

Avaliação e comparação dos parâmetros físico-químicos de águas distribuídas para o consumo humano

Evaluation and comparison of physical and chemical parameters of water distributed for human consumption

Kálita Oliveira Lisboa¹, Desirée Mata de Sousa¹, Isabela Perin Sarmiento¹, Rebecca Perin Sarmiento¹, Luciana Vieira Queiroz Labre².

1. Discente do curso de medicina – Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Goiás, Brasil.

2. Docente do curso de medicina – Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Goiás, Brasil.

Resumo

A água empregada para a distribuição pública é findável, já que menos de 1% da água da Terra é capaz de ser usada para consumo humano. Para garantir o direito à água e evitar riscos à saúde é indispensável um controle na qualidade da composição deste produto ofertado para consumo humano por parte dos órgãos responsáveis com a finalidade de averiguar e cumprir as normas estabelecidas pela legislação. **Objetivo:** Sendo assim, o objetivo do presente estudo é verificar e analisar os resultados obtidos em literaturas especializadas que averiguaram as características físico-químicas e microbiológicas das águas distribuídas para o consumo humano em diversas localidades do Brasil, comparando os resultados com os padrões de potabilidade definidos pelas normas vigentes. **Metodologia:** Para isso, foi feita uma revisão integrativa de literatura e foram selecionados artigos originais das bases PubMed, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (LILACS) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) com base nos critérios de inclusão e exclusão. **Resultados:** 86,2% desses estudos analisados demonstraram pelo menos um parâmetro das análises avaliadas em inconformidade com os padrões vigentes na atualidade além da forte presença de coliformes na maioria das amostras. **Conclusão:** Desse modo, faz-se necessária uma fiscalização mais efetiva por parte dos órgãos responsáveis para o melhoramento dos recursos hídricos.

Abstract

The water used for public distribution is feasible, since less than 1% of the Earth's water is capable of being used for human consumption. In order to guarantee the right to water and avoid health risks, it is essential to control the quality of the composition of this product offered for human consumption by the responsible bodies in order to ascertain and comply with the rules established by legislation. **Objective:** Therefore, the objective of the present study is to verify and analyze the results obtained in specialized literature that investigated the physical-chemical and microbiological characteristics of the water distributed for human consumption in several locations in Brazil, comparing the results with the drinking standards defined by current rules. **Methods:** To this end, an integrative literature review was carried out and original articles were selected from the bases PubMed, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Latin American and Caribbean Literature on Health Sciences Information (LILACS) and Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) based on the inclusion and exclusion criteria. **Results:** 86.2% of these studies analyzed demonstrated at least one parameter of the analyzes evaluated in non-compliance with current standards, in addition to the strong presence of coliforms in most samples. **Conclusions:** Thus, it is necessary to have a more effective inspection by the bodies responsible for the improvement of water resources.

Palavras-chave:

Processos Físico-Químicos. Análise Microbiológica. Água Potável. Abastecimento de Água para Consumo Humano. Água para Consumo Humano.

Keyword:

Physical-Chemical Processes. Microbiological analysis. Potable water. Water Supply for Human Consumption. Water for Human Consumption.

*Correspondência para/ Correspondence to:

Kálita Oliveira Lisboa: kalitalisboa7@gmail.com

INTRODUÇÃO

Na atualidade, um dos recursos ambientais mais inestimáveis e escassos da humanidade é a água. A utilização racional e a conservação dos recursos da água doce necessitam serem metas preferenciais para a sociedade moderna, uma vez que os fenômenos naturais e a atuação do homem como a acentuada emissão de poluentes e arremesso de efluentes interferem na característica da água^{1,2}. A água dispõe de uma função fundamental para todos os seres vivos, por isso deve ser obtida por meio de fontes de abastecimentos em que se pode confiar, quando destinada ao consumo humano^{3,4}.

Sendo assim, as águas designadas para consumo humano têm que exibir parâmetros de qualidade com valores estabelecidos por órgãos governamentais. Esses parâmetros são condutividade, cor, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, fluoreto, concentração de oxigênio, alumínio (Al), cloreto (Cl), nitrato (NO₃), oxigênio consumido, chumbo (Pb), zinco (Zn), sódio (Na), manganês (Mn), ferro (Fe) entre outros, com características específicas que possibilitam atestar a qualidade da água⁵.

Além disso, é necessário existir parâmetros acerca da contaminação e seu indicador básico é a presença de microrganismos, como *Escherichia coli* (*E. coli*), coliformes totais (termotolerantes), *Pseudomonas aeruginosa* e clostrídios sulfito redutores. Esses indicadores são empregues para qualificar as águas em todas as etapas do processo (desde a captação até a distribuição

e disponibilização aos consumidores). Os coliformes totais são analisados para verificar as condições de higiene e limpeza e os coliformes termotolerantes são microrganismos indicativos de contaminação fecal, neste último grupo, a *E. coli* é a mais representativa^{6,7}.

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), a água para consumo humano não deve conter microrganismos patogênicos e deve estar livre de bactérias do grupo coliforme, uma vez que existem múltiplos tipos de doenças que podem ser ocasionadas pela ingestão de água contaminada, denominada doenças de veiculação hídrica. Muitas dessas doenças causam diarreia, hepatite A, rotavírus, giardíase, amebíase, entre outras. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 80% das diarreias agudas no mundo estão relacionadas ao uso de água imprópria para consumo e estes casos resultam em 1,5 milhão de mortes a cada ano, afetando principalmente crianças menores de cinco anos, devido à desidratação^{3,7,8}.

Além dos microrganismos, alterações nos padrões físico-químicos também podem acarretar em prejuízos para o ser humano. Por exemplo, a ingestão do íon fluoreto por meio da água apesar de ser uma das formas mais eficiente e coletiva para a prevenção de cáries, quando feita em quantidades acima de 2 mg/L é considerada inadequada para lactentes e crianças com até 7 anos de idade, podendo acarretar o surgimento de fluorose dental e óssea. Sendo

assim, no momento em que a água possui alteração em suas propriedades físico-químicas e/ou microbiológicas, configura-se um quadro de risco para os consumidores^{4,6}.

