

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (12)

December 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/131220201158>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=1158&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES, CrossRef, ICI Journals Master List.



Análise espaço-temporal das incidências de inconformidade da qualidade da água tratada nos municípios do sul da Bahia entre 2002 e 2018

Spatio-temporal analysis of the incidence of non-conformity in the quality of drinking water in municipalities in the south of the State of Bahia, Brazil, between 2002 and 2018

D. S. Aquino¹, J. F. Caldeira¹, L. L. Cordeiro²

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia campus Eunápolis

² Floram Engenharia e Meio Ambiente Ltda.

Author for correspondence: davi.aquino@ifba.edu.br

Resumo. A legislação brasileira assegura ao cidadão o adequado acesso à água potável. Três dos importantes indicadores de qualidade operacional do serviço de abastecimento de água são as incidências de amostras de água tratada fora do padrão de potabilidade para os parâmetros de cloro residual, turbidez e coliformes totais, cujos valores variam de 0% a 100%. Esse trabalho objetivou analisar os valores das incidências de amostras fora do padrão de potabilidade brasileiro desses três parâmetros em 70 municípios do sul do estado da Bahia entre os anos de 2002 e 2018 e representar espacialmente esses resultados. Observou-se que os municípios estudados apresentaram médias históricas de incidência de inconformidade variando entre 0,01% e 52,50% para cloro residual, 0,16% e 100% para turbidez e entre 0,00% e 58,33% para coliformes totais. Apesar da grande variação desses valores, as médias gerais de incidência para toda região foram de 1,82% para cloro residual, 3,22% para turbidez e 1,93% para coliformes totais. Alguns municípios precisam ajustar seus tratamentos para que haja uma diminuição do percentual de amostras fora do padrão para os parâmetros estudados, visando a abastecer a população com uma água que se enquadre no padrão nacional de potabilidade.

Palavras-chaves abastecimento de água, água potável, análise regional, conformidade.

Abstract. Brazilian law ensures that citizens have adequate access to drinking water. Three important indicators of the operational quality of the water supply service are the incidence of samples of drinking water outside the standard of potability for the parameters of residual chlorine, turbidity, and total coliforms, whose values vary from 0% to 100%. This work aimed to analyze the values of the incidence of samples outside the Brazilian potability standard of these three parameters in 70 municipalities in the south of the State of Bahia between 2002 and 2018 and to represent these results spatially. The studied municipalities presented historical averages of incidence of non-conformity that varied between 0.01% and 52.50% for residual chlorine, 0.16% and 100% for turbidity, and 0.00% and 58.33% for total coliforms. Despite the wide variation in these values, the general incidence averages for the entire region were 1.82% for residual chlorine, 3.22% for turbidity, and 1.93% for total coliforms. Some municipalities need to adjust their treatments to decrease the percentage of non-standard samples for the studied parameters in order to supply the population with water that meets the national drinking standard.

Keywords: water supply, drinking water, regional analysis, conformity.

Introdução

O adequado acesso da população aos serviços de saneamento básico é condição essencial para qualidade de vida e promoção da saúde e salubridade ambiental. A Política Nacional de Saneamento Básico, instituída pela Lei Federal N^o 11.445/2007, conceitua o saneamento básico como

o conjunto de seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

Com alusão ao componente de abastecimento de água, para o ano base de 2018, o

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) realizou uma pesquisa abrangendo 97% da população nacional e 5.146 dos 5.570 municípios nacionais. Os resultados dessa pesquisa demonstraram que 83,6% da população brasileira é atendida pelo abastecimento público de água, mas que há disparidades regionais, pois enquanto 90,2% da população da região Sul possui acesso a esse componente do saneamento básico, apenas 57,1% dos habitantes da região Norte são contemplados pelo abastecimento de água. Ademais, o investimento anual no setor foi de R\$ 5,75 bilhões e, no referido ano, cada brasileiro consumiu em média 154,9 L de água potável por dia (SNIS, 2020a).

