarada e as práticas das empresas no Brasil e no Reino Unido. PPG em Ciências Sociais. PUCSP, São Paulo, 2007. 323 p.
- [18] LEITE, A.M.; Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos. Universidade Católica de Brasília. 2003.
- [19] LIMA, M. C. B. Desenvolvimento sustentável, o uso e o aproveitamento adequados da água. Água, Justiça e Desenvolvimento: Desafios para Gestão dos Recursos Hídricos. Revista da AMAERJ. Rio de Janeiro. Edição especial Meio Ambiente, jun 2001.
- [20] LOBO, L.P. Análise Comparativa dos Processos de Filtração em Membranas e Clarificação Físico-Química para Reúso de Água na Indústria. Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. 2004.
- [21] MALVEZZI, Roberto. Semiárido uma visão holística. Brasília: Confea, 2007.
- [22] MARTINS, Alex. O planeta está sedento. Folha Universal, São Paulo, p. 2A, 16 nov. 2003.
- [23] MEHNERT, Dolores Ursula. Reúso de efluente doméstico na agricultura e a contaminação ambiental por vírus entéricos humanos. Disponível em http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65_1_2/mehnert.pdf e acessado em 30/09/2019.
- [24] MOURA, P.G; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E; JARDIM, RODRIGO; SOTERO-MARTINS, A. *Concepts and classification for water reuse in Brazil by different destinations. American Journal of Engineering Research (AJER)*, e-ISSN: 2320-0847, p-ISSN :2320-0936, Volume-8, Issue-8, pp-156-159, 2019. Disponível em www.ajer.org/ e acessado em 06/01/2020.
- [25] MUFFAREG, M. R. Análise e Discussão dos Conceitos e Legislação Sobre Reúso de Águas Residuárias. CDD - 20.ed. - 628.3, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. Abril, 2003. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/4876/2/556.pdf>. Acessado em 03 de Janeiro de 2019.
- [26] NBR9649, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, NOV 1986.
- [27] PINTO, H. S. et al. A Crise Hídrica e suas Consequências. Núcleo de estudo e pesquisas - Senado Federal, p. 1-32, 2014.
- [28] SAMPAIO, Fernando. A pecuária e a rio+20, Dossiê da pecuária. Revista UFG, Ano XIII nº 13, Dezembro 2012.
- [29] SNIS, Sistema nacional de informações em saneamento. Brasil, 2010. Disponível em <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/> e Acessado em 10/12/2019.
- [30] SOUZA, Cezarina Maria Nobre; FREITAS, Carlos Machado de. O saneamento na ótica de profissionais de saneamento-saúde-ambiente: promoção da saúde ou prevenção de doenças? Eng. Sanit. Ambient. vol.13 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2008.
- [31] SUDENE, Superintendência do desenvolvimento do Nordeste, Disponível em <http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido> e acessado em 25/11/2019.
- [32] WHITEHEAD, M. *The concepts and principles of equity and health. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe*, 1990.
- [33] WESTERHOFF, G.P. *Un update of research needs for water reuse*. In: WATER REUSE SYMPOSIUM, 3º Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984.
- [34] WHO, W. H. O. *Reuse of effluents : methods of wastewater treatment and health safeguards, report of a WHO meeting of experts (Of a WHO meeting of experts., Ed.) Geneva Technical report series n. 517*, 1973.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

