

QUALIDADE TOXICOLÓGICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS DO MUNICÍPIO DE REALEZA - PARANÁ

TOXICOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF WATER FROM ARTISIAN WELLS IN THE CITY OF REALEZA - PARANÁ

Soares, IA¹, Nascimento, M², Távora, Z³, Damin, S⁴, Retuci, VS⁵

1 - Izabel Aparecida Soares - Universidade Federal da Fronteira Sul. 2 - Mayara Nascimento - Universidade Federal da Fronteira Sul. 3 - Zacarias Távora - Universidade Federal da Fronteira Sul. 4 - Silvana Damin - Universidade Federal da Fronteira Sul. 5 - Vanessa Silva Retuci - Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Realeza

Endereço do autor de correspondência Rodovia PR 182, Km 466 – Caixa Postal 253 – Campus Realeza – PR CEP 8570-000 e-mail:izabel.soares@uffrs.edu.br .

Resumo

Em municípios do Sudoeste do Paraná, dentre os quais Realeza, parcela considerável da população consome água de poços artesianos com qualidade monitorada por meio de parâmetros tradicionais, ou seja, físico-químicos e microbiológicos, porém com parâmetros toxicológicos desconhecidos. O presente trabalho, visando contribuir com avaliações toxicológicas, objetivou analisar a citogenotoxicidade das águas de poços artesianos rurais e urbanos no município de Realeza - PR, por meio da utilização do sistema *Allium cepa*. Para a realização das análises foram feitas coleta de água de poços artesianos, escolhidos aleatoriamente, e, seguindo a listagem de cadastro presente na Prefeitura/Vigilância Sanitária. As amostras foram coletadas de três poços na zona urbana e três na zona rural do município. Os bulbos de *Allium cepa* foram expostos às amostras de água coletadas em triplicata, com controle positivo em água destilada, e controle negativo em solução aquosa de sulfato de cobre 0,0006% por 72 horas, em seguida, foram retiradas as raízes com a coifa, com aproximadamente 2cm de comprimento. Posteriormente, os meristemas radiculares coletados, foram expostos ao fixador Carnoy por 24 horas, após esse período foram lavados e reidratados. Das amostras, foram confeccionadas lâminas, expostas à solução de orceína aceto-clorídrica, aquecidas e postas para descansar. Após coloração, sobre as lâminas procedeu-se a separação das regiões meristemáticas das raízes, seguida de coberta com uma ou duas gotas de ácido acético. Das análises foram observadas alterações nos valores de Índice Mitótico e Alterações Cromossômicas. Os resultados obtidos sugerem que a água dos poços artesianos tem potencial para causar danos no genoma de organismos eucariotos.

Palavras-chave: Biomonitoramento; Mutagênese ambiental; Sistema *Allium cepa*.

Abstract

In municipalities in the Southwest of Paraná, including Realeza, a considerable portion of the population consumes water from artesian wells with quality monitored through traditional parameters, that is, physical-chemical and microbiological parameters, but with unknown toxicological parameters. The present work, aiming to contribute with toxicological evaluations, aimed to analyze the cytogenotoxicity of water from rural and urban artesian wells in the city of Realeza - PR, through the use of the *Allium cepa* system. To carry out the analysis, water was collected from artesian wells, chosen at random, and following the registration list present at the City Hall/Sanitation. Samples were collected from three wells in the urban area and three in the rural area of the municipality. *Allium cepa* bulbs were exposed to water samples collected in triplicate, with a positive control in distilled water, and a negative control in an aqueous solution of 0.0006% copper sulfate for 72 hours, then the roots were removed with the hood, approximately 2cm long. Afterwards, the collected root meristems were exposed to Carnoy fixative for 24 hours, after which they were washed and rehydrated. From the samples, slides were made, exposed to acetohydrochloric orcein solution, heated and put to rest. After staining, the meristematic regions of the roots were separated on the slides, followed by covering with one or two drops of acetic acid. From the analysis, alterations in the values of Mitotic Index and Chromosomal Alterations were observed. The results obtained suggest that the water from artesian wells has the potential to damage the genome of eukaryotic organisms.

Keywords: Biomonitoring; Environmental mutagenesis; *Allium cepa* system.

