

Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa 6

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa 6

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	Ciências agrárias [recurso eletrônico] : campo promissor em pesquisa 6 / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ciências Agrárias. Campo Promissor em Pesquisa; v. 6) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-420-7 DOI 10.22533/at.ed.207192106 1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario. III. Série. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta seu volume 6, em seus 21 capítulos, conhecimentos aplicados as Ciências Agrárias.

A produção de alimentos nos dias de hoje enfrenta vários desafios e a quebra de paradigmas é uma necessidade constante. A produção sustentável de alimentos vem a ser um apelo da sociedade e do meio acadêmico, na procura de métodos, protocolos e pesquisas que contribuam no uso eficiente dos recursos naturais disponíveis e a diminuição de produtos químicos que podem gerar danos ao homem e animais. Este volume traz uma variedade de artigos alinhados com o uso eficiente do recurso água na produção de conhecimento na área das Ciências Agrárias, ao tratar de temas como uniformidade de distribuição de aspersores, tratamento e uso de água, entre outros. São abordados temas inovadores relacionados como o escoamento das produções no Brasil, perfil de consumidores, arborização nos bairros, extrativismo, agricultura familiar, entre outros temas. Os resultados destas pesquisas vêm a contribuir no aumento da disponibilidade de conhecimentos úteis a sociedade.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE ASPERSORES	
Thayane Leonel Alves	
José de Arruda Barbosa	
Antônio Michael Pereira Bertino	
Evandro Freire Lemos	
José Renato Zanini	
DOI 10.22533/at.ed.2071921061	
CAPÍTULO 2	6
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ADSORVENTE DA BIOMASSA DE COCO VERDE QUANTO À REDUÇÃO DA SALINIDADE EM ÁGUA PRODUZIDA	
Ana Júlia Miranda de Souza	
Luiz Antônio Barbalho Bisneto	
Tatiane Pinheiro da Silva	
Fabiola Gomes de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.2071921062	
CAPÍTULO 3	17
ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA: UMA ABORDAGEM A INFRAESTRUTURA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE	
Fernando Doriguel	
Fábio Silveira Bonachela	
DOI 10.22533/at.ed.2071921063	
CAPÍTULO 4	31
ESTUDO DE CASO EM EMPRESA FAMILIAR DE JALES	
Emerson Aparecido Mouco Junior	
Luciana Aparecida Rocha	
Thiago Gonçalves Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.2071921064	
CAPÍTULO 5	44
ESTUDO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS CONSUMIDORES DE MEL DA REGIÃO NORDESTE PARAENSE: UMA ABORDAGEM A PARTIR DO MUNICÍPIO DE TERRA ALTA	
Renata Ferreira Lima	
Antônio Maricélio Borges de Souza	
Alasse Oliveira da Silva	
Lucas Ramon Teixeira Nunes	
Adriano Vitti Mota	
Akim Afonso Garcia	
Fernando Oliveira Pinheiro Júnior	
Diocléa Almeida Seabra Silva	
Jonathan Braga da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.2071921065	

CAPÍTULO 6 54

FERMENTAÇÃO COM O USO DE SORO ÁCIDO DE LEITE PARA OBTENÇÃO DE BEBIDAS LÁCTEAS

Rodrigo Murucci Oliveira Magalhães
Monica Tais Siqueira D' Amelio Felipe

DOI 10.22533/at.ed.2071921066

CAPÍTULO 7 73

FIRST REPORT OF *PSEUDOCERCOSPORA* ON LEAVES OF MALVARISCO (*Waltheria indica*) IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO, BRAZIL

Kerly Martinez Andrade
Jéssica Rembinski
Jucimar Moreira de Oliveira
Watson Quinelato Barreto de Araújo
Helena Guglielmi Montano
Carlos Antonio Inácio

DOI 10.22533/at.ed.2071921067

CAPÍTULO 8 80

FITOGEOGRAFIA DA ARBORIZAÇÃO NO BAIRRO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PA

Wallace Campos de Jesus
Thiago Gomes de Sousa Oliveira
Mayra Piloni Maestri
Douglas Valente de Oliveira
Maira Teixeira dos Santos
Marina Gabriela Cardoso de Aquino
Jobert Silva da Rocha
Bruna de Araújo Braga

DOI 10.22533/at.ed.2071921068

CAPÍTULO 9 87

IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA DE ESPÉCIES MADEIREIRAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL EM MARABÁ/PA

Pâmela da Silva Ferreira
Dafilla Yara de Oliveira Brito
Daniela Costa Leal
Nixon Teodoro de Oliveira
Natalia Lopes Medeiros
Débora da Silva Souza de Santana
Marcelo Mendes Braga Junior
Gabriele Melo de Andrade
Luiz Eduardo de Lima Melo

DOI 10.22533/at.ed.2071921069

CAPÍTULO 10 94

MEDIÇÃO DE PERDA DE CARGA PRINCIPAL EM UMA MANGUEIRA DE POLIETILENO

Thayane Leonel Alves
José de Arruda Barbosa
Gabriela Mourão de Almeida
Antônio Michael Pereira Bertino

José Renato Zanini

DOI 10.22533/at.ed.20719210610

CAPÍTULO 11 99

O EXTRATIVISMO DA BORRACHA E A SUSTENTABILIDADE DA AMAZÔNIA

Floriano Pastore Júnior

DOI 10.22533/at.ed.20719210611

CAPÍTULO 12 106

OCUPAÇÕES RURAIS NÃO AGRÍCOLAS E PLURIATIVIDADE COMO
ESTRATÉGIAS DE PERMANÊNCIA NO CAMPO

José Benedito Leandro

DOI 10.22533/at.ed.20719210612

CAPÍTULO 13 123

ORIGEM DE ESPÉCIES UTILIZADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA DO BAIRRO
SANTA CLARA, MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PARÁ

Marina Gabriela Cardoso de Aquino

Jaiton Jaime das Neves Silva

Wallace Campos de Jesus

Pedro Ives Souza

Mayra Piloni Maestri

DOI 10.22533/at.ed.20719210613

CAPÍTULO 14 130

PASTAGENS: APLICATIVO MÓVEL PARA AUXÍLIO DA PRODUÇÃO DE
FORRAGEIRAS EM SERGIPE

Luiz Diego Vidal Santos

Francisco Sandro Rodrigues Holanda

Paulo Roberto Gagliardi

Airton Marques de Carvalho

Igor Sabino Rocha de Araújo

Catuxe Varjão de Santana Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.20719210614

CAPÍTULO 15 139

PROJETO DE SISTEMA ECOLÓGICO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA
SANITÁRIA NO SEMIÁRIDO POTIGUAR

Ana Beatriz Alves de Araújo

Rafael Oliveira Batista

Daniela da Costa Leite Coelho

Marineide Jussara Diniz

Solange Aparecida Goularte Dombroski

Suedêmio de Lima Silva

Adler Lincoln Severiano da Silva

Ricardo Alves Maurício

Ricardo André Rodrigues Filho

DOI 10.22533/at.ed.20719210615

CAPÍTULO 16 152

RELAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS UTILIZANDO GARANTIAS DE USO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NUMA FAZENDA EM QUIXERAMOBIM-CE

Antonio Geovane de Moraes Andrade
Rildson Melo Fontenele
Francisco Ezivaldo da Silva Nunes
Edmilson Rodrigues Lima Junior
Roberta Thércia Nunes da Silva
Francisca Luiza Simão de Souza

DOI 10.22533/at.ed.20719210616

CAPÍTULO 17 158

RELATO DE EXPERIÊNCIA DE MONITORIA NA DISCIPLINA DE FÍSICO – QUÍMICA NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO MARANHÃO, CAMPUS- CODÓ - MA

Weshyngton Grehnti Rufino Abreu
Ursilândia de Carvalho Oliveira
Eulane Rys Rufino Abreu
Erlane Andrade Rodrigues
Álvaro Itaúna Schalcher Pereira

DOI 10.22533/at.ed.20719210617

CAPÍTULO 18 161

RELATO DE VIVÊNCIAS DA AGRICULTURA FAMILIAR REALIZADA EM COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE CAMETÁ – PA

Thaynara Luany Nunes Monteiro
Fiama Renata Souza Monteiro Cunha
Patricia Taila Trindade de Oliveira
João Tavares Nascimento
Vanessa França da Silva
Antonio Tassio Oliveira Souza
Gabriel Menezes Ferreira
Igor Thiago dos Santos Gomes
Renan Yoshio Pantoja Kikuchi
Jhemyson Jhonathan da Silveira Reis
João Henrique Trindade e Matos
Diego Marcos Borges Gomes de Souza

DOI 10.22533/at.ed.20719210618

CAPÍTULO 19 166

SABERES AMAZÔNICOS: ESTUDO ETNOBOTÂNICO DE UMA ALDEIA INDÍGENA NO SUDESTE DO PARÁ

Camila Tamises Arrais Furtado
Thayrine Silva Matos
Marcelo Mendes Braga Junior
Gabriele Melo de Andrade
Maria Rita Lima Calandrini Azevedo
Laise de Jesus dos Santos
Mateus Ferreira Lima
Emilly Gracielly dos Santos Brito
Daleth Sabrinne da Silva Souza
Jean Carlos Altoé Cunha
Felipe Rezende Rocha Silva

DOI 10.22533/at.ed.20719210619

CAPÍTULO 20 173

UMA HISTÓRIA DO PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA: A PERSPECTIVA AUTOBIOGRÁFICA E AS MEMÓRIAS DE UM PROCESSO EM TEMPOS DE EROÇÃO CULTURAL

Manoel Adir Kischener
Everton Marcos Batistela
Airton Carlos Batistela

DOI 10.22533/at.ed.20719210620

CAPÍTULO 21 185

VULNERABILIDADE DE ÁGUAS DE POÇOS TUBULARES DESTINADAS À IRRIGAÇÃO DE UM COMPLEXO HORTÍCULA DO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Yêda Gabriela Alves do Espírito Santo Silva
Ana Paula Peron

DOI 10.22533/at.ed.20719210621

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 207

VULNERABILIDADE DE ÁGUAS DE POÇOS TUBULARES DESTINADAS À IRRIGAÇÃO DE UM COMPLEXO HORTÍCULA DO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Yêda Gabriela Alves do Espírito Santo Silva

Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, UFPI, Teresina-PI.