Para ser considerada como potável, no Brasil, a água precisa atender aos padrões de qualidade estabelecidos pelo Anexo XX da Portaria N° 05/2017 do Ministério da Saúde. Desta forma, ao atender à série de parâmetros de qualidade exigidos pela referida portaria, uma água só pode ser destinada ao abastecimento público caso não ofereça riscos à saúde humana, estando, portanto, adequada aos usos urbanos múltiplos, tais como ingestão direta pelos consumidores, higiene pessoal e preparação e produção de alimentos (BRASIL, 2017). Dentre os parâmetros de qualidade que o tratamento de água precisa atender para sua potabilização, destacam-se três deles que possuem significado correlato com a segurança sanitária, quais sejam: cloro residual livre, turbidez e coliformes totais.

O cloro é adicionado à água em tratamento para sua desinfecção, visando à inativação de microrganismos patogênicos eventualmente presentes na água bruta captada e que não tenham sido removidos nas etapas anteriores de tratamento (VIANNA, 2019). Além disso, o padrão de potabilidade brasileiro estabelece que em qualquer ponto da rede de distribuição de água o teor de cloro residual livre seja de no mínimo 0,2 mg L⁻¹ e de no máximo 2,0 mg L⁻¹, visando que seja mantida a potabilização da água ao se evitar recontaminação, mas também garantindo que não haja elevados valores de cloro na água a ser consumida, pois ele é agente oxidante forte, cuja ação se baseia na oxidação de enzimas vitais aos microrganismos, causando perdas de nutrientes e provocando a morte celular (BRASIL, 2017).

A turbidez, à rigor, representa o grau de interferência com a passagem da luz através de uma amostra de água, conferindo, portanto, aspecto turvo à água. Assim, embora esse parâmetro não represente inconvenientes sanitários diretos, ele tem como constituinte responsável os sólidos em suspensão, que podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos e diminuir a eficiência da desinfecção da água (VON SPERLING, 2014). Desta forma, para ser considerada como potável no Brasil, a Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde exige que a água apresente no máximo 0,5 unidade Nefelométrica de turbidez para estações de

tratamento água que procedam à potabilização via ciclo completo ou filtração direta.

Por sua vez, os coliformes totais constituem-se como um grupo de bactérias utilizadas como indicador da qualidade microbiológica de uma amostra de água, visto que elas estão abundantemente presente nas fezes humanas, embora habitem também outros ambientes, como solo e águas superficiais, não necessariamente com ocorrência de contaminação por material fecal (VON SPERLING, 2014). O Anexo XX da Portaria de Consolidação N.º 05/2017 do Ministério da Saúde determina que na saída do tratamento haja ausência de coliformes totais, enquanto que no sistema de distribuição, seja na rede ou em reservatórios, é necessário que haja ausência em 95% das amostras examinadas no mês, para o caso de sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes ou que apenas uma amostra, entre as examinadas no mês, apresente resultado positivo, no caso de sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes (BRASIL, 2017).

As empresas responsáveis pelos sistemas públicos de abastecimento de água são incumbidas de alimentar o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) com os indicadores operacionais, quantitativos, qualitativos, físicos, humanos, financeiro e outros. Dentre essas informações, há três intrinsecamente correlatas aos parâmetros supramencionados, que são as incidências das análises de amostras fora do padrão para cloro residual, turbidez e para coliformes totais. Esses índices são identificados pelo SNIS pelos respectivos códigos IN075_AE, IN076_AE e IN084_AE (SNIS, 2020b). Cada índice representa o percentual de amostras analisadas que não atendeu ao padrão de potabilidade. Portanto, seu valor varia de 0% a 100%, sendo o limite inferior uma situação ideal, na qual a totalidade das amostras analisadas obedece ao respectivo parâmetro do Anexo XX da Portaria N.º 05/2017 do Ministério da Saúde.

Nesta conjuntura, o presente trabalho objetivou calcular as médias históricas dos valores de incidência de amostras fora do padrão de potabilidade brasileiro para os parâmetros de cloro residual, turbidez e coliformes totais, abrangendo dados entres os anos 2002 e 2018 dos 70 municípios do estado da Bahia pertencentes à mesorregião Sul Baiano e analisar espacialmente a distribuição dessas médias.

Métodos

Este trabalho teve como área de estudo a mesorregião Sul Baiano, conforme se apresenta Figura 1. Esta mesorregião é identificada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pelo código 290007 e divide-se em três microrregiões, quais sejam: Ilhéus-Itabuna, Porto Seguro e Valença (IBGE, 1990).