Atualmente a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 182, de 13 de outubro de 2017 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, dispõe tanto sobre as boas práticas para industrialização, distribuição e comercialização de água adicionada de sais visando garantir sua qualidade higiênico-sanitária e a proteção à saúde da população quanto sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade^{9,10}.

Sendo assim, o atual estudo tem como objetivo verificar e analisar os resultados obtidos em literaturas especializadas que averiguaram as características físico-químicas e microbiológicas das águas distribuídas para o consumo humano em diversas localidades do Brasil, comparando os resultados com os padrões de potabilidade definidos pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 e pela Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 182, de 13 de outubro de 2017 do Ministério da Saúde e verificando se a água distribuída atende aos padrões de potabilidade exigidos pelo órgão fiscalizador^{9,10}.

METODOLOGIA

Estratégia de busca

Para responder à questão norteadora “As águas distribuídas e disponíveis para consumo humano no Brasil estão de acordo com as normas vigentes e aptas para a ingestão?” foi feita uma revisão de literatura nas bases de dados: PubMed, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (LILACS) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), utilizando como descritores primários “Análise da Água” e “Água para o Consumo Humano”, e como descritores secundários “Análise Físico-Química” e “Análise Microbiológica” – os descritores foram selecionados baseado no Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) assim como seus correspondentes em inglês. Após busca, 605 artigos foram encontrados e, dentre esses, foram selecionados artigos originais com base nos critérios de inclusão e exclusão. Títulos e resumos da pesquisa foram examinados, e os textos completos de relevantes artigos foram revisados. As pesquisas foram limitadas a artigos publicados em periódicos revisados por pares, em inglês ou português (línguas faladas pelos autores). A busca final foi realizada em agosto de 2020.

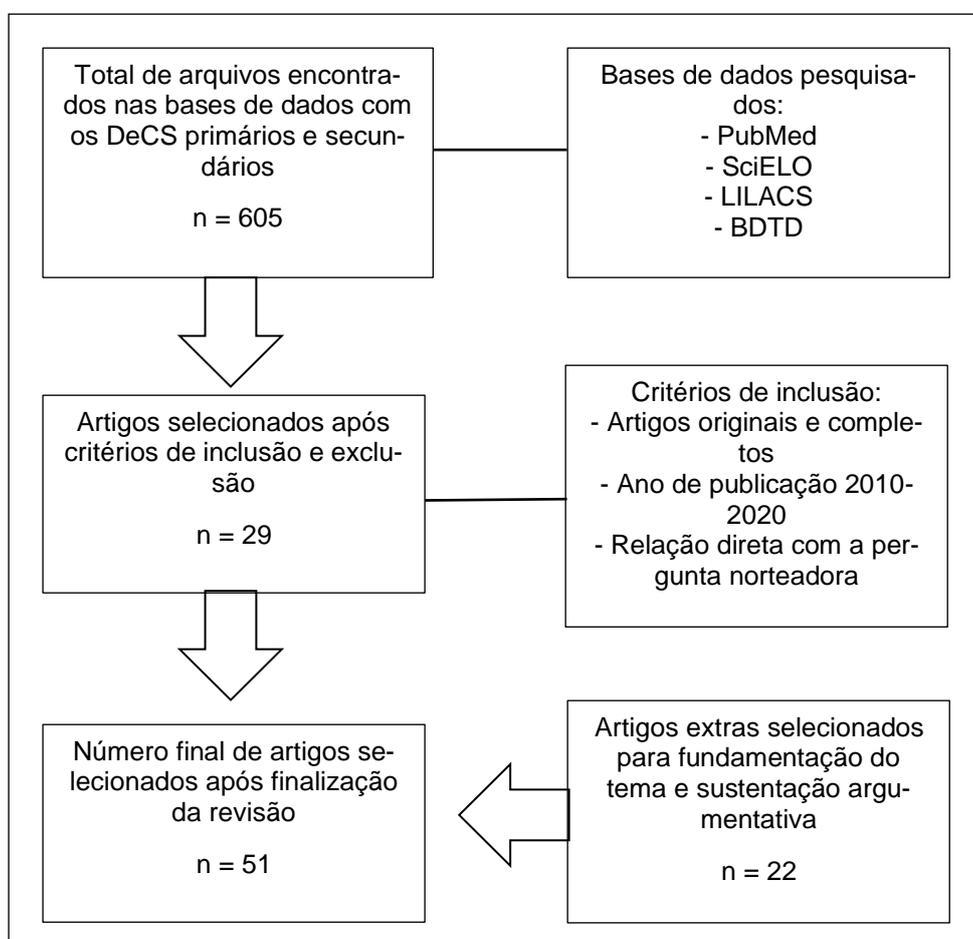
Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram revisados artigos que relataram dados sobre a associação entre os parâmetros físico-químicos e/ou microbiológicos na água disponível para consumo humano em diferentes regiões do Brasil. Os critérios de inclusão foram: artigos originais e completos tendo relação direta

ou indireta com o tema, nos idiomas inglês ou português, publicados em revistas indexadas nos anos de 2010 a 2020. Os critérios de exclusão foram: artigos em forma de revisões, artigos que não tinham relação com o tema, artigos publicados em datas anteriores a 2010 ou que analisam águas distribuídas em outros países que não o Brasil ou águas que não eram destinadas ao consumo humano. Nenhuma outra restrição foi colocada em: forma de distribuição da água (engarrafada, em bebedouros, sistema público de distribuição, entre outros), desenho do estudo ou

ambiente do estudo (zona urbana ou rural). A figura 1 exemplifica a metodologia. As características do estudo incluído contendo cidade e estado de realização da pesquisa, número de amostras utilizadas, tipo dessa amostra (água do sistema de distribuição, água engarrafada e comercializada, água de bacia hidrográfica ou água subterrânea), local de sua coleta (torneiras, garrafas, poços artesianos, entre outros) e os resultados foram listados no Quadro 1.