Ana Paula Peron

Universidade Federal do Piauí, UFPI, Picos-PI

RESUMO: Realizou-se análises microbiológicas, físico-químicas, citotóxicas e genotóxicas em águas subterrâneas de dez poços tubulares destinados a irrigação de hortas comunitárias na cidade de Teresina, Piauí, Brasil, em 2017, nos períodos chuvoso e de estiagem. Todos os poços, nas duas coletas, estavam contaminados por coliformes totais, e os poços P1, P3, P5 e P10 também apresentaram coliforme fecais. As águas, nas duas coletas realizadas, apresentaram baixa concentração de oxigênio dissolvido, e concentrações de nitrato e de cloro acima do permitido por lei. As águas de P1, P3, P5 e P10 foram citotóxicas as células meristemáticas de raízes de *A. cepa* nas duas épocas consideradas. Porém, nenhuma amostra de água foi genotóxica aos meristemas de raízes. Os resultados supõem que as águas analisadas estejam contaminadas por efluentes doméstico e sanitário não tratados, bem como por pesticidas. Tais condições são apontadas em virtude dos rios que margeiam ou estão próximos a estes poços estarem degradados por ação antrópica, e as hortas onde os poços

se encontram terem em seu entorno valas, sumidouros e fossas negras para despejo de esgotos. Diante do cenário, faz-se necessária a intervenção da prefeitura de Teresina e do governo de Estado nesses locais, uma vez que os poços avaliados irrigam hortas comunitárias em bairros carentes superpopulosos, e dali sai parte da alimentação dos seus moradores. Outra atividade para o poder público é colocar em ação planos de manejo para a recuperação dos rios e a implantação de saneamento público, de forma integral, nos povoados onde os poços se encontram.

PALAVRAS-CHAVE: efluente não tratado, coliformes, práticas agrícolas, saúde pública, gestão pública.

VULNERABILITY OF TUBULAR WELLS WATER INTENDED FOR IRRIGATION OF A HORTICULTURAL COMPLEX IN THE STATE OF PIAUÍ, BRAZIL

ABSTRACT: Microbiological, physico-chemical, cytotoxic and genotoxic analyzes were carried out in ten-water tubular wells for irrigation of community gardens in the city of Teresina, Piauí, Brazil, in 2017, in the rainy and dry periods. All wells in both collections were contaminated with total coliforms, and wells P1, P3, P5 and P10 also had fecal coliform. The waters, in the two collections performed,

presented low concentration of dissolved oxygen, and concentrations of nitrate and chlorine above that allowed by law. The waters of P1, P3, P5 and P10 were cytotoxic to meristematic cells of roots of *A. cepa* in the two considered periods. However, no water sample was genotoxic to root meristems. The results assume that the analyzed waters are contaminated by untreated household and sanitary effluents as well as by pesticides. Such conditions are pointed out because the rivers bordering or near these wells are degraded by anthropic action, and the gardens where the wells are found have ditches, sinks and black cesspits for the disposal of sewage. In view of the scenario, it is necessary to intervene in the Teresina prefecture and the state government in these places, since the wells evaluated irrigate community gardens in needy neighborhoods, and from there, part of the food of its residents. Another point for the public power is to put into action management plans for the recovery of rivers and the implementation of public sanitation, in an integral way, in the villages where the wells meet.

KEYWORDS: untreated effluent, coliforms, agricultural practices, public health, public management.

1 | INTRODUÇÃO

Em capitais do nordeste brasileiro a utilização de águas subterrâneas aumenta de forma substancial, especialmente, pela escassez e a degradação de recursos hídricos superficiais nessa região (CARNEIRO *et al.*, 2018). O recurso hídrico subterrâneo também é essencial para suprir a demanda de água frente ao crescimento demográfico ocorrido nesses municípios nas últimas décadas (CABRAL *et al.*, 2014). Tal concentração populacional se deu pela migração de famílias do interior em busca de melhores condições econômicas, sociais e laborais em suas capitais, ou em outras capitais nordestinas (OJIMA e MANDAROLA, 2012). A exemplo dessa condição tem-se Teresina, capital do Estado do Piauí.

Em meados dos anos 90, Teresina sofreu intenso fluxo migratório de famílias do próprio estado e dos estados do Maranhão e Ceará. O aumento desordenado na taxa populacional causou a precarização de empregos e sobretudo a formação/incremento de bairros carentes na periferia da cidade (CABRAL *et al.*, 2014). Hortas comunitárias e águas subterrâneas em poços tubulares para a irrigação, foram implantadas pela Prefeitura Municipal de Teresina no intuito de gerar emprego e renda, e de oportunizar melhor alimentação as famílias nesses povoados (CARNEIRO *et al.*, 2018). Dentre os bairros carentes de Teresina está o Dirceu Arcoverde, com população estimada em 37.440 pessoas, considerado o bairro mais populoso da América Latina (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2018). O Dirceu e outros bairros menos povoados, porém, com condições socioeconômicas e infraestrutura semelhantes, possuem um complexo de 45 hortas comunitárias de grande porte onde se cultiva ampla diversidade de hortaliças (MONTEIRO *et al.*, 2018).

No entanto, os rios que margeiam Teresina, o Parnaíba e o Poty (locais dos

aquíferos de onde provém as águas subterrâneas para irrigação das hortas comunitárias), encontram-se parcialmente degradados, principalmente, nas imediações dos bairros periféricos (MATOS *et al.*, 2017). Nessas localidades, a degradação dos mananciais ocorre pelo despejo de efluentes domésticos não tratados de parte do município, pelo descarte e acúmulo de resíduos sólidos, e por atividades agrícolas irregulares, exercidas, em parte, pelas populações ribeirinhas. Além das águas superficiais, o solo encontra-se contaminado por praticamente não haver saneamento básico nesses bairros, e pela população utilizar valas, sumidouros e fossas negras para despejo de esgotos doméstico e sanitário (SOUZA *et al.*, 2015).

Sabe-se que a degradação de águas superficiais e do solo influenciam significativamente na qualidade dos recursos hídricos subterrâneos (ETTEIEB *et al.*, 2016). Ademais, é fato que esse recurso quando contaminado pode transmitir doenças causadas por microrganismos presentes em fezes humanas e de outros animais, e/ou por substâncias químicas e aspectos físicos, em concentrações e padrões, respectivamente, não permitidos pela Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2008). Além disso, águas subterrâneas poluídas podem ter potenciais citotóxico e genotóxico e promover malefícios aos organismos expostos (CAETANO *et al.*, 2018). Esses potenciais são avaliados por testes ecotoxicológicos, como as células meristemáticas de raízes de *Allium cepa* L., validado pela *World Health Organization* (WHO) e pela *US Environmental Programs Agency* (USEPA) para a avaliação da qualidade ambiental (MESQUITA *et al.*, 2016; SOUSA *et al.*, 2017). Os biomarcadores em *A. cepa* são o índice mitótico (índice de divisão celular), para avaliação da citotoxicidade, e a frequência de alterações cromossômicas e de fuso mitótico, para avaliação de genotoxicidade (TABREZ *et al.*, 2011; HERRERO *et al.*, 2012).

O monitoramento de águas de poços tubulares é essencial para assegurar a população o direito à água nos padrões de qualidades determinados por lei, em particular quando essas águas são destinadas ao abastecimento público e a irrigação. Essas avaliações também são importantes para implantação de planos manejo para a preservação/recuperação desse recurso hídrico, considerado um bem finito. Dessa forma, objetivou-se avaliar, em duas épocas de 2017, as condições microbiológicas, físico-químicas, citotóxicas e genotóxicas de águas subterrâneas de poços tubulares destinadas a irrigação de hortas comunitárias de bairros carentes de Teresina, Piauí, Brasil.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Água subterrânea em Teresina e hortas comunitárias

Em Teresina (Piauí, Brasil) e municípios vizinhos, o aquífero Poti-Piauí vem

sendo explorado principalmente para fins domésticos (MANZIONE, 2015), e assim como em outras cidades piauienses, há preocupação quanto à qualidade da água disponível para uso em geral (CASTILHOS et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016). Essa preocupação é reforçada pela detecção de contaminantes nas águas superficiais e assoreamento dos rios Parnaíba e Poti que cortam a cidade (NUNES; GOMES; PAULA, 2014; BATISTA et al., 2016).