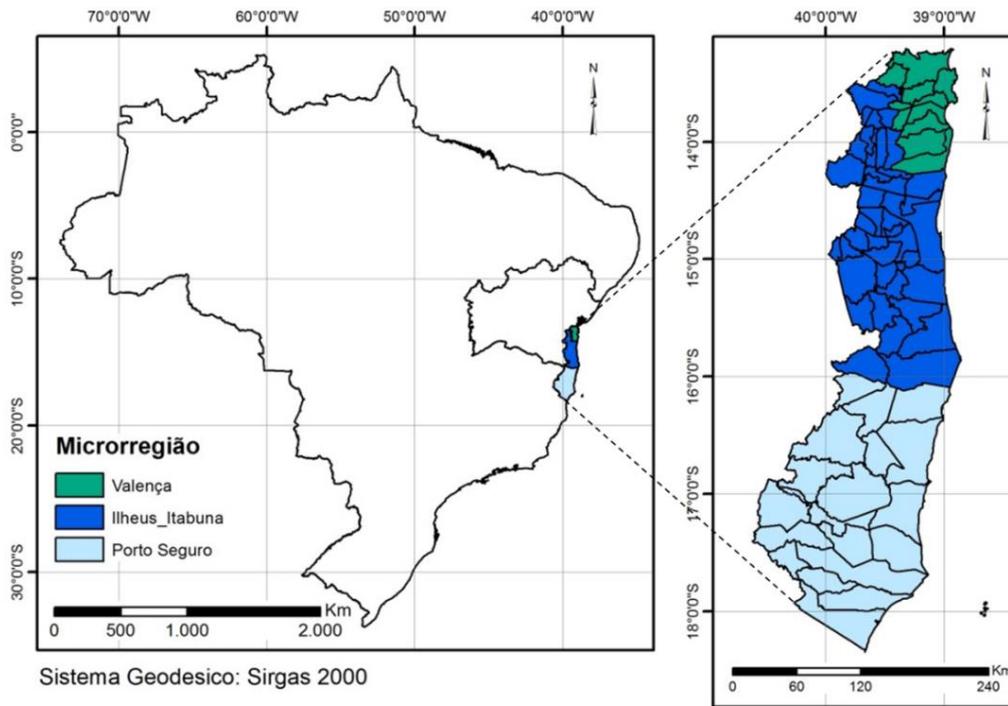


Figura 1. Microrregiões da mesorregião Sul Baiano. Fonte: elaboração dos autores, com base cartográfica extraída de IGEO (2020).

A microrregião Ilhéus-Itabuna é composta por 41 municípios, a de Porto Seguro por 19 e a de Valença por 10. Assim, a área de estudo do presente trabalho abrangeu 70 municípios. De acordo com o Censo Demográfico de 2010 realizado pelo IBGE, dos 14.016.906 habitantes baianos, 2.011.740 residiam na mesorregião Sul Baiano no referido ano base, fração correspondente a 14,35% da população total do estado (IBGE, 2020).

Para cada um dos 70 municípios da mesorregião estudada foram obtidos os valores anuais das incidências das análises de amostras fora do padrão de potabilidade para cloro residual (IN075_AE), turbidez (IN076_AE) e coliformes totais (IN084_AE) entre os anos de 2002 e de 2018. Tal obtenção ocorreu do banco de dados Série Histórica, integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020b). O horizonte temporal abrangido pela presente pesquisa se deu em função do período no qual há informações disponíveis no referido banco de dados. Caso as companhias responsáveis pelo serviço de abastecimento de água nos 70 municípios estudados informassem os três índices sem nenhuma falha durante todo o período considerado, obter-se-ia um total de 3.570 valores percentuais de incidência de amostras fora do padrão de potabilidade.

Após a obtenção dos valores supramencionados, estes foram sistematizados em planilhas eletrônicas, categorizando-os por município, ano e tipo de incidência de inconformidade, ou seja: quanto a cloro residual, turbidez e coliformes totais. Na sequência, foram obtidos os valores médios históricos da incidência de inconformidade de cada parâmetro de qualidade da

água para cada um dos 70 municípios da mesorregião.

De posse das médias históricas de cada índice para cada município, procedeu-se à análise estatística dos dados, com obtenção de parâmetros específicos da estatística descritiva como média, valor máximo, valor mínimo e desvio padrão. Essas informações estatísticas foram plotadas em diagramas de caixa, também conhecidos como boxplot, por intermédio do uso do programa computacional de uso livre BioEstat®, versão 5.3 (AYRES et al., 2007).