Figura 01. Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho



Quadro 1. Características dos estudos elegíveis

REFERÊNCIA	LOCALIZAÇÃO	Nº AMOSTRAS	TIPO DA AMOSTRA	COLETA	RESULTADOS
Motta; Neumann, 2020 ¹¹	Itabira (MG)	144	Água do sistema de distribuição	Torneira	Inadequada para consumo
de Almeida et al., 2020 ¹²	Belém (PA)	120	Água engarrafada e comercializada	Garrafa de 500ml	Adequada para consumo
Handam et al., 2020 ¹³	Rio de Janeiro (RJ)	231	Água do sistema de distribuição	Torneira, filtro e água engarrafada	90% inadequada para consumo
Palmeira et al., 2019 ¹⁴	38 cidades de São Paulo (SP)	2.897	Água do sistema de distribuição	Torneira	20% inadequada para consumo
Leite; Oliva, 2019 ¹⁵	Baião (PA)	02	Água subterrânea	Poço e torneira	Inadequada para consumo
Nunes et al., 2018 ¹⁶	São Mateus (ES)	166	Água do sistema de distribuição	Torneira	Inadequada para consumo
Grott et al., 2018 ¹⁷	Macapá (AP)	52	Água subterrânea	Poço e torneira	Inadequada para consumo
Norete; Correia; São José, 2018 ¹⁸	Vila Velha (ES)	12	Água do sistema de distribuição	Torneira	Adequada para consumo
da Silva et al., 2018 ¹⁹	Araçatuba (SP)	75	Água do sistema de distribuição	Poço, cavalete, torneira e bebedouro	12% inadequada para consumo
Meira; Silva; Fortuna, 2018 ²⁰	Teixeira de Freitas (BA)	32	Água do sistema de distribuição	Torneira e bebedouro	Inadequada para consumo
Silva et al., 2018 ²¹	Camocim de São Félix (PE)	72	Água subterrânea	Poço artesiano e reservatórios	Inadequada para consumo
Vargas et al., 2018 ²²	Guarulhos (SP)	30	Água da bacia hidrográfica	Diretamente do Ribeirão	Inadequada para consumo
Chagas et al., 2017 ²³	Erechim (RS)	96	Água do sistema de distribuição	Diretamente dos rios	Inadequada para consumo
Mendonça et al., 2017 ²⁴	Caruaru (PE)	10	Água subterrânea	Caminhão-pipa	Inadequada para consumo
Handam, 2016 ²⁵	Rio de Janeiro (RJ)	19	Água do sistema de distribuição	Torneira, filtro e água comercializada	Inadequada para consumo
Sanches et al., 2015 ²⁶	Uberaba (MG)	32	Água do sistema de distribuição	Torneira e bebedouro	Inadequada para consumo
de Oliveira; Lacerda, 2015 ²⁷	São Luís (MA)	30	Água do sistema de distribuição	Bebedouro	Inadequada para consumo
Silva; Pontes; Barbosa, 2014 ²⁸	Catalão (GO)	216	Água do sistema de distribuição	Torneira	Adequada para consumo
Fonseca et al., 2014 ²⁹	37 cidades do Maranhão (MA)	484	Água subterrânea	Poço	Inadequada para consumo
Paula et al., 2013 ³⁰	Alfenas (MG)	57	Água do sistema de distribuição	Torneira	Inadequada para consumo
da Silva et al., 2013 ³¹	Raposa (MA)	80	Água do sistema de distribuição	Torneira	Inadequada para consumo
Scorsafava et al., 2013 ³²	Região do Vale do Ribeira (SP)	1.254	Água do sistema de distribuição	Torneira	46% inadequada para consumo
Valerio et al., 2013 ³³	Toledo (PR)	04	Água do sistema de distribuição	Torneira	Adequada para consumo
Damiani et al., 2013 ³⁴	Goiânia (GO)	15 por bebedouro	Água do sistema de distribuição	Bebedouro	Adequada para consumo
Buzelli; da Cunha-Santino, 2013 ³⁵	Barra Bonita (SP)	02	Água do reservatório	Reservatório	Adequada para consumo
Cunha et al., 2012 ⁶	Macapá (AP)	150	Água engarrafada e comercializada	Garrafão de 20L	Inadequada para consumo
Chaves et al., 2012 ³⁶	22 cidades do Maranhão (MA)	104	Água subterrânea	Torneira	Inadequada para consumo
Santos et al., 2010 ³⁷	Goiânia (GO)	37	Água do sistema de distribuição	Água bruta do rio e ribeirão e ETA	Inadequada para consumo
Scorsafava et al., 2010 ³⁸	100 cidades de São Paulo (SP)	1.759	Água do sistema de distribuição	Poço e mina	Inadequada para consumo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados 29 artigos originais, publicados de 2010 a 2020, que se relacionam diretamente com a pergunta norteadora. Dentre esses, 25 artigos demonstraram pelo menos um parâmetro avaliado em inconformidade com os padrões vigentes na atualidade enquanto 04 artigos demonstraram que a água está apta para o consumo humano e dentro das normas estabelecidas pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 e pela Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 182, de 13 de outubro de 2017 do Ministério da Saúde (Tabela 2).

