

INSTITUTO FEDERAL

Mato Grosso

Campus Cuiabá - Bela Vista

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA
QUALIDADE DE ÁGUAS MINERAIS NATURAIS
ENVASADAS EM GALÕES DE 20 L PRODUZIDAS NO
ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL**

ILZA CONCEIÇÃO TOMASELLI RIBEIRO

**CUIABÁ – MT
ABRIL DE 2017**

ILZA CONCEIÇÃO TOMASELLI RIBEIRO

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Paiva de Oliveira
Co-orientadoras: Profa. Dra. Thais Hernandes
Profa. Dra. Márcia Helena Scabora

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA QUALIDADE DE ÁGUAS
MINERAIS NATURAIS ENVASADAS EM GALÕES DE 20 L PRODUZIDAS
NO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração Ciência e Tecnologia de Alimentos e Linha de pesquisa em Qualidade de Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

**CUIABÁ - MT
2017**

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus Cuiabá Bela Vista

Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

R484a

Ribeiro, Ilza Conceição Tomaselli.

Avaliação Físico-química e microbiológica da qualidade de águas minerais naturais envasadas em galões de 20L produzidas no Estado do Mato Grosso/ Ilza Conceição Tomaselli Ribeiro._ Cuiabá, 2017.

66f.

Orientador(a): Dr^a. Adriana Paiva Oliveira

Co-Orientador(as): Dr^a Thais Hernandes; Marcia Helena Scabora

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)_ Programa de Pós-graduação. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. saúde pública– Dissertação. 2. oligoelementos– Dissertação. 3. coliformes-
Dissertação. 4. pseudomonas aeruginosa– Dissertação I. Oliveira, Adriana Paiva.
II. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA

CDU 628.1.036.4

CDD 553.7

ILZA CONCEIÇÃO TOMASELLI RIBEIRO

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA QUALIDADE DE ÁGUAS
MINERAIS NATURAIS ENVASADAS EM GALÕES DE 20 L PRODUZIDAS
NO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração Ciência e Tecnologia de Alimentos e Linha de pesquisa em Qualidade de Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

Data Da Defesa: 27 de abril de 2017

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Adriana Paiva de Oliveira
IFMT - *campus* Cuiabá – Bela Vista

Prof. Dr. Oalas Aparecido Moraes dos Santos
IFMT - *campus* Cuiabá – Bela Vista

Profa. Dra. Erika Cristina Rodrigues
IFMT - *campus* Cuiabá – Bela Vista

Prof. Dr. Edgar Nascimento
IFMT - *campus* Cuiabá – Bela Vista

ATESTADO

Atesto terem sido feitas as correções sugeridas pela Comissão Examinadora

Profa. Dra. Adriana Paiva de Oliveira
Presidente da comissão examinadora

**CUIABÁ, MT
2017**

“Ela acreditava em anjos e, porque acreditava, eles existiam.”

Clarice Lispector

A Cristo: Caminho, Verdade e Vida.

Aos meus filhos amados, Mateus e Daniel.

À minha paciente orientadora, professora Adriana.

À minha amiga e co-orientadora, Márcia Helena Scabora.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde, conhecimentos, oportunidades, crescimento profissional e humano ofertados ao longo desta jornada. Dono de toda a ciência, sabedoria e poder! Ao Espírito Santo por tomar a direção de minha vida, abrindo a minha mente e rasgando o meu coração. Deu-me espírito de discernimento e mansidão, o dom do amor e da fé.

À Professora Doutora Adriana Paiva de Oliveira (minha “mãe acadêmica”), por ser um exemplo de profissionalismo sempre aliado à humanidade. Por verdadeiramente me orientar ao longo desta longa e prazerosa escalada. Deus te ilumine e te proteja!

À Professora Doutora Thais Hernandes, que me auxiliou desde os mínimos detalhes, sendo tão importante para a execução desta pesquisa.

À Professora Doutora Márcia Helena Scabora, que foi uma das primeiras pessoas a acreditar que o sonho seria possível e por me ajudar na realização deste sonho. Obrigada pela amizade, pela confiança e por fazer diferença em minha vida.