Introdução

No Brasil a qualidade da água de abastecimento doméstico é afetada por rejeitos domésticos, efluentes industriais, escoamento superficial urbano, além de poluentes oriundos das atividades agrícolas e pecuárias¹. Assim, apesar de ser um recurso indispensável para a sobrevivência de todos os seres vivos, não está livre de ações antrópicas causadoras de contaminações diversas, que na atualidade, também direcionam estudos sobre a qualidade e potencial toxigênico das águas disponíveis para consumo.

Dentre os indicadores de qualidade da água, os microbiológicos estão diretamente relacionados ao potencial da água ser veículo transportador de agentes infecciosos e seu consumo desencadear doenças². Os coliformes termotolerantes podem ser patogênicos aos humanos, a exemplo da bactéria *Escherichia coli*, importante indicadora de contaminação fecal na água, já que habita normalmente a microbiota intestinal de animais. Por sua vez, bactérias dos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, denominadas coliformes totais, podem indicar formas mais amplas de contaminação

ambiental³. Desde modo, os padrões apropriados da qualidade da água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água são estabelecidos no Brasil pela Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, a qual define que a água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico e livre dos coliformes termotolerantes⁴.

Outros indicadores, os de genotoxicidade, também são relevantes para o reconhecimento do potencial da água causar efeitos danosos aos organismos vivos, por meio da compreensão da expressão destes efeitos em organismos modelos⁵. Um dos sistemas padrões para análise ecotoxicológica, de fácil execução, custo reduzido e rápido resultado, utiliza como organismo teste *Allium cepa*. Neste organismo, a toxicidade é observada por meio de alterações cromossômicas, que ocorrem na divisão celular. Os danos genéticos são normalmente induzidos por poluentes ambientais, indicando assim, a presença de substâncias tóxicas, citotóxicas e mutagênicas, altamente indesejadas na água de consumo humano⁶.

Em muitos municípios a distribuição de água potável é reduzida. Apenas 34,51% dos

domicílios rurais brasileiros estão ligados à rede de distribuição de água (com ou sem canalização interna), sendo que o restante (66,6% das residências) utiliza soluções alternativas e coletivas de abastecimento, como poços freáticos, tubulares profundos e a coleta direta das nascentes de água⁷.

Os poços artesianos são aqueles em que as águas fluem naturalmente do solo, num aquífero confinado, sem a necessidade de bombeamento. É um poço tubular profundo cuja pressão da água é suficiente para a sua subida à superfície, necessitando a instalação de equipamento na boca do tubo para controlar a saída da água, a sua profundidade é maior que a de um poço convencional e em geral, sua utilização normal para uso residencial, as águas são captadas através de canos⁸.

Nos pequenos municípios do Sudoeste do Paraná, como Realeza, com seus 16.338 habitantes⁹, parcela da população, especialmente a localizada na área rural, consome água proveniente de poços artesianos, que demandam o monitoramento tanto da qualidade microbiológica e físico-química, quanto ecotoxicológica. Desta forma, o presente trabalho visa analisar a citogenotoxicidade das

águas de poços artesianos rurais e urbanos no município de Realeza, Paraná, por meio da utilização do sistema *A. cepa*.

Métodos

Coletas de amostras

Foram coletadas amostras de água de poços artesianos no município de Realeza, Sudoeste do Paraná, durante os meses de junho e julho de 2018. A partir da listagem de poços artesianos da Vigilância Sanitária do Município de Realeza, fez-se um sorteio para seleção de três poços na Zona Urbana (P1, P2 e P3) e outros três na Zona Rural (P4, P5 e P6).

Em cada poço, foram coletadas duas amostras diretamente da torneira após a reservação, em temperatura de 18° C, sempre com no mínimo de 48 horas de ausência de chuva. Uma amostra foi enviada para o laboratório de microscopia da Universidade Federal da Fronteira Sul - *Campus* Realeza e a outra amostra enviada para análises microbiológicas na Vigilância Sanitária Municipal de Realeza, a qual disponibilizou posteriormente, os resultados.