De todos os estudos analisados, aproximadamente 72% deles demonstraram alguma taxa de contaminação da água por bactérias. A *Escherichia coli* é uma bactéria comprovadamente de origem fecal, oriunda dos excrementos humanos e de animais, bastante empregada na avaliação dos níveis de contaminação da água subterrânea e dos riscos relacionados à saúde pública^{39,40}. Foi constatado que a contaminação pode acontecer no transcorrer da captação de água no sistema público e além disso, a contaminação também está relacionada à má condição higiênica na tubulação e do reservatório, além da ausência de assistência nos filtros e bebedouros^{41,42}. À medida que o refil do filtro não é adequadamente trocado ou quando a água que está sendo filtrada possui uma péssima qualidade, a filtragem pode ser ineficiente, possibilitando a passagem dos microrganismos¹³. Já a contaminação da água engarrafada pode advir da fonte, do

contêiner ou do transporte e do armazenamento. Quando o recipiente é selado de forma inadequada e a temperatura ambiente é alta, essas condições propiciam a passagem de oxigênio, contribuindo com a entrada e proliferação de bactérias na água, bem como a liberação de nutrientes do plástico⁴³.

Como a característica estrutural do sistema de distribuição é essencial para a produção de água potável, a compreensão sobre a ecologia do bioindicador (*E. coli*) tem de ser estimada no planejamento de ações para proteger a fonte. Desta maneira, recentes pesquisas revelaram que a *E. coli* pode permanecer viva por um longo intervalo de tempo no solo, areia, sedimentos e água, em climas tropicais, subtropicais e temperados, o que torna mais fácil sua propagação nos sistemas de abastecimento de água⁴⁴. A legislação brasileira determina como parâmetro a ausência de coliformes totais em 100 mL de água potável. Por conseguinte, como a maioria dos resultados determinaram a forte presença de coliformes nas amostras de água coletadas pelos diversos pesquisadores, o consumo destas águas está comprometido em razão do risco à saúde que ela apresenta devido a presença de coliformes, levando em consideração que a determinação desta concentração exhibe importância como parâmetro indicador da probabilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica^{10,45}.

No que tange às bactérias heterotróficas, esta análise não é um parâmetro imposto

pela legislação brasileira referente à potabilidade de água para consumo humano, ainda assim viabiliza a análise da qualidade da água empregada tanto para cozimento dos alimentos quanto para limpeza de mãos, de superfícies e dos alimentos. Conforme a Portaria 2.914/2011, modificações inesperadas ou acima do normal na contagem de bactérias heterotróficas carecem de investigação para identificação de falta de regularidade e providências devem ser tomadas para recompor a integridade do sistema de distribuição, sendo conveniente que não se ultrapasse 500 UFC/mL¹⁰.

Os parâmetros cor e turbidez são indicadores do aparecimento de sólidos dissolvidos em suspensão ou material em estado coloidal (biológico ou mineral); no entanto várias vezes eles são capazes de se associarem com a alta concentração de ferro. O ferro pode ser oriundo tanto da má condição da bomba do poço quanto da própria natureza das rochas, com a sua dissolução pelo gás carbônico da água. A cor na água, nesta circunstância, produz uma repercussão estética, pois pode ocasionar manchas nas roupas e utensílios, alterar o transformar da mesma e originar adversidades como depósitos em tubulações^{38,42}.

No Brasil, é normal encontrar águas com elevadas proporções de ferro, em especial, aquelas encontradas em terrenos antigos e aluviões⁴⁶. As perturbações subsequentes da corrosividade da água podem ser de natureza sanitária, organoléptica e/ou econômica. Os de natu-

reza sanitária derivam do fato da água ter chances de se contaminar com a dissolução de metais danosos a saúde humana, em taxas além dos limites convencionados pelos padrões de potabilidade. Já os problemas organolépticos remetem-se ao aspecto visual desagradável e ao sabor propiciados pela presença de compostos de ferro, de manganês, de cobre, de zinco e de cálcio, resultantes da corrosão de peças, tubos e reservatórios metálicos⁴⁷. Além de hemocromatose, que se qualifica pelo depósito de ferro nos tecidos de órgãos podendo intoxicá-los, levando a doenças como câncer, batimento cardíaco irregular e cirrose do fígado. O consumo excessivo deste metal pode instigar a deposição em canalizações e ferrobactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L, pela Portaria nº 2.914/2011^{10,38}.

O íon cloreto está correlacionado ao lançamento de efluentes domésticos e industriais e também podem se originar da dissolução de minerais e da intrusão de água do mar. O padrão de potabilidade descrito na Portaria nº 2.914/2011 e na Resolução nº 396/2008 tem como valor máximo permitido 250 mg/L. O elevado acúmulo de cloreto causa um sabor desagradável na água e pode acarretar efeitos laxantes nos indivíduos^{10,45,47,48}. A presença do Mn na água potável configura riscos à saúde pública. Na concentração de 0,4 mg/L de Mn é possível sucederem manchas em louças sanitárias e roupas, além de

gosto detestável em bebidas. O limite aceitável para consumo no Brasil é de 0,1 mg/L, conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 396/2008 e a Portaria nº 2.914/2011^{10,45,49}.

A legislação brasileira fixa como padrão de potabilidade das águas o limite de 10 mg/L de nitrato. O nitrato é tóxico aos seres humanos e se consumido em abundância é capaz de acarretar a metahemoglobinemia infantil mais conhecida por “doença do sangue azul” dos bebês. Além disso, ele também pode ser transformado em nitrosaminas e nitrosamidas, ambas carcinogênicas^{10,38,45,50}. Efluentes de indústrias químicas, siderúrgicas, farmacêuticas, alimentícias, frigoríficos e matadouros são capazes de contribuir com descargas de nitrogênio. Nas áreas agrícolas, pode existir escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados, e, nas áreas urbanas, as águas pluviais conseguem conduzir alguma fonte de nitrogênio relativa à deficiência de limpeza pública⁴².