Há uma série de problemas sociais e ambientais decorrentes do crescente processo de urbanização, a transformação do espaço e o aumento populacional (SILVA; LOPES; LOPES, 2011; ALBUQUERQUE; LOPES, 2016). A urbanização de Teresina propicia também uma descarga urbana composta por lixo, esgoto, metais pesados, entre outros (NUNES; GOMES; PAULA, 2014). Somando-se esses fatores de degradação urbana à atividade agrícola pode-se ocasionar sérios problemas de saúde pública que incluem: contaminação por patógenos, contaminação do solo por metais pesados e alta ocorrência de insetos (ORSINI et al., 2013). Tal afirmação é confirmada pelos estudos de Mesquita et. al. (2015), que encontraram larvas de helmintos e protozoários em hortaliças de três hortas teresinenses, e de Moura et. al. (2006), que encontraram concentrações significativas de metais pesados no solo teresinense.

Implantado em 1987, o Projeto Hortas Comunitárias e Campos Agrícolas, desde 2013, conta com 45 hortas comunitárias e 12 campos agrícolas, sendo proibido, pelo regimento, o uso de agrotóxico, queimadas e jogar lixo nas hortas (TERESINA, 2013). Aproveitando o fato de Teresina apresentar abastecimento misto de águas superficiais e águas subterrâneas (ANA, 2005), a estrutura das hortas convencionais prevê o abastecimento por poços tubulares, cujas águas são conduzidas às manilhas, onde são armazenadas até o uso na irrigação dos lotes (TERESINA, 2005).

Os poços escavados são os mais simples, havendo registros de escavações em leitos de rios secos para obtenção de água desde a pré-história (MANZIONE, 2015). A forma como os poços são construídos e o desenvolvimento de tecnologias para perfuração evoluíram ao longo dos anos até os dias atuais, assim como, as diferentes formas de sua contaminação (FITTS, 2015). Pode haver contaminação de um aquífero confinado por um lençol freático contaminado através de poços mal construídos, abandonados ou com rupturas do revestimento (MANZIONE, 2015). Contudo, a contaminação, seja pela falha na construção dos poços ou pela ação direta de poluentes, é apenas parte do problema da degradação das águas subterrâneas, que é incentivado pela inércia do poder público em não exercer seu papel fiscalizador (VILLAR, 2016).

2.2 Análise físico-química da água

O homem utiliza fontes de água subterrânea e superficiais para diversos usos, como: irrigação, dessedentação de animais, abastecimento urbano, lazer, entre

outros. Cada tipo de uso requer um padrão de qualidade estabelecido por legislação específica, que estabelece limites dos parâmetros avaliados na qualidade dessas águas (CONAMA, 2008). Desse modo, as análises físico-químicas têm como objetivo identificar e quantificar alterações das concentrações dos constituintes da água e associar os efeitos de suas propriedades às questões ambientais, permitindo a compreensão dos processos naturais e alteração do meio ambiente (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Santos e Mohr (2013) ressaltam que o acompanhamento frequente das análises físico-químicas é uma medida importante para a qualidade de água, sendo necessárias, também, fiscalização dos órgãos competentes e tratamento de poços contaminados. De modo que, alterações nesses parâmetros são potenciais indicadores da ação antropogênica sobre os corpos hídricos, tornando-os impróprios para o consumo humano. No caso específico das águas subterrâneas, o recurso hídrico não está visível, podendo receber contaminantes ao longo dos anos sem que sejam notadas alterações (MANZIONE, 2015).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (2008) recomenda que a frequência de monitoramento da qualidade da água deva ser no mínimo semestral, ocorrendo uma avaliação mais complexa a cada cinco anos. Uma vez que, dado à inconstância do meio aquático, os resultados das análises podem não ser conclusivos, mesmo observando a sazonalidade, realizando análises pelo menos durante um período da estação seca e um período da estação chuvosa (SISINNO; OLIVEIRA-FILHO, 2013). Conseqüentemente, as análises das variações de concentrações de contaminantes, ao longo do tempo, são fundamentais na redução das incertezas de avaliação do risco à saúde humana (COSTA et al., 2012; JOUSSEF et al., 2013).

Entre os parâmetros adotados no enquadramento das águas subterrâneas, no mínimo, devem ser considerados os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), nitrato, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, condutividade elétrica e medição do nível da água (CONAMA, 2008). Os parâmetros determinados nas amostras analisadas são comparados aos padrões especificados em portarias e resoluções legais, para expedição de pareceres pelos laboratórios (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

A entrada de SDT na água pode ocorrer de forma natural, via processos erosivos, organismos e detritos orgânicos, ou antropogênica, via lançamento de lixo e esgotos (VITÓ et al., 2016). Este parâmetro é indicador da presença de sais na água subterrânea que está relacionada com sua capacidade de dissolução e com o tipo de substrato com o qual está em contato; sendo, a geologia local, o principal fator determinante para as variações desse parâmetro (AMORIM; CRUZ; RESENDE, 2010). Araújo e Oliveira (2013) constataram que variações nos valores STD podem ser atribuídas à quantidade de substâncias químicas presentes na água, e que o valor de SDT pode aumentar ou diminuir devido à incidência e quantidade de chuva no período em que é analisado.

O nitrato é um contaminante comumente encontrado em áreas urbanizadas,

observado em poços pouco profundos do tipo cacimba e tubular decorrente da lixiviação em solos, uso de fertilizantes e efluentes urbanos (BIGUELINI; GUMY, 2012; LOURENCETTI; PRATES; BURKERT, 2015). A ingestão de nitrato na água representa um potencial risco para a saúde, pois pode causar a meta-hemoglobinemia em recém-nascidos e em adultos com particular deficiência enzimática (ANDRADE et al., 2016). Além disso, pode ocasionar a formação potencial de nitrosaminas carcinogênicas que podem causar aparecimento de linfoma do tipo não Hodgkin (COSTA; et al., 2012; KUHN; KART; OLIVEIRA, 2015).

O pH representa a concentração de íons hidrogênio, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água devido à presença de sólidos e gases dissolvidos (MANZIONE, 2015). Esse parâmetro é importante em praticamente todas as etapas do tratamento da água quando contaminada (SANTOS; MOHR, 2013). Quando o pH é baixo, indica potencial ácido nas águas de abastecimento, podendo ocasionar corrosão na tubulação, e quando é elevado, há possibilidade de incrustações nas águas de abastecimento (BLANK; VIEIRA, 2014).

A medida da matéria sólida em suspensão na água é denominada turbidez (CORCÓVIA; CELLIGOI, 2012). Esse parâmetro é importante a ser medido, pois altas concentrações de sedimentos fazem com que a luz solar não entre no corpo d'água, alterando a microbiota do mesmo, embora normalmente águas subterrâneas não apresentem problemas com esse parâmetro (CORCÓVIA; CELLIGOI, 2012; SOUZA; SÁ-OLIVEIRA; SILVA, 2015).

A condutividade é aproximadamente proporcional à quantidade de sais dissolvidos na água, sendo um bom indicador da sua quantidade total (SILVEIRA NETO et al., 2011; BLANK; VIEIRA, 2014). Sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra de água (BLANK; VIEIRA, 2014). Geralmente, infere-se, a partir da condutividade, medidas indiretas de salinidade, que é um parâmetro importante para consumo humano, atividades industriais e irrigação (MANZIONE, 2015). O uso contínuo de águas com altas condutividades elétricas, sem manejo adequado, pode contribuir para o aumento da concentração de sais no solo que, quando sofre lixiviação, transporta esses sais para a zona saturada do aquífero, ocasionando o aumento da salinidade das águas subterrâneas (ANDRADE et al., 2012).

2.3 Análise microbiológica da água

A água potável, além de estar com parâmetros físico-químicos aceitáveis conforme as resoluções N. 020/1986 e N. 396/2008 (CONAMA, 1986; 2008), não deve conter micro-organismos patogênicos e estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal, como as do grupo coliforme (BRASIL, 2013). Desse modo, a análise microbiológica da água é uma importante ferramenta para a determinação da qualidade da água (YAMAGUCHI et al., 2013). A água contaminada é veículo

de diversos tipos de parasitos causadores de doenças (amebíase, gastroenterites, verminoses, entre outras), via transmissão oral, devido às baixas condições sanitárias (DIAS; GAZZINELLI, 2014).

Quanto à presença de organismos patogênicos na água, sua investigação é relevante visto que, transmitem doenças pela ingestão ou contato com a água contaminada, principalmente por material fecal e lixo (BLANK; VIEIRA, 2014). Diversos autores utilizam a avaliação microbiológica da água em seus trabalhos, constatando a eficácia dessa avaliação como uma ferramenta simples que evidencia o impacto do lançamento de esgotos, extravasamento do conteúdo de fossas e chorume sobre a qualidade das águas (COSTA et al., 2012; DIAS; GAZZINELLI, 2014; KUHN; KART; OLIVEIRA, 2015; BATISTA et al., 2016; RODRIGUES; DALZUCHIO; GEHLEN, 2016).

A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam a esse grupo (BRASIL, 2013). Essas bactérias são amplamente distribuídas na natureza, propagam-se com maior frequência na água, especialmente, os coliformes termotolerantes, de origem fecal (YAMAGUCHI et al., 2013). A ausência de coliformes totais em 100 ml de amostra de água é obrigatória na saída do tratamento para a adequação de amostras para o consumo humano não sendo permitida a presença de coliformes fecais (BRASIL, 2013).

São considerados coliformes totais, os bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase (BRASIL, 2013).