Ao Professor Doutor Ricardo Dalla Villa, por ser presença constante nesta caminhada com suas valiosas orientações e pela disponibilização do Laboratório de Análise de Contaminantes Inorgânicos do Departamento de Química da UFMT.

À minha mãe, Maria José Tomaselli Ribeiro, por não ter desistido de mim, acreditando sempre que eu poderia ser uma pessoa melhor. Obrigada por sempre me apoiar nos meus estudos e nos meus projetos de vida.

Ao meu pai, José Clemente de Souza Ribeiro (in memoriam), por ser um exemplo de família, honestidade, caráter, alegria, simplicidade... Apesar do pouco tempo de convivência pai, olha o quanto eu aprendi contigo! Fica com Deus!

Às minhas irmãs, Glaucilene Aparecida Tomaselli e Gilvânia Rosália Tomaselli Ribeiro, pelo apoio, pelas palavras de incentivo, por me ajudarem ao longo de minha vida e pelas palmadas (que foram muito importantes!).

Aos meus estimados filhos, Mateus Tomaselli Ribeiro de Almeida e Daniel Tomaselli Ribeiro de Almeida, por serem meus escudos nas batalhas da vida e por me darem a oportunidade de sentir esse amor incondicional.

Ao meu afável Júlio de Almeida Tomaselli, por ter me dado a oportunidade de sentir o amor incondicional de ser mãe! Você é abençoado por Deus e muito amado por nós./

À Andressa de Souza David, por sempre acreditar em mim, quando nem eu mesma acreditava. Por me “obrigar” a fazer a inscrição no Mestrado (rsrsrs). Obrigada pela dedicação aos meus filhos, pelo apoio incessante durante essa jornada, por me ajudar na execução das análises... Você é um ser humano admirável! Que Deus te abençoe!

Às minhas companheiras da turma “Farra, Pinga e Foguete” (“Bar das Coleguinhas” – em ordem alfabética para não sair briga! Rsrsrcs) Claudia Regina Schuh Amaral, Ednéia Maria Arcanjo, Ethienne Boa Sorte Carneiro, Jessika Alessandra dos Santos, Lizandra Carla Pereira de Oliveira, Mirelly dos Santos Amorim, Monique Rafaella Almeida e Pollyana Cristina Peixoto Peron, pelos momentos incríveis e inesquecíveis que vivi ao lado de vocês! Obrigada pela amizade, força, estímulo e pelas inúmeras alegrias. Vocês sempre terão um lugar especial nas páginas da minha história.

Às minhas parceiras desta caminhada: Bárbara Spessoto Martinez (apelidada carinhosamente por Brabinha, não que ela seja... rsrsrs...), Kamila Cristina de Oliveira, Gysellen Ferreira e Bruna Sumenssi Xavier, que ajudaram grandemente.

Aos parceiros que foram tijolos para a concretização deste sonho: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (DS-CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), FATEC SENAI Mato Grosso, 3M™ do Brasil, Laborclin®, Laboratório de Análises de Contaminantes Inorgânicos (LACI) do Departamento de Química (DQ/UFMT) e ao Laboratório de Análises Físico-Químicas de Águas e Resíduos (LAFQAR) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMT).

Aos técnicos dos laboratórios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Campus Cuiabá – Bela Vista pela viabilização do Laboratório de Microbiologia, materiais e equipamentos.

Aos professores doutores, Edgar Nascimento, Erika Cristina Rodrigues, Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria e Oalas Aparecido Moraes dos Santos, por comporem a banca examinadora, participando de mais esta fase ímpar de minha vida.