Análises de genotoxicidade

Utilizou-se como indicador biológico a espécie *Allium cepa*, comercializada localmente. Fez-se o uso de três bulbos de *A. cepa*, para cada uma das amostras, os quais foram expostos e imersos durante 72 horas. Em seguida, retirou-se as raízes com a coifa (aproximadamente 2 cm de comprimento). O mesmo procedimento foi realizado com os tratamentos controle negativo (água destilada) e controle positivo (solução aquosa de sulfato de cobre 0,0006%). Os meristemas radiculares foram acondicionados em microtubos contendo fixador Carnoy por 24 horas e lavados em água, para recuperação da hidratação. Em seguida, para confecção das lâminas, os meristemas foram introduzidos em solução de Orceína aceto-clorídrica, aquecidos por três vezes consecutivas, com intervalo de 30 minutos (descanso) entre cada aquecimento. Após coloração, as regiões meristemáticas de cada raiz foram separadas do restante radicular e os meristemas de cada bulbo de *A. cepa* agrupados em uma lâmina, cobertos com uma gota de ácido acético e lamínula, para análise^{10, 11, 12}.

Em microscópio óptico Olympus® CX31, foram observadas 1000 células por lâmina/bulbo, ou seja, 3000 células para cada

amostra de água e tratamento controle, sendo estabelecido: a) número de células em interfase, b) fases da mitose, c) alterações cromossômicas, d) células portadoras de micronúcleos, e) quebra cromossômica.

Foram contabilizadas as células micronucleadas (MN) e as anomalias (AN). Também, calculou-se o índice mitótico, conforme Oliveira et al.¹³, dividindo-se o número de células em mitose (prófase + metáfase + anáfase + telófase) pelo número total de células (intérfase + mitose) multiplicando-se por 100. Os dados extraídos das contagens total de Micronúcleos (MN) e Anormalidade Nucleares (AN) por indivíduos foram posteriormente submetidos a análise estatística.

Análises microbiológicas

As amostras coletadas nos poços artesianos foram enviadas para análise de coliformes totais e termotolerantes, realizadas pela Vigilância Sanitária de Realeza.

Para análise de coliformes totais, realizou-se teste presuntivo pelo Método de Tubos Múltiplos. As amostras foram inoculadas nos tubos preparados com lauril sulfato de triptose, incubadas em estufa bacteriana a 35 °C

por 24/48 horas. Os tubos positivos (turvos e com produção de gás) foram quantificados e, uma pequena amostra destes, foi inoculada em tubos de caldo verde brilhante (Bile 2%), também incubados a 35 °C por 24/48 horas, para teste confirmatório e a determinação do Número Mais Provável (NMP)/100 ml de bactérias nas amostras, realizada pela contagem de tubos positivos nas diluições 1:1, 1:10 e 1:100¹⁴.

Para análises de coliformes termotolerantes, também se utilizou do Método de Tubos múltiplos, onde amostras dos tubos positivos do teste presuntivo foram inoculados em tubos contendo Meio *Escherichia coli*. Os tubos foram deixados em banho maria a 44,5 °C durante 30 minutos, e após o período de tempo foi verificando a formação de gás, o que indica a existência de coliformes de origem fecal.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta as alterações citotóxicas encontradas em análise de células dos meristemas radiculares das cebolas, onde os valores do IM das células submetidas as amostras de águas coletadas nos poços artesianos urbanos e rurais foram inferiores ao

do controle negativo, indicando toxicidade nas amostras obtidas.

Avaliações com IM com valores inferiores ao do controle negativo é uma forma confiável de determinar a presença de substâncias citotóxicas¹⁵, sendo esse decréscimo identificado nos resultados obtidos neste experimento. Ainda, é possível constatar que nas amostras dos poços da Zona Urbana (P1, P2 e P3) o IM está próximo do controle negativo, enquanto que, para os poços da Zona Rural (P4, P5 e P6) os índices estão bem abaixo (Tabela 1).

Para o controle positivo identificou-se 241 células com mitoses alteradas, seguidas respectivamente, por 194, 215 e 198 células obtidas nos tratamentos em águas dos poços artesianos da Zona Rural (Tabela 1). A proximidade desses números ao do controle positivo, que atua como um agente causador de alterações celulares, é um indicativo da presença de elementos nas águas dos poços artesianos da Zona Rural que podem promover a genotoxicidade.

A genotoxicidade pode ser identificada por alterações cromossômicas, resultantes de anomalias nos cromossomos como: stickiness, micronúcleos, pontes cromossômicas, deformações do núcleo¹⁰. O primeiro mecanismo

de ação dos agentes genotóxicos resulta em lesões no DNA¹⁶, e ainda, segundo Majer¹⁷, essas alterações podem provocar tentativa de reparo que nem sempre é bem sucedida, fazendo com que as alterações se tornem irreversíveis, podendo levar à morte celular.