A acidez da água ocorre sobretudo pela influência do dióxido de carbono livre na água, que pode seguir-se da deterioração de matéria orgânica da contaminação de esgotos e lixões industriais¹³. Para a saúde humana, a água com pH ácido consegue suscitar irritação na pele ou nos olhos das pessoas que entram em contato⁵¹. Ademais, se ingerido por um longo período, de dez a vinte anos, tem potencialidade para promover problemas gástricos, como gastrite, úlceras e câncer de estômago⁴⁸. Embora a regra administrativa nº 2.914/2011 indique que o pH da

água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição, o valor ideal para desinfecção com derivados clorados é 8,0, visto que nesse valor há uma disponibilidade de ácido hipocloroso em torno de 35%. Quando o pH assume valores de 8,5; 9,0 e 9,5; o ácido hipocloroso fica disponível nas respectivas porcentagens de 12%, 5% e 2%, o que é exíguo para o processo de desinfecção¹².

Sendo assim, a maioria dos resultados de amostras de águas analisadas não atende aos padrões de qualidade, tanto amostras coletadas de poços, torneiras, filtros e garrafas comercializadas, quanto amostras coletadas diretamente do sistema de distribuição demonstrando que a água fornecida às residências nos territórios analisados não é confiável e requer cuidados para eliminar contaminantes para consumo humano, principalmente para beber e lavar alimentos, a fim de evitar possíveis problemas de saúde, como doenças diarreicas.

Tabela 2. Resultados dos estudos analisados

REFERÊNCIAS	PARÂMETROS PESQUISADOS	PARÂMETROS ALTERADOS	CONCLUSÕES
Motta; Neumann, 2020 ¹¹	Turbidez, coliformes totais, E. coli e pH	Turbidez insatisfatória, presença de coliformes totais e E. coli	Água imprópria para consumo
de Almeida et al., 2020 ¹²	Salinidade, temperatura, condutividade, pH, Eh, Ag, Al, B, Be, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Na	pH ácido (média de 4,42)	Os parâmetros estudados estão em conformidade com a legislação vigente, com exceção do pH
Handam et al., 2020 ¹³	Turbidez, pH, cloro residual livre, alcalinidade total, dureza total, nitrogênio, NH ₃ , nitrato, cloreto, condutividade, sulfato, sólidos totais dissolvidos (STD), coliformes totais e E. coli	pH ácido em 85% das amostras, cloreto 1,14 vezes maior que o valor máximo permitido (VMP), 73% e 69% (água de filtro e água da torneira) excedem os limites de coliformes totais e E. coli	90% das águas consumidas no território excedem os limites dos padrões de qualidade da água potável e estão impróprias para o consumo humano
Palmeira et al., 2019 ¹⁴	Resíduos livres, Cl, pH, cor aparente, turbidez, F, NO ₃ , presença de coliformes totais e E. coli	Flúor abaixo ou acima do valor permitido dependendo da amostra, presença de coliformes e algumas amostras com alta concentração de nitrato	Aproximadamente 20% das amostras de água foram insatisfatórias apresentando riscos potenciais para a saúde humana
Leite; Oliva, 2019 ¹⁵	pH, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido (OD), STD, coliformes totais e termotolerantes	Forte presença de coliformes totais e termotolerantes em algumas amostras e pH abaixo do nível recomendado	A referida água é inadequada para o consumo
Nunes et al., 2018 ¹⁶	pH, cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e E. coli	Alto grau de contaminação microbiológica e cloro residual reduzido nas amostras	Água de baixa qualidade e fora das normas vigentes
Grott et al., 2018 ¹⁷	pH, turbidez, cor, Fe, NO ₃ , Mn, Cl, NH ₃ , Al, coliformes totais, E. coli	Turbidez em algumas amostras fora do VMP, pH ácido, cloreto elevado, presença de coliformes totais e E. coli	As amostras analisadas apresentam qualidade e segurança insatisfatórias
Norete; Correia; São José, 2018 ¹⁸	Contagem de bactérias heterotróficas, coliformes totais e E. coli	30% apresentaram contagem total de bactérias acima de 500 UFC/mL	Resultados foram satisfatórios, pois a análise de bactérias heterotróficas não é um parâmetro exigido pela legislação brasileira
da Silva et al., 2018 ¹⁹	NO ₃ , coliformes totais e E. coli	Presença de coliformes totais e E. coli em algumas amostras	12% das amostras não atenderam aos padrões de potabilidade da água

Continua...

Continuação...

Meira; Silva; Fortuna, 2018 ²⁰	Coliformes totais e termotolerantes	34,4% estavam contaminadas por coliformes totais e 3,1% com presença de coliformes termotolerantes	Uma parcela significativa das amostras de água se apresentou contaminada, sendo insatisfatória para o consumo humano
Silva et al., 2018 ²¹	Concentrações de Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn	Concentrações de Cd, Ni e Pb superiores aos VMP indicados pela legislação	Fora dos padrões da legislação
Vargas et al., 2018 ²²	Temperatura, pH, turbidez, condutividade, P, E. coli e IET	Alto fósforo total e presença de E. coli causada por contaminação fecal	Imprópria para consumo humano
Chagas et al., 2017 ²³	pH, turbidez, DBO, condutividade, NO ₃ , temperatura, OD, parâmetros biológicos e microbiológicos	Algumas amostras apresentaram coliformes totais e fecais acima dos valores estabelecidos	Algumas amostras foram consideradas impróprias para consumo humano
Mendonça et al., 2017 ²⁴	Pseudomonas aeruginosa, coliformes (totais e termotolerantes), bactérias heterotróficas	Presença dos grupos bacterianos testados na maioria das amostras analisadas	A água não atende aos requisitos de potabilidade, sendo imprópria para o consumo
Handam, 2016 ²⁵	Coliformes totais, E. coli, análises parasitológicas, alcalinidade, dureza total, pH, Cl, NH ₃ , nitrito, cloretos, condutividade, STD, sulfato e turbidez	85% das amostras de água estavam com pH ácido, uma amostra estava imprópria quanto ao cloreto e várias amostras com níveis de E. coli acima do permitido	Em sua maioria, as condições sanitárias das matrizes ambientais estudadas não estavam próprias para a saúde humana
Sanches et al., 2015 ²⁶	Cloro residual livre, níveis de Cr, Cu, Mn, Pb, Cd, coliformes totais e E. coli	Presença de E. coli e coliformes totais acima dos VMP em mais de 50% das amostras. Teor de cloro abaixo do valor mínimo em quase metade das análises e algumas amostras com teores de cobre, cádmio, cromo, manganês e chumbo acima do permitido	Maioria das amostras se encontraram impróprias para o consumo humano e fora dos padrões recomendados
de Oliveira; Lacerda, 2015 ²⁷	Coliformes totais, E. coli, cloretos, dureza, alcalinidade, sólidos solúveis totais, condutividade, NaCl, turbidez e pH	30% apresentaram coliformes totais, e em uma, foi detectada E. coli. O pH estava abaixo dos padrões em 60% das amostras	As amostras de água analisadas estão fora dos padrões
Silva; Pontes; Barbosa, 2014 ²⁸	Turbidez, cloração e análise microbiológica (coliformes totais e E. coli)	7,87% das amostras apresentaram cloro abaixo do preconizado em legislação	Níveis satisfatórios de qualidade da água tratada