Os coliformes fecais são subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas e que apresentam atividade da enzima β -glucuronidase (BRASIL, 2013). Coliformes fecais são os principais responsáveis pela maioria dos casos de gastroenterite e diarreias (MANZIONE, 2015), cujo indicador patogênico mais importante é a *E. coli* T. Escherich, habitante normal do intestino grosso de vertebrados, indicando que quando presente na água, a mesma está contaminada por fezes (YAMAGUCHI et al., 2013). Além disso, grandes quantidades de esterco de rebanhos de corte tendem a contaminar fontes de água de irrigação e, em consequência, folhagens vegetais que são ingeridas cruas (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

A patogenicidade de micro-organismos é relativa, e embora esteja associada à baixa imunidade do hospedeiro, características de infecção e produção de toxinas, somente um número limitado de micro-organismos pode provocar doenças em uma porção significativa de hospedeiros saudáveis (YAMAGUCHI et al., 2013).

E. coli, por exemplo, é habitante normal do intestino grosso de vertebrados e sua presença é benéfica, pois participa da digestão de alimentos e na produção de certas vitaminas, porém algumas linhagens são capazes de causar doenças (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Diversas linhagens de *E. coli* estão associadas a gastroenterites,

entre elas, *E. coli enterotoxigênica*, *E. coli enteroagregativa*, *E. coli enteroinvasiva* e *E. coli* produtora de toxina Shiga. Entre essas, a linhagem O157:H7 causa diarreia sanguinolenta quando se prolifera no intestino e, desde sua identificação em 1982, é tratada como problema de saúde pública por todo o mundo (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

Mesmo sabendo da confiabilidade das análises físico-química e microbiológica da água, estas ainda podem ser complementadas por meio de testes toxicológicos, mediante justificativas técnicas (CONAMA, 2008). Assim, diversos estudos de avaliação da qualidade da água subterrânea apresentam testes toxicológicos além dos testes físico-químicos e microbiológicos, de modo a complementar e determinar, com maior clareza, as fontes e os efeitos da contaminação sobre organismos vivos (RODRIGUES; DALZUCHIO; GEHLEN, 2016; MESQUITA et al., 2016).

2.4 Ecotoxicologia

A ecotoxicologia é importante na compreensão da toxicidade de substâncias químicas sobre os ecossistemas (SISINNO; OLIVEIRA-FILHO, 2013). Esse termo foi introduzido pela primeira vez em 1969, pelo professor francês René Truhault, para denominar, o que hoje é, a intersecção entre a ecologia e a toxicologia na avaliação de impactos ambientais existentes e em sua previsão (TAVARES, 2014).

Assim, a atuação da ecotoxicologia consiste na aplicação de bioensaios para avaliação dos danos causados aos organismos-teste que, quando combinados com análises físico-químicas e microbiológicas, potencializam a avaliação de estressores atuantes nos ecossistemas (SILVA; POMPÊO; PAIVA, 2015). Alguns desses bioensaios são incluídos na legislação americana e brasileira, e são obrigatórios no cadastro e renovação do registro de agrotóxicos dentre outras substâncias, e, além de possibilitar o estabelecimento de limites permissíveis para várias substâncias químicas, também avaliam o impacto de misturas de contaminantes sobre os organismos (SISINNO; OLIVEIRA-FILHO, 2013).

Segundo Tavares (2014), o uso de bioensaios na avaliação comportamental dos contaminantes no ambiente e o monitoramento de suas ações é um campo relativamente novo nas ciências ambientais, o qual recebe o nome de biomonitoramento ou bioindicação. O biomonitoramento tem auxiliado na prevenção e controle dos níveis ambientais de tóxicos com potencial para afetar o equilíbrio do ecossistema (SISINNO; OLIVEIRA-FILHO, 2013). Desse modo, a avaliação dos efeitos de agentes tóxicos sobre os organismos podem ser avaliados a partir de diferentes bioensaios (Tabela 3) que consideram efeitos tóxicos a níveis moleculares, bioquímicos, celulares, teciduais e nos organismos como um todo (FLYNN; PEREIRA, 2011).

Organismo	Aplicação
Bactérias:	
<i>Vibrio fischeri</i> Beijerinck.	Avaliação da inibição da bioluminescência.
<i>Spirillum voluntans</i> Ehrenberg.	Observação do efeito sobre a mortalidade.
<i>Pseudomonas putida</i> Trevisan.	Inibição da taxa respiratória.
Microalgas:	
<i>Pseudokirchneriella subcaptata</i> Korshikov.	
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	Inibição do crescimento da biomassa algácea.
<i>Tetraselmis chuii</i> Butcher	
<i>Skeletonema costarum</i> (Greville) Cleve	
Microcrustáceos:	
<i>Daphnia similis</i> Claus	Observação do efeito sobre a mobilidade.
<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard	Observação do efeito sobre a reprodução.
<i>Artemia</i> sp. Leach	Observação do efeito letal.
Invertebrados bentônicos:	
<i>Chironomus riparius</i> Meigen	
<i>Chironomus tentans</i> Fabricius	Avaliar efeitos de sedimentos contaminados.
<i>Hyalella azteca</i> Saussure	
Vertebrados:	
<i>Danio rerio</i> Hamilton	
<i>Astyanax fasciatus</i> Cuvier	
<i>Poecilia reticulata</i> Peters	Avaliar efeitos de substâncias em nível sistêmico e celular em consumidores secundários
<i>Pimephales promelas</i> Rafinesque	
<i>Rattus norvegicus</i> Berkenhout	
<i>Mus musculus</i> L.	
Plantas:	
<i>Lactuca sativa</i> L.	Avaliar efeitos de substâncias em nível sistêmico e celular em plantas.
<i>Allium cepa</i> L.	

Tabela 1 - Organismos mais recomendados em bioensaios e suas aplicações
 Fonte: adaptado de OEDC (2006), Sisinno e Oliveira-Filho (2013) e Santos et al. (2015).

Estes organismos são selecionados de acordo com a abundância e disponibilidade no ambiente, sendo representativos da ecologia local, com o conhecimento sobre a biologia, fisiologia e sensibilidade e, além disso, devem ser de fácil cultivo e se possível serem nativos ao ambiente de estudo (SILVA; POMPÊO; PAIVA, 2015). Os mesmos autores ainda ressaltam a importância da sensibilidade desses organismos para o sucesso dos experimentos e alertam para os fatores que podem afetar os resultados, como por exemplo: o estágio de vida, tamanho, idade e estado nutricional dos organismos.

A partir dessa seleção, é dado início a escolha dos ensaios ecotoxicológicos a serem usados. Estes são usualmente desenvolvidos em laboratório e consistem na exposição de organismos a distintas concentrações da amostra a ser testada

em determinados períodos de tempo que podem ser de curto, médio e longo prazo (TAVARES, 2014). A avaliação da exposição, segundo Sisinno e Oliveira-Filho (2013), permite a estimativa das doses recebidas pela população exposta e é uma etapa importante da avaliação dos riscos à saúde. A caracterização e quantificação dos riscos à saúde fornece a estimativa dos efeitos de substâncias sobre os ecossistemas e os relaciona às possíveis causas, mas essa etapa é muitas vezes inviabilizada quando há falta de informações sobre as substâncias avaliadas (SISINNO; OLIVEIRA-FILHO, 2013).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo, períodos de coleta e pontos de coleta

O presente estudo realizou-se em hortas comunitárias da periferia de Teresina, Estado do Piauí, Brasil, devidamente cadastradas na Prefeitura Municipal desse município. Essa capital está situada na grande bacia do Parnaíba, a 72 m de altitude, nas coordenadas 05° 05' 20" S e 42° 48' 07" O, com área de 1.381.981 km² e população de 847.430 habitantes (IBGE, 2018). Teresina é banhada pelos rios Parnaíba e pelo Poty, onde estão os aquíferos que originam as águas subterrâneas utilizadas na irrigação de hortas comunitárias (TERESINA, 2015).

Os poços selecionados para a realização das análises microbiológicas, físico-químicas e citogenotóxicas, conforme demonstrado na Figura 1, foram escolhidos com base no tamanho da horta que irrigam. Assim, selecionou-se dez poços que abastecem grandes hortas comunitárias de Teresina. Essas informações foram obtidas junto a Prefeitura Municipal de Teresina. As águas dos poços foram avaliadas em maio e em outubro de 2017, caracterizados como período chuvoso e seco, respectivamente, no Estado do Piauí (EMBRAPA, 2018).