Para se visualizar a espacialização dos valores médios históricos de incidência de inconformidade das amostras, foram criados três mapas temáticos, uma para cada parâmetro de qualidade da água tratada estudado: cloro residual, turbidez e coliformes totais. A elaboração dos mapas foi realizada no software multiplataforma de Sistema de Informações Geográficas QGIS®, versão 3.10.3, o qual é de uso gratuito e tem código-fonte aberto.

Resultados e discussão

Dos 3.570 valores de incidência das análises fora do padrão possíveis de obtenção, abrangidos pelos 17 anos e 70 municípios da presente pesquisa, o banco de dados Série Histórica apresentou disponibilidade de 2.791. O único município que não apresentou nenhum dado das incidências de amostras fora do padrão de potabilidade para cloro residual, turbidez ou coliformes totais foi Barro Preto, pertencente à microrregião de Ilhéus-Itabuna. Ademais, observou-se que os anos de 2002 a 2004 apresentaram significativa ausência de dados para muitos dos municípios da mesorregião Sul Baiano.

Todos os 70 municípios apresentaram em algum ano valores não nulos para os percentuais de incidência de amostras de água tratada fora do padrão de potabilidade para os parâmetros estudados pela presente pesquisa, à exceção do município de Taperoá, pertencente à microrregião de Valença, o qual apresentou incidência de 0,00% de amostras fora do padrão para coliformes totais para os anos de 2009 a 2018, sendo que este município não apresentou dados das incidências anteriores ao ano de 2009. Em contrapartida, todos os seus 10 dados de incidência de amostras fora do padrão para cloro residual resultaram em valores não nulos, com média histórica anual de 40,33% e valor máximo de 68,63%.

Outro município que pode ser considerado como um outlier, isto é: um valor sobremaneira atípico dentro de uma série de dados, consistindo numa observação que em muito se afasta das demais (BONAMENTE, 2017) é Jussari, da microrregião Ilhéus-Itabuna, visto que este município possui dados de apenas quatro anos para os três parâmetros de qualidade: 2012, 2013, 2017 e 2018 e dos 12 valores preenchidos, 8 possuem índice de 100%. Ou seja: todas as amostras abrangidas por esses oito índices apresentaram inconformidade

perante às exigências do padrão de potabilidade para cloro residual, turbidez e coliformes totais.

Em relação ao panorama médio dos municípios da mesorregião, observa-se a ocorrência de valores muito baixos dos percentuais de amostras de água tratada que tiveram seus resultados fora das exigências do Anexo XX da Portaria N.º 05/2017 do Ministério da Saúde para os padrões de qualidade estudados pela presente pesquisa. Os valores médios de toda mesorregião, abrangendo dados de 2002 a 2018 de todos os 70 municípios, foram de 1,82%; 3,22% e 1,93%, para os parâmetros de cloro residual, turbidez e coliformes totais, respectivamente. Tais valores sobremaneira baixos evidenciam que, em média, não se tem grande quantidade percentual de amostras fora do padrão de potabilidade, para os parâmetros de qualidade abrangidos pelo presente estudo. Assim, para tais parâmetros, a água com a qual a população dos municípios da mesorregião Sul Baiano é abastecida não apresentou grande inconformidade com a legislação, no período analisado.

Além dos já discutidos valores médios de toda mesorregião, na Tabela 1 são apresentados os demais resultados da análise de estatística descritiva para os municípios estudados pela presente pesquisa.

Tabela 1. Resultados de estatística descritiva para valores percentuais de incidências de amostras fora do padrão de potabilidade para municípios da mesorregião Sul Baiano entre 2002 e 2018

	Cloro residual, %	Turbidez, %	Coliformes totais, %
Média histórica	1,82	3,22	1,93
Valor mínimo	0,01	0,16	0,00
Valor máximo	52,50	100,00	58,33
Desvio padrão	7,86	11,92	6,95

Fonte: elaboração dos autores.

Pode-se observar que há grande variação dos valores máximos e mínimos das incidências de inconformidade das amostras para os parâmetros de qualidade da água. Isso se deve principalmente ao fato de haver poucos municípios que apresentaram valores sobremaneira dissonantes do restante da série histórica. Conforme abordado anteriormente, dois desses municípios que apresentam outliers foram Jussari e Taperoá.