Tabela 1. Parâmetros microbiológicos de amostras de água oriundas de poços artesianos e parâmetros genotóxicos de *A. cepa* submetidas a essas amostras de água.

Legenda: IM% (Índice Mitótico Percentual), IAC (Índice de Alterações Cromossômicas); Amostra P1, P2, P3 (Zona urbana); Amostra P4, P5, P6 (Zona rural)
Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Da análise do potencial mutagênico, os achados observados em células de *A. cepa*, como anomalias do tipo frequência de micronúcleos, *stickiness* e outras não identificadas, indicaram a presença de contaminantes nas amostras de águas e que ocasionaram em mutagenicidade (Figura 1).

A ação de agentes genotóxicos promove lesões no DNA (oxidação e dimerização, adutos de DNA, entre outras). Neste estudo, a ocorrência de Micronúcleo (MN), pontes anafásicas, são indicativos para danos

ocasionados pela presença de substâncias clastogênicas nas amostras testadas.

Outros achados neste estudo foram *stickiness* (Figura 1), que resultam de falhas no processo de disjunção indicando a presença de substâncias aneugênicas, que interferem na formação do fuso acromático. Os eventos de c-mitoses se originam quando há inativação do fuso de modo que, os cromossomos ficam dispersos na célula. Várias substâncias químicas podem promover esses eventos, dentre elas aquelas presentes nos pesticidas.

Figura 1. Alterações cromossômicas encontradas nas células das raízes submetidas à água dos poços artesianos. M.O 100X.
Legenda: As setas brancas e pretas estão apontadas para diferentes alterações encontradas durante as análises.
Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Nas análises toxicológicas, as anormalidades nos cromossomos de células meristemáticas de *A. cepa* funcionam como eficientes parâmetros para a investigação de genotoxicidade. Mas, vale ressaltar que estudos com esse modelo biológico demonstram que nem sempre a toxicidade está correlacionada com a genotoxicidade, pois alterações relacionadas com o crescimento da raiz e IM são parâmetros indicativos de citotoxicidade. Por

outro lado, alterações como anomalias cromossômicas (stickiness, micronúcleos, pontes cromossômicas, entre outras), indicam genotoxicidade¹⁰.

Espacialmente, os poços avaliados apresentam localizações distintas, sendo três na área urbana e três na área rural. Das análises, os números apresentam diferenças consideráveis entre eles, com os mais expressivos para as avaliações em águas coletadas na área rural, indicativo que os contaminantes mais prováveis sejam de origem agrícola e resíduos domésticos. Neste cenário, é sabido que a genotoxicidade está relacionada com eventos de poluição ambiental e, estando os seres vivos em interação com o meio ambiente, consequentemente sofrem influência que propiciam modificações no seu material genético.

Neste contexto, amostras de água de três poços artesianos localizados na Zona Rural no município de Realeza/Pr foram analisadas no ano de 2018 e, também indicaram valores para índice mitótico menores para dois dos três poços sugerindo citotoxicidade, somando efeitos de genotoxicidade e mutagenicidade para os poços artesianos P1, P2 e genotoxicidade para P3¹⁸.

Das análises microbiológicas, os resultados indicaram presença de coliformes totais em quatro dos seis poços avaliados, sendo P1, P2, P3 e P6, sem indicativo de presença para os poços P4 e P5 (Tabela 1).

Por meio desses dados podemos estimar que a maioria dos poços avaliados apresentaram contaminação por coliformes totais, indicando contaminação pelos rejeitos domésticos, efluentes industriais e escoamento superficial urbano e agrícola, levando a infiltrações e ocasionando em riscos à saúde das pessoas que consomem essa água diariamente sem proceder com hábitos sanitários de fervura e filtragem⁹.

Entretanto, a ausência de *E. coli* nas amostras de água indica que não há contaminação por dejetos fecais, o que representa uma das condições favoráveis para a manutenção da saúde da população do município¹⁹.

Considerando outras avaliações realizadas no estado do Paraná, no município de Bandeirantes, a análise de 385 amostras resultou em 47,79% delas contaminadas por coliformes, indicando água imprópria para consumo humano²⁰. Além disso, no município de Cambé, avaliou-se no período de 2013 a 2017 um total

de 200 amostras de água, das quais 113 (56,5%) estavam contaminadas com coliformes totais e 35 (17,5%) com *E. coli*.