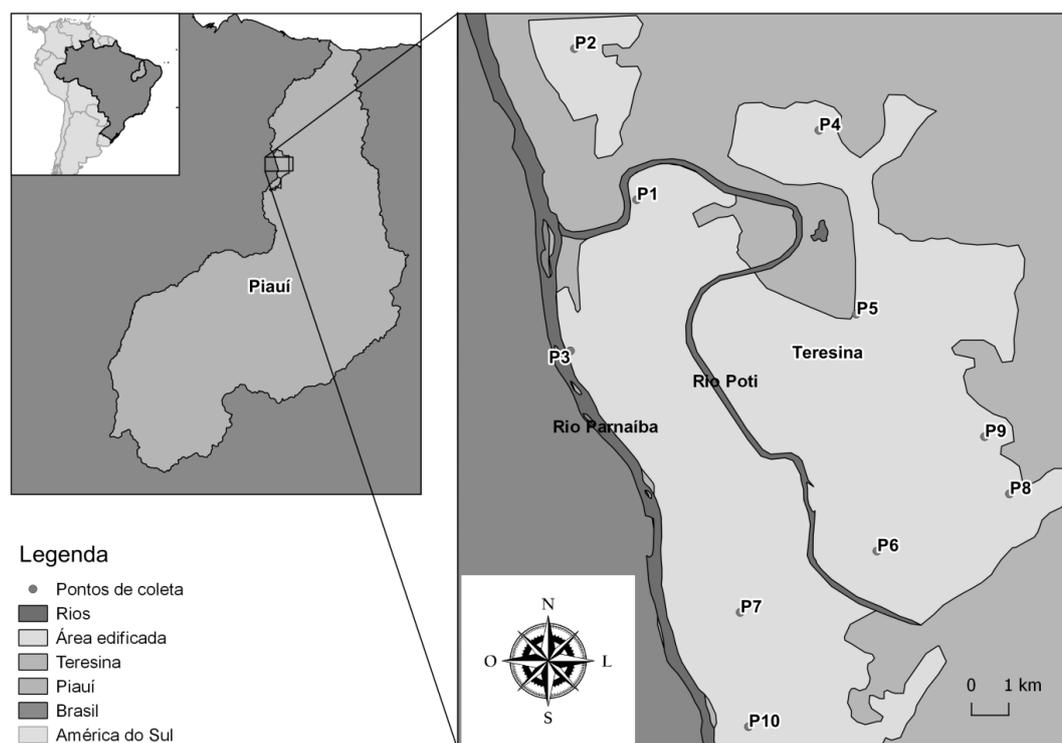


Figura 1 Localização geográfica de 10 poços tubulares destinados a irrigação de hortas comunitárias em bairros carentes da cidade de Teresina, Piauí, Brasil.

P: poço tubular ou ponto de coleta. P1- Poço Beira rio (Bairro Beira Rio); P2 - Poço Wall Ferraz (Bairro Santa Maria das Vassouras); P3 - Poço Carlos Feitosa (Bairro Lagoa do Norte); P4 - Poço Nova I (Bairro Vila Nova); P5 - Poço Geovane Prado (Bairro Geovane Prado); P6 - Poço Dirceu Arcoverde (Bairro Dirceu Arcoverde); P7- Poço Tabuleta (Bairro Tabuleta); P8- Poço Monte Horebe (Bairro São Sebastião); P9- Poço Alto da ressurreição (Bairro Gurupi); P10- Poço Promorar (Bairro Promorar). A denominação dos poços, e os bairros onde os poços se localizam, foram repassados pela Prefeitura de Teresina.

3.2 Coleta, armazenamento e destino das amostras de água

Para a realização das análises físico-químicas e citogenotóxicas, utilizou-se para as coletas de água frascos de polietileno, devidamente higienizados e lacrados. Para as análises microbiológicas usou-se bolsas plásticas estéreis, com capacidade de 100 mL, contendo pastilhas de tiosulfato de sódio. Antes das coletas, foi deixado a torneira mais próxima de cada poço tubular aberta por, pelo menos, um minuto. Para os frascos de polietileno realizou-se uma pré-lavagem com as águas dos poços, antes de se coletar as amostras de água.

Logo após, os frascos e as bolsas plásticas foram imediatamente armazenados em caixas térmicas, a temperatura de 4 °C. Em seguida, as bolsas plásticas e parte dos frascos foram encaminhados para o Laboratório Central de Saúde Pública “Dr. Costa Alvarenga”(LACEN-PI) para avaliações microbiológicas e físico-químicas das águas. Os outros frascos seguiram para o Laboratório de Citogenética e Mutagênese (LaCM), da Universidade Federal do Piauí, para as análises de citotoxicidade e genotoxicidade.

3.3 Análise microbiológica

Para a água de todo poço fez-se a quantificação de coliformes totais e de *Escherichia coli* (coliformes fecais) utilizando substrato cromogênico (Colilert®). O substrato foi adicionado as bolsas plásticas contendo 100 mL de amostra de água, homogeneizado e a solução obtida foi distribuída em cartelas. Após seladas, as cartelas foram incubadas em estufa bacteriológica a $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ por um período de 24 horas.

Com o auxílio de uma lâmpada ultravioleta (115 volts, 6hz, 20AMPS) incidida sobre a cartela, foi evidenciado resultado positivo para *Escherichia coli*, quando observado fluorescência, causada pela atividade da enzima β -glucuronidase para metabolizar o substrato fluorogênico MUG (4-metilumbeliferil- β -Dglicuronídeo) (SILVA et al., 2005). Após a contagem dos orifícios positivos nas cartelas, os resultados foram cruzados na tabela de Número Mais Provável (NMP) e o resultado expresso em NMP por 100 mL de amostra.

3.4 Análises físico-química

Com auxílio de medidores portáteis (instrumentos HANNA), realizou-se análise *in situ* das águas nos poços dos seguintes parâmetros físicos: Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), Sólidos Dissolvidos Totais (ppm), pH, Oxigênio Dissolvido (ppm), Oxigênio Saturado (%) e Temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Em seguida, coletou-se manualmente 1 litro de água de cada poço para avaliação das concentrações de Nitrato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), Nitrito ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), Ferro ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), Sulfato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e Cloro livre ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Tais parâmetros químicos foram determinados por espectrofotômetro, modelo DR 5000, ODYSSEY – HACH).

3.5 Análise da citotoxicidade e genotoxicidade das águas em meristemas de raízes de *Allium cepa*

Para a avaliação da citotoxicidade e genotoxicidade das águas subterrâneas, previamente, bulbos de cebolas (da variedade beta cristal, obtidos de uma horta orgânica) foram colocados em frascos com água deionizada, aerados constantemente, até a obtenção de raízes de 2,0 cm de comprimento. Para análise da água de todo poço de coleta (tratamento) foi estabelecido um grupo experimental com cinco bulbos de cebola. Antes de colocar as raízes em contato com os seus respectivos tratamentos, algumas raízes foram coletadas e fixadas para servirem de controle do próprio bulbo, o que se identificou como tempo de análise 0 hora ou controle do próprio bulbo (Co – 0h). Em seguida, as raízes restantes foram postas em seus respectivos tratamentos por 24 e 48 horas, procedimentos denominados de tempos de exposição 24 e 48 horas, onde se realizou coleta de raízes a cada 24 horas. Preparou-se um controle positivo com metil metanossulfonato (MMS), substância sabidamente citotóxica e genotóxica ao sistema teste *A. cepa* na concentração 4×10^{-4} mol/L. Todas as raízes coletadas durante o experimento foram fixadas em solução Carnoy 3:1 (etanol: ácido

acético) por até 24 horas.

As lâminas foram confeccionadas segundo o protocolo proposto por Guerra e Souza (2002), e analisadas em microscópio óptico em objetiva de aumento de 40x. Para todo bulbo analisou-se 1.000 células, totalizando 5.000 células para cada grupo controle (0 h), cada grupo tempo de exposição 24 h e cada grupo tempo de exposição 48 h, somando-se 15.000 células analisadas para cada ponto de coleta ou poço tubular analisado. Para o controle com MMS observou-se 1.000 células por bulbo, totalizando 5.000 células analisadas.

Contabilizou-se células em interfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase, e definiu-se o índice mitótico, determinando-se o potencial citotóxico. O índice mitótico ou o índice de divisão celular foi calculado da seguinte forma: (Número total de células em divisão/Número total de células analisadas) x 100. Avaliou-se o potencial genotóxico por meio da frequência alterações celulares, como micronúcleos, metáfases colchícinicas, pontes anáfasicas e telofásicas, ampliações gênicas, células com aderências, brotos nucleares e anáfases multipolares.

3.6 Análises dos dados

Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas foram avaliados com base nos parâmetros para o consumo humano e para a irrigação estabelecidos pelas Resolução N. 396/2008 do CONAMA (BRASIL, 2008).

A análise estatística para os resultados de citotoxicidade e genotoxicidade em *A. cepa* foi executada na plataforma estatística R (R CORE TEAM, 2015) pelos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Hartley. Uma vez constatada a heterogeneidade das variâncias dos tratamentos, as diferenças estatísticas entre os tempos de exposição considerados foram analisadas pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com pós teste de Dunn, considerando significativo $p < 0,05$.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados microbiológicos (Tabela 1), as águas dos poços P1, P3, P5, e P10 mostraram-se contaminados por coliformes fecais nos dois períodos avaliados de 2017. Tais amostras apresentaram *Escherichia coli* L. (bactéria presente em fezes de animais homeotermos, como o homem), demonstrando a poluição dessas águas por efluentes sanitários não tratados. Os poços P1 e P3 estão as margens do Rio Parnaíba, e P5 e P10 muito próximos ao Rio Poty. No entorno desses quatro poços também há valas, sumidouros e fossas negras. Além disso, P1, P3, P5 e P10 foram construídos em terrenos em declive em relação as residências dos seus respectivos bairros e as margens dos rios, o que acarreta no período chuvoso alagamento dessas valas e fossas, e grande arraste de água e solos contaminados para dentro dos quatro poços.

Amostras	Valor de referência – Ausentes em 100 ml			
	Período Chuvoso (maio/2017)		Período de estiagem (outubro/2017)	
	Coliformes	Coliformes	Coliformes	Coliformes
	totais	fecais	totais	fecais
P1	+	+	+	+
P2	+	-	+	-
P3	+	+	+	+
P4	+	-	+	-
P5	+	+	+	+
P6	+	-	+	-
P7	+	-	+	-
P8	+	-	+	-
P9	+	-	+	-
P10	+	+	+	+

(+) significa presença, (-) significa ausência.