Caso esses municípios com dados atípicos sejam excluídos da série de dados, observa-se uma maior consistência dos dados municipais da mesorregião, conforme se apresenta em forma de diagramas de caixa na Figura 2. Esse diagrama, também conhecido como boxplot apresenta os quartis nas áreas em cinza, os valores máximo e mínimo nas barras verticais e a mediana, representada pelo segmento horizontal inserido na área hachurada, para a série de dados com exclusão dos outliers.

É sobremaneira importante atentar-se para a baixa quantidade relativa de amostras com resultados em discordância dos parâmetros de cloro residual, turbidez e coliformes fecais para os

municípios da mesorregião Sul Baiano, excluídos os outliers. Assim, pode-se observar que sem os municípios que apresentaram valores atípicos das incidências analisadas, os valores máximos da mesorregião para cloro residual, turbidez e coliformes fecais são de, respectivamente, 3,68%; 7,18% e 4,55%. Ademais, as incidências médias de conformidade para a mesorregião sem os outliers e para o período analisado (2002 a 2018) são de 99,51%; 98,20% e 98,88%, para cloro residual, turbidez e coliformes fecais, respectivamente.

A inexistência de eventuais inconsistências dos dados de incidência de inconformidade é outro fator relevante. Como cada incidência dessa é a razão entre a quantidade de amostras fora do parâmetro de potabilidade pela quantidade total de amostras analisadas no ano, seu valor só pode variar entre 0 e 100%, conforme já abordado. Caso se encontrasse na série de dados analisada qualquer valor acima de 100% seria uma inconsistência, pois representaria uma situação impossível de se obter.

Desta forma, por não apresentar inconsistência, os valores de incidência de amostras fora do padrão de potabilidade podem ser utilizados

em pesquisas, estudos de planejamento ou em programas computacionais específicos, como o software desenvolvido por Brentan et al. (2018). Esses autores utilizaram índices semelhantes aos utilizados pela presente pesquisa, codificados no banco de dados Série Histórica do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento por IN079_AE, IN080_AE e IN085_AE, além de outros similares, para desenvolver um sistema automatizado de classificação para identificar principais déficits quanto aos indicadores de qualidade do abastecimento de água, visando subsidiar estudos de estratégias de melhorias e adequações desse componente do saneamento básico. Ademais, a incidência de amostras fora do padrão coliformes (IN084_AE), utilizada pela presente pesquisa, foi usada também por Arruda et al. (2019) para analisar a relação de aspectos sanitários com a ocorrência de casos de doenças diarreicas agudas na região do Alto Tietê, estado de São Paulo.

As distribuições espaciais dos valores de incidência de amostras fora do padrão de potabilidade brasileiro para todos os municípios da

mesorregião Sul Baiano estão apresentadas na Figura 3 para cloro residual, na Figura 4 para turbidez e na Figura 5 para coliformes totais. Em todas essas figuras, utilizou-se WGS 84 como sistema de referência de coordenadas.

Pela análise das Figuras 3 a 5, pode-se perceber, novamente, a grande variabilidade dos valores de incidência de amostras fora do padrão para os parâmetros analisados, evidenciada pelos intervalos das classes das legendas, e que não há nítida influência de ordenamento quanto à distribuição espacial desses valores pelos municípios abrangidos pela presente pesquisa. De toda forma, como nos mapas predominam as cores referentes às classes de menores incidências de inconformidade, é corroborado o fato de que, em geral, os municípios da mesorregião Sul Baiano não apresentaram grandes problemas de inconformidade da qualidade da sua água de abastecimento público para cloro residual, turbidez e coliformes totais, entre os anos de 2002 e 2018.