RESUMO

Ribeiro, Ilza Conceição Tomaselli. Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade de águas minerais naturais envasadas em galões de 20 L produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil. Dissertação (Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, *campus* Cuiabá – Bela Vista, 2017. 66p.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica de águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas em Mato Grosso, Brasil. Para isso, foram analisados três lotes de oito marcas produzidas no Estado e comercializadas na cidade de Cuiabá. Os parâmetros físico-químicos determinados foram: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, cátions (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}), ânions (Cl^- , F^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^- , Br^-), metais (Cd, Pb, Cr, Fe, Mn, Cu e Zn) e o herbicida glifosato, conforme procedimentos do Instituto Adolfo Lutz e *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Para determinação de bactérias do tipo Coliformes foram utilizadas placas contendo substratos enzimáticos cromogênicos, e para a contagem de *Pseudomonas aeruginosa*, foi realizado processo de filtração com membrana filtrante. Os resultados obtidos foram comparados com as legislações nacionais e internacionais vigentes para águas envasadas e com os valores descritos nos rótulos. As amostras analisadas apresentaram não conformidades em, pelo menos, três parâmetros físico-químicos pesquisados e também com os valores contidos nos rótulos. Uma das amostras apresentou concentração de lítio acima de $0,01 \text{ mgL}^{-1}$, o que de acordo com a Legislação Brasileira enquadra a mesma como água mineral litinada, apresentando possíveis propriedades terapêuticas. Das 24 amostras analisadas, foi observada a presença de coliformes a $35 \text{ }^\circ\text{C}$ e de *Pseudomonas aeruginosa* em seis amostras. Desta forma, os resultados obtidos indicam que pelo menos uma amostra de cada marca se apresentou imprópria para o consumo humano por não atender aos parâmetros estabelecidos pela Legislação em vigor. Neste contexto, torna-se necessário maior monitoramento e fiscalização desde a captação desta água na fonte, o cumprimento das normas de Boas Práticas de Fabricação, rotulagem e comercialização.

Palavras-chave: saúde pública, oligoelementos, Coliformes, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of natural mineral waters bottled in gallons of 20 liters produced in Mato Grosso, Brazil. For this, three batches of eight brands produced in the State and marketed in the city of Cuiabá were analyzed. The physical-chemical parameters determined were pH, electrical conductivity, total dissolved solids, alkalinity, cations (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+}), anions (Cl^- , F^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^- , Br^-), metals (Cd, Pb, Cr, Fe, Mn, Cu and Zn) and the herbicide glyphosate, according to procedures of the Adolfo Lutz Institute and Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Chromogenic enzymatic substrates were used for the determination of Coliforms bacteria, and for the *Pseudomonas aeruginosa* count, a filtering membrane filtration process was performed. The results obtained were compared with the current national and international legislation for bottled water and with the values described on the labels. The analyzed samples presented non-conformities in at least three physicochemical parameters searched and also with the values contained in the labels. One of the samples had a concentration of lithium above 0.01 mgL^{-1} , which according to the Brazilian Legislation frames the same as littered mineral water, presenting possible therapeutic properties. Of the 24 samples analyzed, the presence of coliforms at 35°C and *Pseudomonas aeruginosa* was observed in six samples. Thus, the results indicate that at least one sample of each brand was unfit for human consumption because it did not meet the parameters established by the legislation in force. In this context, it is necessary to increase monitoring and inspection from the collection of this water at source, compliance with Good Manufacturing Practices standards, labeling and commercialization.

Keywords: public health, trace elements, Coliforms, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Fluxograma de industrialização de água mineral.....	17
---	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Valores médios \pm desvio padrão da determinação do pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD) e alcalinidade das amostras de água mineral natural.....	52
Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão relativo para quantificação de metais, em mgL^{-1} em águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.....	54
Tabela 3. Valores médios \pm desvio padrão relativo para quantificação de ânions em mg L^{-1} em águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.....	55
Tabela 4. Valores médios \pm desvio padrão relativo para quantificação de lítio, sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio em mgL^{-1} em águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.....	57
Tabela 5. Valores rotulados para pH a 25 °C, CE ($\mu\text{S/cm}$), metais e ânions (mgL^{-1}) das amostras de água mineral natural pesquisadas.....	58
Tabela 6. Resultados para análises microbiológicas de Coliformes a 35 °C e 45 °C, <i>Escherichia coli</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (UFC mL^{-1}) em águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.....	60