Tabela 1 Presença de coliformes totais e fecais em águas de dez poços tubulares utilizados para irrigação de hortas comunitárias da cidade de Teresina, Estado do Piauí, em diferentes períodos do ano de 2017

As águas dos dez poços apresentaram coliformes totais nos períodos chuvoso e de estiagem. A presença de coliformes totais caracteriza a presença de microrganismos patogênicos e indica matéria orgânica em decomposição nas águas, supostamente pela contaminação desses ambientes por efluentes domésticos não tratados (ARAÚJO *et al.*, 2011). Apesar de P2, P4, P6, P7, P8 e P9 estarem mais distantes das margens do Parnaíba e do Poty que os outros poços, estes possuem valas negras e sumidouros passando no interior e no entorno das hortas que irrigam, o que conseqüentemente contamina o solo. Esses resultados indicam que a qualidade higiênico-sanitária das hortaliças cultivadas nas hortas onde os poços se localizam encontra-se comprometida. Ademais, é importante mencionar que a determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera (MONTEIRO *et al.*, 2006).

Ainda sobre as condições higiênico-sanitárias das hortaliças, uma pesquisa realizada por Monteiro *et al.* (2015) verificou que amostras de ervas, legumes e verduras cultivadas nas hortas comunitárias da cidade de Teresina apresentaram-se contaminadas por protozoários e helmintos *Strongyloides* sp, *Ancylostoma* sp, *Balantidium* sp, *Ascaris* sp, e *Eiimeria* sp, parasitas com capacidade em gerar uma

diversidade de manifestações em seus hospedeiros, como edema, urticária, obstrução intestinal, alteração cutânea, anemia, cólicas, disenteria, náusea, vômitos, entre outros.

Ademais, outro fator preocupante em relação as águas avaliadas no presente estudo, é que são consideradas “potáveis” por muitas famílias. Essa informação foi obtida, em conversa informal, junto aos moradores dos bairros onde as águas foram coletadas. Justificaram a prática devido ao recurso hídrico ser subterrâneo e, portanto, “isento” de contaminação. Muitas famílias consomem, cozinham e tomam banho com as águas dos poços. Porém, a presença de coliformes totais e fecais em águas subterrâneas caracterizam-nas como não potável, de acordo com a Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008 do CONAMA (BRASIL, 2008).

Em relação aos parâmetros físico-químicos, conforme a Tabela 2, no período chuvoso, as temperaturas entre os poços variaram de 29,5 a 32,5°C, com média entre eles de 31°C., enquanto que na estiagem, variaram de 27,6 a 32,3°C, com média de 29,7°C. A pequena variação de temperatura entre os dois períodos de análises se deu em razão de ambientes aquáticos subterrâneos apresentarem pequena amplitude de variações de temperatura diária e sazonal, basicamente influenciada pelo grau geotérmico local, e pouco afetada pela temperatura atmosférica local (SOUSA *et al.*, 2015).

Parâmetros	VMP _{ch}	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Período chuvoso (maio/2017)											
Temperatura (°C)	-	32,2	32,5	31,2	32,1	31,2	30,8	30,7	30,3	30,8	29,5
CE (µS/cm)	-	0,32	0,24	0,49	0,23	0,35	0,46	0,38	0,37	0,47	0,44
SDT (ppm)	<1000	149,33	143,67	228	153,67	217,67	239	226	211,67	230,67	237
pH	6,0 - 9,0	6,71	7,11	7,56	5,84	8,72	11,29*	11,12*	8,62	8,38	7,56
O. D. (ppm)	> 5	4,4*	3,3*	3,2*	3,1*	3,9*	4,2*	3,6*	2,3*	4,1*	3,3*
Ox. Sat. (%)	-	10,2	11,9	15,6	15,7	9,9	11,5	12,3	5,8	10,9	18,7
NO ₂ (mg/L)	<1	0,010	0,022	0,021	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,042
NO ₃ (mg/L)	<10	22,9*	12,4*	10,9*	24,8*	30,7*	1,2	0,8	14,9*	1,1	7,9
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	<250	12,0	3,0	20,0	0	6,0	4,0	0	5,0	5,0	5,0
Cloro (mg/L)	<0,01	0,12*	0,09*	0,17*	0,07*	0,14*	0,05*	0,08*	0,07*	0,08*	0,17*
Fe (mg/L)	<0,3	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0	0,01	0	0	0,01
Período seco (outubro/2017)											
Temperatura (°C)	-	32,0	31,5	32,3	30,1	30,5	28,6	29,0	29,3	28,7	27,6
CE (µS/cm)	-	0,27	0,23	0,44	0,23	0,40	0,45	0,46	0,41	0,44	0,41
SDT (ppm)	<1000	148	144	227	158,67	217	271,67	234,33	219,33	257,67	239,67

pH	6,0 - 9,0	7,11	7,25	7,32	6,32	9*	8,52	7,75	8,39	8,58	8,55
O. D. (ppm)	< 5	4,6*	3,4*	1,4*	4,8*	4,6*	4,2*	4,8*	4,0*	1,7*	3,4*
Ox. Sat. (%)	-	11,7	7,5	3,1	10,5	5,9	9,1	13,4	8,0	4,9	7,6
NO ₂ ⁻ (mg/L)	<1	0,013	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,002	0,004	0,003	0,021
NO ₃ ⁻ (mg/L)	<10	11,1*	11,4*	11,5*	21,3*	11,0*	11,4*	18,1*	11,2	10,6	25,2*
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	<250	14,0	2,0	7,0	0	5,0	5,0	0	5,0	6,0	0
Cloro (mg/L)	<0,01	0,13*	0,04*	0,15*	0,04*	0,17*	0,04*	0,03*	0,04*	0,03*	0,15*
Fe (mg/L)	<0,3	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0	0	0,01	0,01	0,02

Tabela 2 - Análises físico-químicas realizadas em de águas de dez poços de irrigação de hortas comunitárias localizados em Teresina, Piauí, Brasil., em duas épocas do ano de 2017.

VMP_{ch} – valor máximo permitido para o consumo humano; CE – condutividade elétrica; O. D. – oxigênio dissolvido; O. Sat – oxigênio saturado; P-ponto de coleta: P1-Poço Beira rio; P2- Poço Wall Ferraz; P3- Poço Carlos Feitosa; P4- Poço Nova I; P5- Poço Geovane Prado; P6- Poço Itararé; P7- Poço Tabuleta; P8- Poço Monte Horebe; P9- Poço Alto da ressurreição; P10- Poço Promorar. *valores fora dos padrões para consumo humano e para irrigação.

Fonte: próprio autor.

Na Tabela 2, os valores de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) observados no período chuvoso apresentaram concentrações variando de 143,67 (P2) a 239 mg/L (P6), e no período seco de 144,0 (P2) a 271,67 mg/L (P6). Estes valores são considerados normais por lei, onde o máximo permitido é de 500 mg/L SDT (BRASIL, 2008). As variações nas concentrações de SDT obtidas podem ser ocasionadas pelas condições precárias de saneamento (LÖBLER *et al.*, 2015), como nos bairros onde os poços foram avaliados. As águas dos poços analisados encontravam-se com o pH entre 6,0 e 9,0 para esses ambientes, que é normal por lei, com exceção das águas dos pontos 6 e 7, no período de chuva, que demonstraram significativo potencial básico, pH 11,3 e 11,1, respectivamente. Moderadas alterações de SDT nas águas podem modificar a alcalinidade e basicidade desses ambientes (ORTIZ *et al.*, 2015).

Para a variável oxigênio dissolvido (O.D.) (Tabela 2), nos períodos chuvoso e de estiagem, as águas de P1, P2, P3, P5, P6, P8 e P10, e no período de estiagem, as águas de P4 e P7, encontravam-se com valores inferiores ao estabelecido pela resolução do CONAMA, que é de no mínimo 5 mg/L O₂. De acordo com Souza *et al.* (2015), os níveis de concentração de oxigênio dependem diretamente da decomposição de matéria orgânica, da respiração e da fotossíntese no corpo hídrico. Por outro lado, baixos valores de O.D. se dão pela degradação da matéria orgânica em decorrência da contaminação das águas por esgotos domésticos (ALVES *et al.*, 2016). Os valores obtidos para O.D. nas amostras corroboram aos resultados de coliformes totais presentes nas águas dos dez poços avaliados. É importante mencionar que baixas concentrações de oxigênio inibem o mecanismo de autodepuração de águas naturais (SILVA *et al.*, 2013).

Com relação ao nitrito (NO_2^-), todas as águas, nas duas estações avaliadas, apresentavam-se dentro do limite determinado pelo CONAMA, de até 1,0 mg/L.

A presença de nitrito na água indica poluição recente, por ser um intermediário na nitrificação e desnitrificação do nitrato (MANZIONE, 2015; MELO *et al.*, 2017). Esse composto, assim como o nitrato, quando ingeridos em excesso, pode causar asfixia e morte em crianças recém-nascidas, decorrente de meta-hemoglobinemia, que reduz a absorção e a transferência de oxigênio pelas hemácias (ORTIZ *et al.*, 2015).