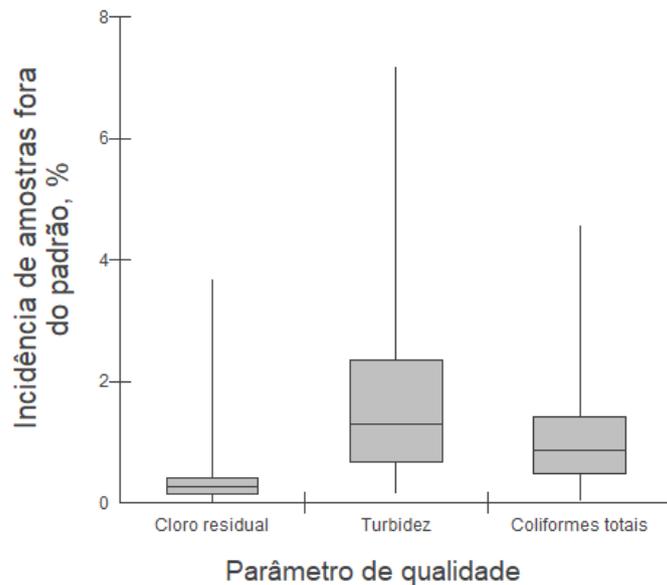


Figura 2. Diagramas de caixa do percentual de incidência média de amostras fora do padrão de potabilidade para cloro residual, turbidez e coliformes totais.

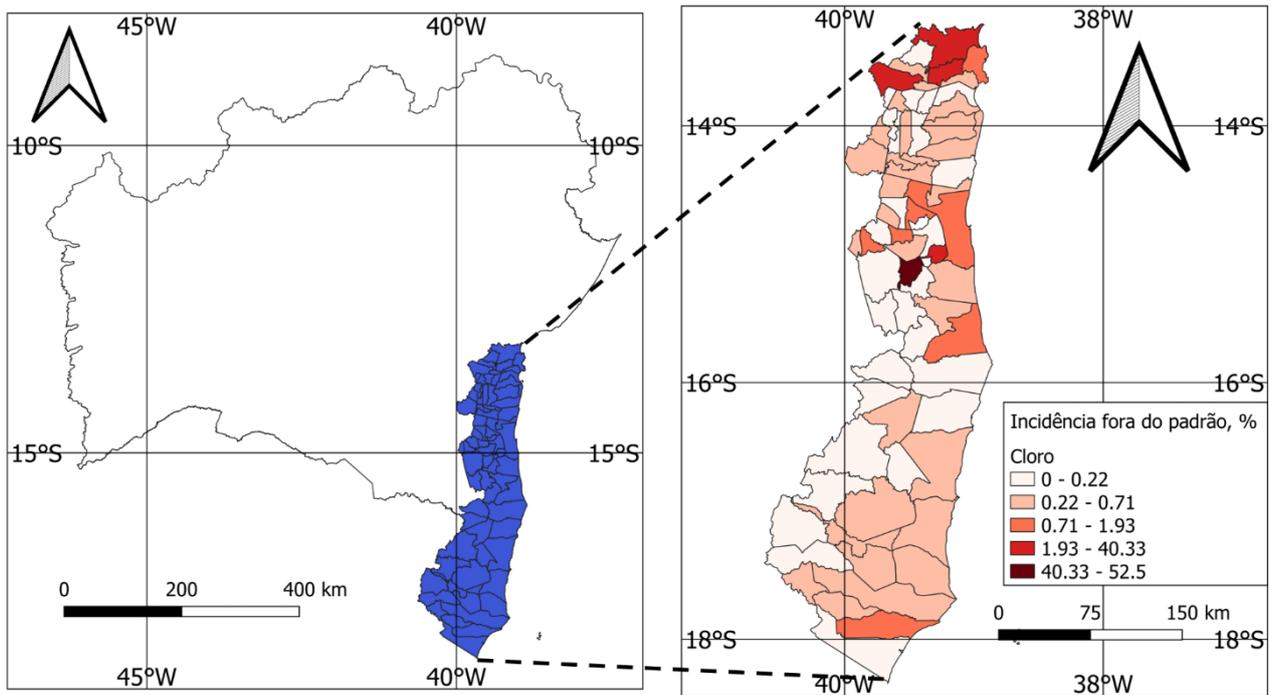


Figura 3. Distribuição espacial da incidência média de amostras fora do padrão de potabilidade para cloro residual. Fonte: elaboração dos autores, com base cartográfica extraída de IGEO (2020).