Continua...

Continuação...

Fonseca et al., 2014 ²⁹	Coliformes, E. coli, bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas, pH, dureza total, cloretos, turbidez, condutibilidade elétrica, alcalinidade, OD, Mn, Pb, ferro, Cu e Zn	28,9% apresentaram coliformes totais, 10,3% E. coli e 18,5% bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas. Algumas amostras tinham valor de dureza, cloretos, turbidez, manganês, cobre, ferro e chumbo acima dos VMP	As águas apresentam potencial de risco para a população comprovada através dos resultados das análises bacteriológicas e físico-químicas.
Paula et al., 2013 ³⁰	Aeróbios mesófilos, coliformes totais, E. coli, pH e Cl	17% das amostras de água apresentaram qualidade microbiológica insatisfatória	Algumas amostras se mostraram impróprias para o consumo humano
da Silva et al., 2013 ³¹	Coliformes totais e termotolerantes	A maioria das amostras estavam contaminadas	As amostras estavam fora dos padrões de potabilidade segundo a legislação vigente
Scorsafava et al., 2013 ³²	Ferro, turbidez, cor aparente, NO ₃ e fluoreto	42,7% em desacordo pelos níveis de fluoreto, 2,2% com turbidez, 6,1% ferro e 2,1%, com cor aparente acima dos VMP	46% das amostras estavam inadequadas para o consumo humano
Valerio et al., 2013 ³³	pH, condutividade elétrica, turbidez, acidez, temperatura, dureza, coliformes totais e termotolerantes	As amostras de água estão de acordo com os padrões preconizados pelos órgãos vigentes	As amostras estão dentro dos padrões de potabilidade para o consumo humano
Damiani et al., 2013 ³⁴	STD, dureza total, matéria orgânica, cloretos, turbidez, pH, NH ₃ , Cl, nitrito, NO ₃ e ferro	Baixo pH e elevado teor de ferro	As águas estavam de acordo com os limites estabelecidos com exceção do pH e do ferro
Buzelli; da Cunha-Santino, 2013 ³⁵	OD, condutividade elétrica, temperatura, turbidez, pH, STD, DBO ₅ , série nitrogenada e fosfatada, coliformes fecais e clorofila- α	Não houve alterações, apenas hipereutrofização	A qualidade da água analisada é boa e está dentro dos parâmetros estabelecidos
Cunha et al., 2012 ⁶	Turbidez, pH, NO ₃ , ferro, Mn, Al e fluoreto, coliformes totais e E. coli	pH baixo, flúor com concentrações próximas de zero, alumínio elevado e todas amostras tinham coliformes totais, mas E. coli foi registrado em apenas uma	As amostras não estavam em conformidade com a legislação
Chaves et al., 2012 ³⁶	Coliformes totais, E. coli, contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas, pH, dureza total, cloretos e turbidez	40,38% apresentaram coliformes totais, 11,53% E.coli e 13,46% mais de 500 UFC/mL. Dureza total, cloretos e turbidez estavam elevados em algumas amostras	Algumas amostras são impróprias pela contaminação bacteriológica, porém houve baixo percentual de amostras fora dos padrões dos parâmetros físico-químicos

Continua...

Continuação...

<i>Santos et al., 2010</i> ³⁷	<i>Concentração de coliformes, presença de Salmonella spp, temperatura, turbidez, cor, pH, alcalinidade, DBO, CT, CTe e EC</i>	<i>Presença de coliformes em algumas amostras e de Salmonella spp em uma amostra</i>	<i>Água em condições inadequadas para o consumo humano</i>
<i>Scorsafava et al., 2010</i> ³⁸	<i>Ferro, cor aparente, turbidez, NO₃, nitrito, NH₃ e flúor</i>	<i>Algumas amostras com níveis de ferro, nitrato, amônia, nitrito, flúor e turbidez superiores ao VMP e cor aparente</i>	<i>Amostras fora dos padrões vigentes</i>

CONCLUSÃO

Uma parcela significativa das amostras de água se apresentou contaminada por coliformes totais e termotolerantes, sendo insatisfatória para o consumo humano e um perigo para a saúde pública, já que a mesma não atendeu aos padrões estabelecidos pela legislação brasileira. Além disso, também foram encontrados diversos parâmetros físico-químicos em desacordo com as regras vigentes. Sendo assim, os resultados obtidos nessa pesquisa vêm ratificar a relevância do monitoramento, tratamento da água e a manutenção regular das redes de distribuições, bem como a vigilância da qualidade da água, na qual os órgãos públicos são responsáveis. Estas medidas visam tornar menores os riscos de desenvolvimento de doenças por veiculação hídrica, garantindo assim, que as características naturais da água mineral fornecida sejam mantidas e que esta seja de qualidade e não ofereça risco à saúde da comunidade que a ingere. Além disso, é indispensável a conscientização dos consumidores quanto ao seu direito em obter um produto de boa qualidade. Por fim, o seguimento contínuo da qualidade da água para consumo humano proporcionará verificar as mudanças que acaso aconteçam ao longo do tempo e determinar se as projeções destas modificações poderão repercutir na saúde dos consumidores.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses.