Na avaliação da concentração de nitrato, as águas, nos dois períodos de avaliação, encontravam-se com limites superiores ao permitido, que é de até 10 mg/L, com destaque aos pontos 1 (22,9 mg/L) e 5 (30,7 mg/L) no período chuvoso, e aos pontos 4 (21,3 mg/L) e 10 (25,2 mg/L) na estação seca. Esses pontos apresentaram valores de muito acima dos demais. Araújo *et al.* (2011) citam que os baixos níveis de O.D. estão diretamente relacionados com a decomposição de material orgânico presente em águas contaminadas, mesmo que o pH e a concentração de SDT estejam dentro da normalidade, condição que corrobora aos resultados obtidos, quanto a esses parâmetros, para as águas dos dez poços avaliados no presente estudo. Ademais, Varnier *et al.* (2010) na cidade Marília, São Paulo, Brasil, avaliaram as águas de 21 poços tubulares durante os períodos chuvoso e de estiagem, e encontraram as maiores concentrações de nitrato em poços presentes em bairro com maior adensamento urbano e com esgotamento sanitário tardio. Os trabalhos realizados Araújo *et al.* (2011) e Varnier *et al.* (2010) corroboram os resultados físico-químicos e microbiológicos obtidos no presente estudo.

Na análise da concentração de sulfato () (Tabela 2), com valor permitido pelo CONAMA de até 250 mg/L, as águas dos dez pontos, nos períodos chuvoso e seco, apresentaram concentrações normais para este composto. Na avaliação de cloro livre, que possui valor máximo estipulado de 0,01 mg/L, os dez poços apresentaram valores superiores ao estabelecido legalmente. A presença de cloro em águas, como as subterrâneas, que não passaram pelos tratamentos convencionais de água, pode ser em decorrências da contaminação dessas águas por pesticidas organoclorados que apresentam baixa diluição em águas, como agrotóxicos e pesticidas. A presença de cloro em águas naturais pode ser prejudicial aos organismos expostos a esses ambientes, promovendo, por exemplo, toxicidade em nível celular (citotoxicidade e genotoxicidade) (SALES *et al.*, 2017). Os valores obtidos para condutividade, oxigênio saturado e ferro no presente estudo são considerados normais por lei.

A partir dos resultados descritos na Tabela 3, nas duas épocas do ano, as amostras de água dos poços P2, P4, P6, P7, P8 e P9 não promoveram redução da divisão celular nos meristemas de *A. cepa* nos tempos de exposição 24 e 48 horas em relação aos índices de divisão celular obtidos para os seus respectivos controles (Co-0h), e também não foram estatisticamente diferentes entre si. Dessa forma, as águas desses poços, não foram citotóxicas as células meristemáticas de raízes de *A. cepa*.

	Índice mitótico (IM %)						Índice de alterações celulares (IAC)					
	Período chuvoso			Período seco			Período chuvoso			Período seco		
	0h	24h	48h	0h	24h	48h	0h	24h	48h	0h	24h	48h
P1	30,3±0,3 ^a	11,0±1,6 ^b	1,0±0,4 ^c	38,4±0,4 ^a	10,0±0,7 ^a	1,2±0,9 ^{a*}	0,1±0,2 ^a	0,4±0,2 ^a	0,4±0,3 ^a	0,7±0,4 ^a	0,6±0,4 ^a	0,9±0,5 ^a
P2	39,1±0,4 ^a	22,8±0,8 ^a	23,8±0,9 ^a	35,4±0,1 ^a	30,4±1,6 ^a	25,0±1,4 ^a	0,4±0,4 ^a	0,2±0,2 ^a	0,2±0,2 ^a	0,8±0,6 ^a	0,4±0,9 ^a	0,0±0,4 ^a
P3	30,0±0,4 ^a	13,9±0,7 ^b	3,5±0,8 ^c	29,0±0,3 ^a	10,2±0,2 ^b	1,3±0,8 ^c	0,2±0,3 ^a	0,7±0,3 ^a	0,1±0,1 ^a	0,9±0,6 ^a	0,3±0,2 ^a	0,9±0,5 ^a
P4	29,5±0,9 ^a	19,6±0,7 ^a	19,3±0,9 ^a	25,6±18,4 ^a	20,4±1,0 ^a	19,6±1,4 ^a	0,7±0,5 ^a	0,6±0,3 ^a	0,5±0,3 ^a	0,6±0,4 ^a	0,3±0,2 ^a	0,7±0,5 ^a
P5	31,9±0,9 ^a	14,4±0,5 ^b	3,2±0,3 ^c	29,0±0,4 ^a	9,0±1,6 ^b	1,8±0,3 ^c	0,8±0,2 ^a	0,7±0,5 ^a	0,4±0,4 ^a	0,4±0,3 ^a	0,7±0,7 ^a	0,5±0,4 ^a
P6	27,6±0,3 ^a	19,7±1,4 ^a	18,0±0,7 ^a	20,1±0,6 ^a	19,0±1,0 ^a	19,9±0,4 ^a	1,0±0,4 ^a	0,7±0,8 ^a	0,7±0,3 ^a	0,8±0,6 ^a	1,0±0,4 ^a	0,5±0,4 ^a
P7	30,9±0,7 ^a	20,3±1,5 ^a	26,0±0,3 ^a	25,1±0,7 ^a	20,8±0,8 ^a	18,0±0,1 ^a	0,9±0,5 ^a	0,4±0,2 ^a	0,7±0,2 ^a	0,4±0,4 ^a	1,0±0,8 ^a	0,5±0,4 ^a
P8	31,54±0,8 ^a	20,8±1,5 ^a	19,8±0,5 ^a	28,5±0,4 ^a	19,0±1,1 ^a	22,0±1,7 ^a	0,3±0,2 ^a	0,5±0,2 ^a	0,6±0,3 ^a	0,9±0,7 ^a	0,7±0,4 ^a	0,4±0,3 ^a
P9	30,10±0,2 ^a	26,38±0,9 ^a	27,8±0,0 ^a	25,9±0,4 ^a	19,2±1,1 ^a	22,4±0,5 ^a	0,9±0,3 ^a	0,5±0,3 ^a	0,5±0,3 ^a	0,5±0,4 ^a	0,9±0,6 ^a	0,1±0,8 ^a
P10	28,84±0,5 ^a	10,4±1,6 ^b	1,3±0,2 ^c	29,1±0,6 ^a	14,2±1,3 ^b	3,2±0,7 ^c	0,4±0,7 ^a	1,0±0,9 ^a	0,4±0,2 ^a	0,8±0,2 ^a	0,1±0,6 ^a	0,6±0,4 ^a
CP	3,4±1,8			7,4±1,8								

*estatisticamente igual quando comparado a controle positivo (Dunn a p <0,05). Para o índice mitótico ou índice de alterações celulares, letras diferentes entre si entre os tempos de exposição 0h, 24h e 48 de um mesmo poço são estatisticamente diferentes entre si (Dunn a p <0,05). P1-Beira rio; P2- Wall Ferraz; P3-Carlos Feitosa; P4-Nova I; P5-Geovane Prado; P6-Itararé; P7-Tabuleta; P8-Monte Horebe; P9-Alto da Ressurreição e P10-Promorar, são os pontos de coleta.

Tabela 3 Índices mitóticos e Índices de alterações celulares observados em meristemas de raízes de *Allium cepa* expostas, a 24 e 48 horas, as águas de dez poços tubulares destinados a irrigação de hortas comunitárias em Teresina nos, Piauí, Brasil, nos períodos chuvoso e de estiagem, do ano de 2017.

Diferentemente, as águas dos poços P1, P3, P5 e P10 nos períodos chuvoso e de seca, causaram, em 24 e 48 horas de exposição, redução significativa da proliferação celular nos meristemas de raízes quando confrontadas aos resultados de divisão celular observados para os seus respectivos controles (Co-0h) (Tabela 3). Ainda, as águas desses pontos reduziram ainda mais a divisão celular dos tecidos vegetais com o aumento do tempo de exposição, onde os índices mitóticos observados para o tempo de análise 48 horas foram significativamente inferiores aos índices observados para os seus específicos tempos de exposição 24 horas. Desse modo, as águas desses quatro poços, nas condições de análises estabelecidas, foram citotóxicas aos meristemas de raízes. Os índices mitóticos obtidos para os tempos de exposição 48 horas foram estatisticamente iguais ao índice de divisão celular observado para o controle.

De acordo com Herrero *et al.* (2012) e Guedes *et al.* (2018), índices mitóticos significativamente inferiores aos índices do controle negativo, como observado para as águas de P1, P3, P5 e P10, podem indicar a presença de agentes cuja ação tóxica compromete o crescimento e desenvolvimento dos organismos expostos. Ademais, esses autores declaram que a inibição da proliferação celular desencadeada por compostos citotóxicos em tecidos de intensa proliferação celular e com desempenho normal - como os meristemas de raízes utilizados nesta pesquisa - é bastante

prejudicial ao organismo por inibir ou limitar a reposição de células, alterar a produção de proteínas e resultar no mal funcionamento do órgão onde está localizada. Assim, as águas dos P1, P3, P5 e P10 poços podem ser tóxicas ao homem e a outros animais.

Conforme mencionado, houve a presença de cloro residual nas amostras de água dos dez poços analisados (Tabela 2), com ênfase aos poços mais próximos as imediações dos rios, como P1, P3, P5 e P10, onde as concentrações desse composto foi maior. A presença do cloro pode ser devida as atividades agrícolas praticadas nas imediações dos rios, como pela utilização de inseticidas organoclorados utilizados no controle de pragas. Pesticidas organoclorados são sabidamente citotóxicos aos meristemas de raízes *A. cepa* e a outros sistemas testes, em diferentes concentrações (JAYARAJ et al., 2016; DATA et al., 2018; GUAN et al., 2018).

É importante ressaltar que os compostos organoclorados são relativamente inertes e sua alta estabilidade em água está relacionada a concentração de matéria orgânicas presentes nesses ambientes. Também possuem alta toxicidade, baixa biodegradabilidade e bio-solubilidade em tecido lipídico, sendo prejudiciais ao homem. Alguns destes compostos podem persistir por anos no solo e serem arrastados pelas chuvas (por lixiviação) para o interior dos cursos de água (BARION et al., 2018).