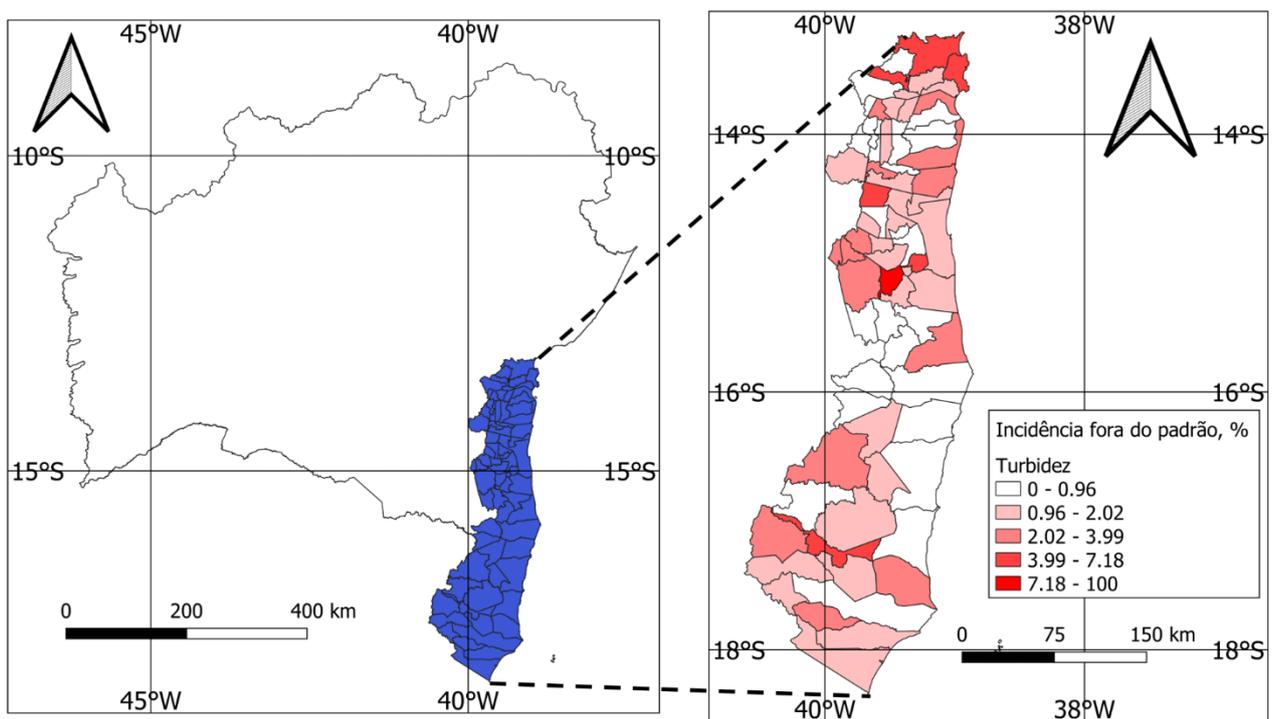


Figura 4. Distribuição espacial da incidência média de amostras fora do padrão de potabilidade para turbidez. Fonte: elaboração dos autores, com base cartográfica extraída de IGEO (2020).