Forma de citar este artigo: Lisboa KO, Sousa DM, Sarmento IP, Sarmento RP, Labre LVQ. Avaliação e comparação dos parâmetros físico-químicos de águas distribuídas para o consumo humano. Rev. Educ. Saúde 2021; 9 (1): 135-150.

REFERÊNCIAS

1. da Veiga G. Análises físico-químicas e microbiológicas de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis [trabalho de conclusão de curso]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2005.
2. Yasui JC. Análise físico-química e microbiológica de água em residências localizadas no município de Pacaembu/SP [trabalho de conclusão de curso]. Campo Mourão (PR): Universidade Tecnológica Federal Do Paraná; 2015.
3. Duarte PSC, Baratella R, Paiva AS. As doenças de veiculação hídrica: um risco evidente. In: Anais do VIII Encontro de Pesquisa em Educação III Congresso Internacional de Trabalho Docente e Processos Educativos; 2015; Uberaba. p. 1-12.
4. de Assis DMS, de Lima AB, da Silva ERM, Silva ADS, Barbosa ICDC. Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água de abastecimento em diferentes bairros do município de Salvaterra (Arquipélago do Marajó, PA). Rev Virtual Quim [Internet]. 2017 jul [citado 2020 jul 21];9(5):1825-39. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v9n5a04.pdf> doi: 10.21577/1984-6835.20170107
5. Gasparotto FA. Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP [dissertação]. Piracicaba (SP): Universidade de São Paulo; 2011.
6. Cunha HFA, Lima DCI, Brito PNF, da Cunha AC, Junior AMS, Brito DC. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. Rev Ambient e Agua 2012; 7(3):155-165.

7. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Departamento de Saúde Ambiental. Manual prático de análise de água. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2013.
8. Secretaria da Saúde do Estado - SESAB. Divisão de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar – DDTHA/CVE. Informe técnico sobre as doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica – perguntas e respostas e dados estatísticos. 1. ed. São Paulo: SESAB; 2009.
9. Brasil. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC no 182, de 13 de outubro de 2017. Dispõe sobre as boas práticas para industrialização, distribuição e comercialização de água adicionada de sais. Diário Oficial da União 2017; 16 out.
10. Brasil. Portaria no 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União 2011; 14 dez.
11. Motta MB, Neumann E. Hazard assessment and categorization of microbiological risk in a water treatment and distribution system located in a municipality in the interior of Minas Gerais, Brazil. *Rev Ambient e Agua* 2020; 15(3):e2450.
12. de Almeida CR, de Oliveira AFS, Pereira SFP, Freitas KHG, dos Santos DC, da Costa HC. Estatística multivariada aplicada na avaliação dos parâmetros químicos e físico-químicos da água engarrafada do município de Belém-PA. *Brazilian J Dev* 2020; 6(1):40002–40014.
13. Handam NB, dos Santos JAA, Neto AHAM, Alencar M FL, Ignacio CF, Sotero-Martins A. Drinking water quality in Brazilian urban slums. *Rev Ambient e Agua* 2020; 15(3):e2532.
14. Palmeira AROA, da Silva VATH, Dias Júnior FL, Stancari RCA, Nascentes GAN, Anversa L. Physicochemical and microbiological quality of the public water supply in 38 cities from the midwest region of the State of São Paulo, Brazil. *Water Environ Res* 2019; 91(8):805–812.
15. Leite IA, Oliva PC. Caracterização da subsuperfície e análise da qualidade de água para consumo na Vila de São Joaquim do Ituquara (Baião, Pará, Brasil). *Brazilian J Dev* 2019; 5(12):30175–30192.
16. Nunes LGP, Oliveira MV, de Souza AA, Lopes LF, Dias PCS, Nogueira GB, de Souza AA. Water quality comparison between a supply network and household reservoirs in one of the oldest cities in Brazil. *Int J Environ Health Res* 2019; 29(2):173–180.
17. Grott SL, Façanha EB, Furtado RN, Cunha HFA, da Cunha AC. Variação espaço-sazonal de parâmetros da qualidade da água subterrânea usada em consumo humano em Macapá, Amapá, Brasil. *Eng Sanit e Ambient* 2018; 23(4):645–54.
18. Norete DN, Correia QB, São José JFB. Qualidade da água utilizada em quiosques de praia. *Rev Ambient e Agua*. 2018; 13(2):e2003.
19. da Silva DRR, Maciel MOS, Marta BBF, Bronharo TM, Michelin AF. Qualidade da água em escolas públicas municipais: análise microbiológica e teor de nitrato em Araçatuba, estado de São Paulo Brasil. *Rev Inst Adolfo Lutz* 2018; 77:e1740.
20. Meira IA, Silva TC, Fortuna JL. Pesquisa de coliformes na água de consumo das creches da rede municipal de ensino de Teixeira de Freitas, BA. *Hig Aliment* 2018; 32(278–279):92–96.
21. Silva LS, Galindo ICL, do Nascimento CWA, Gomes RP, de Freitas L, de Oliveira IA, Campos MCC, da Cunha JM. Heavy metals in waters used for human consumption and crop irrigation. *Rev Ambient e Agua* 2018; 13(4):e1999.
22. Vargas RR, Barros MS, Saad AR, Arruda ROM, Azevedo FD. Assessment of the water quality and trophic state of the Ribeirão Guaraçau Watershed, Guarulhos (SP): a comparative analysis between rural and urban areas. *Rev Ambient e Agua* 2018; 13(2):e2170.
23. Chagas FB, Rutkoski CF, Bieniek GB, Vargas GDLP, Hartmann PA, Hartmann MT. Inte-