Nenhumas das amostras, tanto no período chuvoso como no de estiagem, induziram alterações celulares as células meristemáticas de raízes de *A. cepa*, caracterizando-se como não genotóxicas. Porém, estudos mostram que a inibição significativa da proliferação celular - como as observadas nos meristemas de raízes de *A. cepa* expostos as águas de P1, P3, P5 e P10 - pode ocorrer pela indução de deficiências drásticas nas moléculas de DNA ou cromossomos durante as subfases da intérfase pela presença de compostos químicos em excesso na água (SALES et al., 2017). Ao considerar que o princípio do ciclo celular é a formação de células idênticas, a produção de novas células com alterações significativas nas moléculas de DNA torna o funcionamento celular inviável e tendem a ser eliminadas de tecidos com metabolismo normal. Assim, há substâncias químicas que promovem danos genotóxicos significativos as moléculas de DNA, no entanto, os danos são tão severos que os mecanismos de regulação interfásicos eliminam as células danificadas, e por fim tais substâncias são classificadas apenas como citotóxicas (GUEDES et al., 2018).

5 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados microbiológicos, físico-químicos e de citotoxicidade obtidos para dez poços tubulares destinados a irrigação de hortas comunitárias em Teresina, conclui-se que as amostras de águas avaliadas apresentaram alterações significativas que indicam a contaminação desses locais pelo ambiente urbano e práticas agrícolas.

REFERÊNCIAS

ABAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Poços para captação de água**. [S.l.]: [s.n.]. Disponível em: <www.abas.org/educacao_pocos.php>. Acesso em: 26 fev 2019.

ARAÚJO, G.D.; TONANI, K.A.D.A.; JULIÃO, F.C.; CARDOSO, O.D.O.; ALVES, R.I.D.S., RAGAZZI, M.F.; SEGURA-MUÑOZ, S.I. Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, v. 35, n. 1, p. 98-104, 2011.

ALVES, W.S.; SILVA, P.B.; MELO JÚNIOR, H.N. Variação sazonal da qualidade da água em pesque pague do semiárido cearense. **Caderno de Cultura e Ciência**, v. 15, n. 1, p. 93-103, 2016.

BARION, A., BALSAA, P., WERRES, F., NEUHAUS, U., & SCHMIDT, T. C. Stability of organochlorine pesticides during storage in water and loaded SPE disks containing sediment. **Chemosphere**, v. 210, p. 57-64, 2018.

DATTA, S., SINGH, J., SINGH, J., SINGH, S., SINGH, S. Assessment of genotoxic effects of pesticide and vermicompost treated soil with *Allium cepa* test. **Sustainable Environment Research**, v. 28, n. 4, p. 171-178, 2018.

CAETANO, M.O.; KIELING, A.G.; RAIMONDI, R.L.; GOMES, L.P.; SCHNEIDER, I.A.H. Ecotoxicity tests with *Allium cepa* to determine the efficiency of rice husk ash in the treatment of groundwater contaminated with benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-10, 2018.

CARNEIRO, C.T.; SILVA, M.C.; MONTEIRO, A.L.B.; MARINELLI, N.P.; CASAGRANDE, E.F. Iniciativas de hortas comunitárias municipais em Teresina: práticas promotoras de renda e trabalho. **Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 28, p. 149-167, 2018.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N. 396 de 3 de abril de 2008**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 5 jan 2019.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. MEIO NORTE. **Clima em Teresina**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/embrapa-meio-norte>. Acesso em: 28 fev. 2019.

ETTEIEB, S.; CHERIF, S.; KAWACHI, A.; HAN, J.; ELAYNI, F.; TARHOUNI, J.; ISODA, H. Combining Biological and Chemical Screenings to Assess Cytotoxicity of Emerging Contaminants in Discharges into Surface Water. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 227, n. 9, p. 341, 2016.

GUAN, Y., WANG, X., WONG, M., SUN, G., AN, T., GUO, J., ZHANG, G. Evaluation of genotoxic and mutagenic activity of organic extracts from drinking water sources. **PloS one**, v. 12, n. 1, p. e0170454, 2017.

GUEDES, C. M.; SANTOS, F.K.S.; SILVA, T.; SOARES, A.P.; LIMA, M.V.S., OLIVEIRA, V. A., PERON, A.P.P. Cytotoxic and genotoxic potential of *Ginkgo biloba* L., in industrialized and without-additive forms. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 4, 2018.

GUERRA, M.; SOUZA, M.J. **How to observe the chromosomes: a guide to techniques in plant, animal and human cytogenetics**. Ribeirão Preto: FUNPEC. 179 p., 2002.

HERRERO, O.; MARTÍN, J.P.; FREIRE, O.F.; LÓPEZ, L.C.; PEROPADRE, A., HAZEN, M.J. Toxicological evaluation of three contaminant of emerging concern by use of *Allium cepa* test.

Mutation Research, v. 743, n. 1, p. 24-34, 2012.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Teresina. **Cidades**, 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?codmun=221100&idtema=130&search=piau%C3%A9%7Cteresina%7Cpopulation-estimate-2014-&lang=>>>. Acesso em: 05 nov 2018.

MANZIONE, R.L. **Águas subterrâneas**: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar. Jundiaí: Paco Editorial. 388 p, 2015.

JAYARAJ, R.; MEGHA, P.; SREEDEV, P. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 9, n. 3-4, p. 90-100, 2016.

MATOS, L.A.; CUNHA, A.C.; SOUSA, A.A.; MARANHÃO, J.P.; SANTOS, N.R.; GONÇALVES, M.; ALENCAR, M.V. The influence of heavy metals on toxicogenetic damage in a Brazilian tropical river. **Chemosphere**, v. 185, n. 1, p. 852-859, 2017.

MELO, F.P.; FERREIRA, M.G.P.; MASCENA, I.F. Toxicidade do nitrito para o camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistemas de água clara e bioflocos. Boletim do Instituto de Pesca, v. 42, n. 4, p. 855-865, 2017.

MESQUITA, D.R.; SILVA, J.P.; MONTE, N. D. P.; SOUSA, R.L.T.; SILVA, R.V.S.; OLIVEIRA, S.S.; FREIRE, S. M. Ocorrência de parasitos em alface-crespa (*Lactuca sativa* L.) em hortas comunitárias de Teresina, Piauí, Brasil. **Revista de Patologia Tropical**, v. 44, n. 1, p. 67-76, 2015.

MONTEIRO, J.P.R. Hortas comunitárias de Teresina: agricultura urbana e perspectiva de desenvolvimento local. **Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica**, v. 5, p. 47-60, 2006.

OJIMA, R.; MARANDOLA J.R.E. Mobilidade populacional e um novo significado para as cidades: dispersão urbana e reflexiva na dinâmica regional não metropolitana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (ANPUR)**, v. 14, p. 103-116, 2012.

ORTIZ, L.L.; RANGEL, G.F.; GESÃ, M. Metahemoglobinemia em um lactante por consumo de agua con alto contenido de nitratos en Camagüey. **Revista Cubana de Higiene y Epidemiología**, v. 53, n. 3, 2015.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena, Austria. 300 p., 2015.

SALES, I.M.S.; SILVA, J.M.; MOURA, E.S.R.; ALVES, F.D.S.; SILVA, F.C.C.; SOUSA, J.M.C.; PERON, A.P. Toxicity of synthetic flavorings, nature identical and artificial, to hematopoietic tissue cells of rodents. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 2, p. 306-310, 2017.

SILVA, F.R.; AQUINO, C.S. Análise da qualidade da água do rio Poti, entre a ponte da Primavera e a ponte Leonel Brizola, Teresina, Piauí. **Revista Okara: Geografia em Debate**, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2015.

SILVA, G.H.; MESSIAS, T.G.; LEME, D.M.; MONTEIRO, R.T.R. (2013) Mutagenicidade e genotoxicidade em águas superficiais e subterrâneas antes e após o tratamento da água. **Holos Environment**, v. 13, n. 1, p. 64-73, 2013.

SOUSA, J.M.D.C.; PERON, A.P.; SOUSA, L.D.S.; HOLANDA, M.M.; LIMA, A.D.M.V.; OLIVEIRA, V.A.; AGUIAR, R.P.S. Cytotoxicity and genotoxicity of Guaribas river water (Piauí, Brazil), influenced by anthropogenic action. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.189, n. 6, p. 301, 2017.

SOUZA, N.S.; SÁ-OLIVEIRA, J.C.; SILVA, E.S. Avaliação da qualidade da água do Alto Rio Pedreira, Macapá, Amapá. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 2, p. 107-118, 2015.

TABREZ, S., SHAKIL, S., UROOJ, M., DAMANHOURI, G. A., ABUZENADAH, A. M., AHMAD, M. Genotoxicity testing and biomarker studies on surface waters: an overview of the techniques and their efficacies. **Journal Environmental of Science Health**, Part C, v. 9, p. 250-275, 2011.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. **Caracterização do município**. Prefeitura Municipal de Teresina: Piauí, 2015.

VARNIER, C.; IRITANI, M.A.; VIOTTI, M.; ODA, G.H.; FERREIRA, L.M.R. Nitrato nas águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). **Revista do Instituto Geológico**, v. 32, n. 1/2, p. 1-2, 2010.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera - Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-420-7



9 788572 474207