Nacionalmente, permanecendo ainda na porção aflorante do Aquífero Guarani, no município de Ivoti-RS, coliformes totais foram encontrados em 66,6% das amostras, coliformes termotolerantes em 25,9%, desses 40,7% para adenovírus e 22,2% para rotavírus, sem ocorrência de enterovírus²¹. As avaliações de amostras no estado do Rio Grande do Sul, trazem dados que indicaram 100% de contaminação por coliformes nas amostras obtidas de poços artesianos²². Nesse mesmo estado, nos municípios de São João das Missões, São Miguel das Missões, o resultado da análise microbiológica da amostra sugere atenção, pois embora não tenha apresentado contaminação pela bactéria *Escherichia coli*, apresentou existência de coliformes totais, o que sugere necessidade de tratamento da água²³.

Outros estudos relacionados, com dados apresentados no estado do Rio de Janeiro, registram a presença de coliformes totais e termotolerantes nas redes e poços artesianos de duas regiões e constataram que nas amostras coletadas de poços do Parque Fluminense

apresentava 55,5% de contaminação por coliformes termotolerantes e 62% em Colubandê, o que permitiu concluir que a água proveniente de poços tem maior nível de contaminação em relação às amostras da rede²⁴.

Ressalta-se que a presença de coliformes nas amostras é um sinal de alerta sobre uma circunstância favorável a aparições de surtos diarreicos na população, sendo mais grave em crianças e idosos por possuírem o sistema imunológico debilitado e podendo, nesses casos até acarretar óbito²⁵. Assim, medidas de cuidados devem ser empregadas para minimizar a contaminação, o que envolve a cloração, processo que necessita de monitoramento técnico, ou estratégia mais simples, como a fervura da água antes do consumo, já que os microrganismos são inativados nas temperaturas elevadas²⁶.

Conclusão

Os dados obtidos a partir da análise de águas dos poços artesianos por meio do indicador biológico *A. cepa* indicaram potencial genotóxico e citotóxicos para as células eucariontes.

Que apesar da detecção de presença de coliformes termotolerantes não indicar diretamente riscos como agentes responsáveis por doenças veiculadas pela água, o fato de estarem presentes sinaliza problemas sanitários, sugerindo possibilidade de existência de outros patógenos.

Para além dos índices obtidos, os dados ainda refletem a necessidade da adoção de estratégias de manutenção dos recursos naturais associadas à preocupação com a qualidade, tornando a água apropriada para consumo dos municípios. Neste sentido, uma das intervenções é estabelecer programas de biomonitoramento que auxiliem e contribuam com ações de manejo e proteção.

Referências

1. Bertoni EI. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. 2008;1(1):152-169.
2. Campos A, Giaretta NL, Rotta M, Becegato V, Machado WCP, Onofre SB. Caracterização Microbiológica da água do meio rural da região sudoeste do Paraná. Geoambiente On-Line, 2008 July;(11) 206-220.
3. Fernandez AT, Santos VC. Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de abastecimento escolar, no município de Silva Jardim, RJ. Revista Hig. Alimentar. 2007 21(154):97-97.
4. Brasil. Portaria n. 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. Diário Oficial da União. 12 dez 2011.
5. Cunha B M. Avaliação ecotoxicológica de distintos tipos de efluentes mediante ensaio de toxicidade aguda utilizando *Artemia salina* e *Lactuca sativa* [monografia]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
6. Arraes AIOM, Longhin SR. Otimização de ensaio de toxicidade utilizando o bioindicador *Allium cepa* como organismo teste. Encyclopedia Biosphere. 2012; 8(14):1958.
7. Brasil. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. Saneamento Rural. 2017.
8. Fagundes JPR, Andrade ALA. Poços Artesianos: Uma reflexão na perspectiva da Sustentabilidade. Revista Unipacto. [acesso 10 dez. 2018] Disponível em http://www.unipacto.com.br/revista2/arquivos_pdf_revista/revista2015/18.pdf.
9. IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Paraná: Realeza: Infográficos: Dados gerais do município: 2016. [acesso 15 out. 2019] Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=412140&search=parana|realeza|infogr%EFficos:-dados-gerais-do-munic%EDpio>.
10. Fiskesjo G. The *Allium* test as a standart in environmental monitoring. Hereditas. 1985 (102):99-112.
11. Fiskesjo G. The *Allium* test – An alternative in environmental studies – the relative toxicity of metal-ions. Mutation Research, 1988; 197(2):243-260.
12. Fiskesjo G. The *Allium* test – a potential standard for the assessment of enviromental toxicity. In: J. W. Gorsuch (ed.), ASTM (American Society of testing Materials) special technical publication 1216. Environ. Toxicol. Risk Assessment, 1993: 331-345.
13. Oliveira VR, Scapim CA, Oliveira JR, Pires NM. Efeito do herbicida trifluralin sobre a germinação de sementes e índice mitótico em

raízes de milho (*Zea mays* L.). Revista Unimar. 1996;18(537-544).

14. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC n.12, de janeiro de 2001. Regulamentação dos padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União. 10 jan. 2001.

15. Smaka-Kincl V, Stegnar P, Lovka M, Toman MJ. The evaluation of waste, surface and ground water quality using the *Allium* test procedure. Mutat Res. 1996;368:171-179.

16. Oliveira LM, Voltolini JC, Barbério A. Potencial mutagênico dos poluentes do rio Paraíba do Sul em Tremembé, SP, Brasil, utilizando o teste *Allium cepa*. Ambi-Água. 2011;6(1):90-103.

17. Majer BJ, Grummt TUHLM, Knasmuller S. Use of plant bioassays of the detection of genotoxins in the aquatic environment. Acta Hydrochimica Hydrobiologica, weinheim. 2005;33(1):45-55.

18. Varaschini FR, Balsanello RL, Retuci VS, Souza-Franco GM de, Moura AC, Soares IA. Danos celulares causados pela água avaliados pelo bioensaio de *Allium cepa*. Acta Elit Salutis. 2019 1(1):1-9.

19. Yasui JC. Análise físico-química e microbiológica de água em residências localizadas no Município de Pacaembu/Sp [trabalho de conclusão de curso]. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2015.

20. Otenio MH, Ravanhani C, Claro EMT, Silva MI, Roncon TJ. Qualidade da água utilizada para consumo humano de comunidades rurais do Município de Bandeirantes-PR. Salusvita. 2007;26(2):85-91.

21. Luz RBD, Staggemeier R, Fratta LXS, Longo L, Schutz R, Soliman MC et al. Contaminação viral e bacteriana em águas subterrâneas na porção aflorante do Aquífero Guarani, município de Ivoti, RS. Revista Ambiente & Água. 2017;12:871-880.

22. Colvara JG, Lima AS, Silva WP. Avaliação de contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. Brazilian Journal of Food Technology. Preprint Series. 2009 Jan;2:1-4.

23. Sfalcin IC, Kist E, Freitas NCW. Monitoramento da Qualidade da Água de Poço Artesiano em São João das Missões, São Miguel das Missões-RS. Jornadas de Investigación Desarrollo Tecnológico Extensión y Vinculación, 1., 2019, São Miguel da Missões, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2019. p. 1-8

24. Freitas MB, Brilhante OG, Almeida LM. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cadernos de Saúde Pública. 2001;17(3):651- 660.

25. D'Aguila PS, Da Cruz Roque OC, Miranda CAS, Ferreira AP. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. Cadernos de Saúde Pública. 2000;16(3):791-798.

26. Przygodda F, Bona, EAM, Falconi FA. Quantificação de coliformes totais e *Escherichia Coli* da água in natura dos Municípios pertencentes a 10º Regional de Saúde do Estado do Paraná. In: I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente, 1., 2009, Cascavel. Unioeste, 2009. p.11.

Agradecimentos

À Vigilância Sanitária de Realeza –PR pela disposição em ajudar nesse trabalho, tanto na parte da coleta das águas quanto na disponibilização dos dados da análise microbiológica.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Anexos

Tabela 1. Parâmetros microbiológicos de amostras de água oriundas de poços artesianos e parâmetros genotóxicos de *A. cepa* submetidas a essas amostras de água.

Legenda: IM% (Índice Mitótico Percentual), IAC (Índice de Alterações Cromossômicas); Amostra P1, P2, P3 (Zona urbana); Amostra P4, P5, P6 (Zona rural)
Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Reservado aos Editores

Data de submissão: 08/12/2021

Data de aprovação: 08/02/2022

Figura 1. Alterações cromossômicas encontradas nas células das raízes submetidas à água dos poços artesianos. M.O 100X.

Figura 1. Alterações cromossômicas encontradas nas células das raízes submetidas à água dos poços artesianos. M.O 100X.

Legenda: As setas brancas e pretas estão apontadas para diferentes alterações encontradas durante as análises.