- grated analysis of water quality from two rivers used for public supply in southern Brazil. *Acta Limnol Bras* 2017; 29(e14):1–11.
24. Mendonça MHM, Roseno SAM, Cachoeira TRL, Silva ÁFS, Jácome RLA, Júnior ATJ. Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa. *Rev Ambient e Agua* 2017; 12(3):468–475.
 25. Handam NB. Condições Sanitárias da Água Residencial, do Solo Peridomiciliar e dos Rios das Comunidades do Território de Mangui-nhos, RJ [dissertação]. Rio de Janeiro (RJ): Fundação Oswaldo Cruz; 2016.
 26. Sanches SM, Muniz JM, Passos C, Vieira EM. Chemical and microbiological analysis of public school water in Uberaba Municipality. *Rev Ambient e Agua* 2015; 10(3):530–541.
 27. de Oliveira AVG, Lacerda LM. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de bebedouros de instituições particulares de ensino da cidade de São Luís – MA. *Hig Aliment* 2015; 29(248/249):124–129.
 28. Silva JC, Pontes HP, Barbosa GJ. Sistema de abastecimento de água do município de Catalão-GO: Avaliação da turbidez, cloração e qualidade bacteriológica. *Rev Inst Adolfo Lutz* 2014; 73(3):280–6.
 29. Fonseca MCC, Chaves NP, Alves LMC, Ferreira JRC, Sobrinho JRSC. Potencial de risco de águas de poços para consumo humano no Estado do Maranhão. *Hig Aliment* 2014; 28(228–229):112–116.
 30. Paula RAO, Vieira CR, Faria T, Inacarato MR, Negri FP, Oliver JC, Veiga, SMOM. Qualidade microbiológica da água de consumo em escolas e centros municipais de educação infantil. *Hig Aliment* 2013; 27(224–225):141–146.
 31. da Silva LJC, Nascimento AR, Martins AGLA, da Silva LSC, da Silva IM, Serra JL. Qualidade microbiológica da água do sistema de abastecimento público fornecida a dois bairros do município de Raposa, MA. *Hig Aliment* 2013; 27(216–217):182–188.
 32. Scorsafava MA, de Souza A, Stofer M, Nunes CA, Milanez TV. Qualidade físico-química da água de abastecimento da região do Vale do Ribeira-SP, Brasil. *Rev Inst Adolfo Lutz* 2013; 72(1):81–86.
 33. Valerio DC, Alfredo APC, Martin CA, dos Santos AO. Determinação físico-química e microbiológica da água de colégios na cidade de Toledo, PR. *Hig Aliment* 2013; 27(224–225):86–89.
 34. Damiani C, Soares NR, Ferreira PP, Fernandes PR, Nicolau ES, da Silva FA. Avaliação física e química de água de bebedouros consumida por estudantes da UFG, GO. *Hig Aliment* 2013; 27(216–217):189–193.
 35. Buzelli GM, da Cunha-Santino MB. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. *Rev Ambient e Agua* 2013; 8(1):186–205.
 36. Chaves NP, de Almeida VM, Ferreira JRC, Sobrinho JRSC, Alves LMC, Costa FN. Qualidade bacteriológica e físico-química da água de poços para consumo humano no estado do Maranhão. *Hig Aliment* 2012; 26(206–207):184–188.
 37. Santos PP, Miranda TMT, Barthasson DL, de Souza KMC, de Brito WMED, André MCDPB, Serafini AB. Qualidade microbiológica de afluentes e efluentes de estações de tratamento de água e esgoto de Goiânia, Goiás. *Rev Patol Trop* 2010; 39(3):173–187.
 38. Scorsafava MA, Souza A, Stofer M, Nunes CA, Milanez TV. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. *Rev Inst Adolfo Lutz* 2010; 69(2):229–232.
 39. Pedley S, Howard G. The public health implications of microbiological contamination of groundwater. *Q J Eng Geol* 1997; 30(2):179–188.
 40. Carlson MA, Lohse KA, McIntosh JC, McLain JET. Impacts of urbanization on groundwater quality and recharge in a semi-arid alluvial basin. *J Hydrol* 2011; 409(1–2):196–211.
 41. Cardoso RCV, Almeida RCC, Guimarães AG, Góes JÂW, Silva SA, Santana AAC, Huttner LB, Vidal Jr. PO, Figueiredo KVNA. Qualidade da água utilizada em escolas atendidas pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar

- (PNAE), em Salvador-BA. Rev Inst Adolfo Lutz 2007; 66(3):287–291.
42. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Qualidade Das Águas Subterrâneas No Estado De São Paulo 2013-2015. São Paulo: CETESB; 2016.
 43. Rosenberg FA. The microbiology of bottled water. Clin Microbiol Newsl 2003; 25(6):41–44.
 44. Jang J, Hur HG, Sadowsky MJ, Byappanahalli MN, Yan T, Ishii S. Environmental Escherichia coli: ecology and public health implications—a review. J Appl Microbiol 2017; 123(3):570–581.
 45. Brasil. RESOLUÇÃO CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União 2008; 7 abr.
 46. Richter CA, de Azevedo Netto M. Tratamento de água – Tecnologia Atualizada. 3ª Edição. São Paulo: Blucher; 2003.
 47. Libânio M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. 4ª Edição. Campinas: Editora Átomo; 2016.
 48. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: FUNASA; 2014.
 49. Frisbie SH, Mitchell EJ, Dustin H, Maynard DM, Sarkar B. World health organization discontinues its drinking-water guideline for manganese. Environ Health Perspect 2012; 120(6):775–778.
 50. Alaburda J, Nishihara L. The occurrence of nitrogen compounds in well water. Rev Saude Publica 1998; 32(2):160–165.
 51. Morais WA, Saleh BB, Alves WS, Aquino DS. Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. Cad Saúde Coletiva 2016; 24(3):361–367.