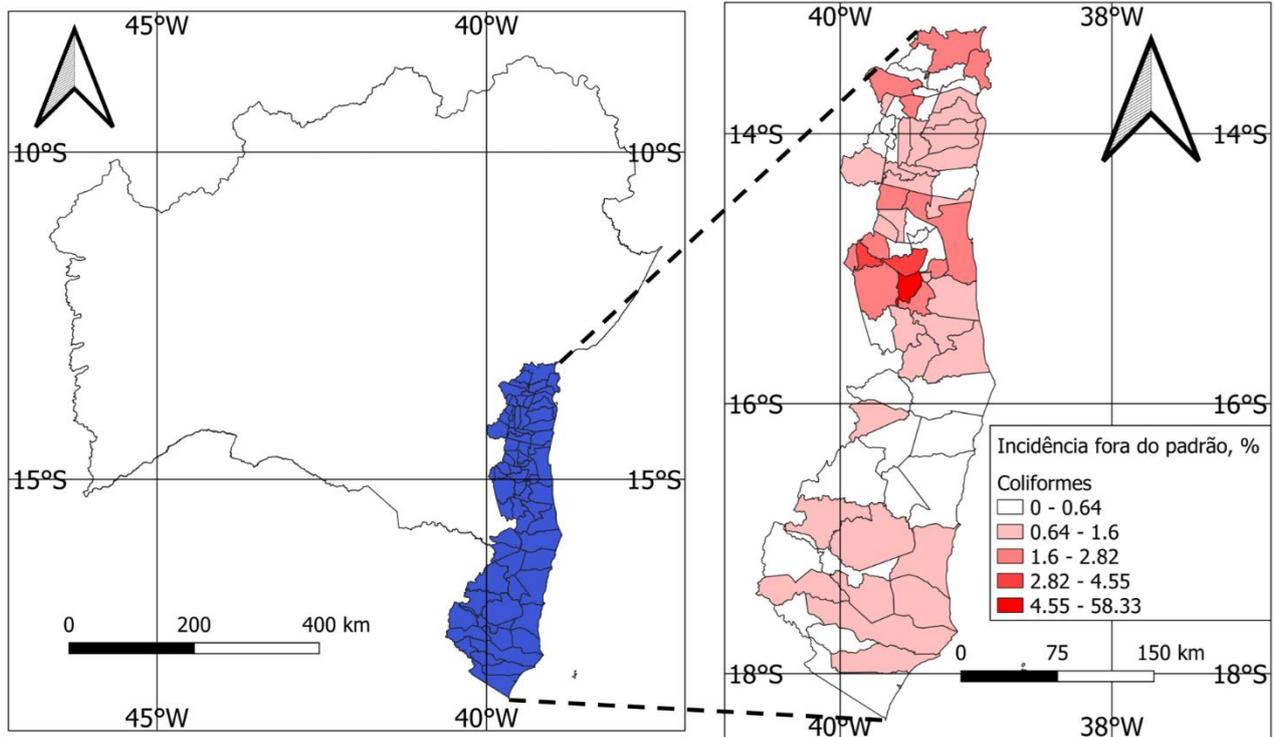


Figura 5. Distribuição espacial da incidência média de amostras fora do padrão de potabilidade para coliformes totais. Fonte: elaboração dos autores, com base cartográfica extraída de IGEO (2020).

Conclusão

Dos 70 municípios integrantes da mesorregião Sul Baiano, apenas um não apresentou dados numéricos de incidência de amostras de água tratada fora do padrão de potabilidade para cloro residual, turbidez e coliformes totais entre os anos de 2002 e 2018. Ademais, os municípios de Jussari e Taperoá apresentaram dados sobremaneira atípicos em relação à totalidade da série. Ainda que haja grande variação dos valores percentuais de inconformidade das amostras para os parâmetros analisados, os valores médios históricos da mesorregião ficaram entre 1,82% e 3,22%, evidenciando que há elevado grau de conformidade dos tratamentos de água realizados pelas companhias responsáveis pelo serviço de abastecimento de água na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (PRPGI/IFBA) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) pela concessão da bolsa de pesquisa.

Referências

ARRUDA, R. O. M.; DE SOUZA, P. C.; ROSINI, E. F.; AZEVEDO, F. D. Ocorrência de casos de doenças diarreicas agudas e sua relação com os aspectos sanitários na região do alto Tietê, São Paulo. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*,

v. 15, n. 34, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia153449903>.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A.S. *BioEstat*. Belém: Instituto Mamiraua, 2007.

BONAMENTE, M. *Statistics and Analysis of Scientific Data*. 2a ed., New York: Springer, 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília: DOU, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. *Diário Oficial da União*. Brasília: DOU, 2017.

BRENTAN, B. M.; LIMA, G. M.; LUVIZOTTO JUNIOR, E.; IZQUIERDO, J. Hybrid SOM+k-Means clustering to improve planning, operation and management in water distribution systems. *Environmental Modelling & Software*, v. 106, p. 77-88, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.02.013>.

- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 06 mai. 2020.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas. Brasília: IBGE, 1990.
- IGEO - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UFBA. Shapes Estado. Disponível em: <http://www.twiki.ufba.br/twiki/bin/view/IGeo/ShapesEstado>. Acesso em: 06 mai. 2020.
- SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Abastecimento de Águas – 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>. Acesso em: 06 mai. 2020a.
- SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Série Histórica. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 06 mai. 2020b.
- VIANNA, M. R. Hidráulica Aplicada às Estações de Tratamento de Água. 6a ed., Belo Horizonte: Editora 3i, 2019.
- VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 4a ed., Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014