LISTA DE QUADROS**CAPÍTULO 1**

Quadro 1. Características microbiológicas para Água Mineral Natural e Água Natural.....	31
---	----

LISTA DE ABREVIÇÕES

ABINAM	Associação Brasileira das Indústrias de Águas Minerais
ACES	Associação Comercial e Empresarial de Sinop
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	American Public Health Association (Associação Americana de Saúde Pública)
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
DNPM	Departamento Nacional de Produtos Minerais Brasileiro
EPA	Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)
EU	European Union (União Europeia)
FDA	Food and Drug Administration (Administração de Alimentos e Medicamentos)
IAL	Instituto Adolfo Lutz
L	Litro
LQI	Limite de Quantificação Instrumental
MCL	Maximum Contaminant Level (Nível Máximo de Contaminante)
mg	Miligrama
µg	Micrograma
mL	Mililitro
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
PCC	Pontos Críticos de Controle
pH	Potencial Hidrogeniônico
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UFC	Unidade Formadora de Colônia
VMP	Valor Máximo Permitido
v:v	volume por volume
WHO	World Health Organization (Organização Mundial de Saúde)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.	Introdução	15
2.	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Água mineral natural: produção e consumo nacional e internacional.....	17
2.2	Parâmetros de qualidade de águas minerais naturais	19
2.2.1	Parâmetros Físico-Químicos.....	20
2.2.1.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	20
2.2.1.2	Condutividade Elétrica (CE).....	21
2.2.1.3	Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	21
2.2.1.4	Alcalinidade.....	22
2.2.1.5	Glifosato.....	22
2.2.1.6	Cádmio (Cd).....	22
2.2.1.7	Chumbo (Pb).....	23
2.2.1.8	Cromo (Cr).....	24
2.2.1.9	Ferro (Fe).....	24
2.2.1.10	Manganês (Mn).....	25
2.2.1.11	Cobre (Cu).....	25
2.2.1.12	Zinco (Zn).....	26
2.2.1.13	Lítio (Li).....	26
2.2.1.14	Sódio (Na).....	27
2.2.1.15	Amônio (NH ₄).....	27
2.2.1.16	Potássio (K).....	27
2.2.1.17	Cálcio (Ca).....	27
2.2.1.18	Magnésio (Mn).....	28
2.2.1.19	Fluoreto (F).....	28
2.2.1.20	Cloreto (Cl).....	29
2.2.1.21	Nitrito (NO ₂ ⁻).....	29
2.2.1.22	Nitrato (NO ₃ ⁻).....	29
2.2.1.23	Brometo (Br).....	30
2.2.1.24	Fosfato (PO ₄ ³⁻).....	30
2.2.1.25	Sulfato (SO ₄ ²⁻).....	30
2.2.2	Parâmetros Microbiológicos.....	31
2.2.2.1	Bactérias do grupo Coliformes.....	32
2.2.2.2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	33
2.3	Controle de qualidade microbiológico e físico-químico em águas minerais naturais envasadas.....	34
	REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO 2: Artigo 1		
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS MINERAIS NATURAIS ENVASADAS EM GALÕES DE 20 L PRODUZIDAS NO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL		
	RESUMO	46
	ABSTRACT	47
1.	INTRODUÇÃO	47
2.	MATERIAL E MÉTODOS	49
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.	CONCLUSÃO	61
5.	Agradecimentos	62
	REFERÊNCIAS	62

CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta, e, portanto, sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais.

No organismo humano, a água é um componente essencial para todos os tecidos corpóreos e atua como solvente para minerais, vitaminas, aminoácidos, carboidratos, entre outros. Além disso, é importante para os processos fisiológicos de digestão, absorção e excreção; desempenha papel chave na estrutura e função do sistema circulatório; mantém a constância física dos fluidos intra e extracelulares; manutenção da temperatura corpórea; entre outros.

Água mineral natural é definida, segundo a RDC nº 274 de 22 de setembro de 2005 da Agência de Vigilância Sanitária Brasileira que aprova o regulamento técnico para águas envasadas e gelo, como aquela “obtida diretamente de fontes naturais ou por extração de águas subterrâneas e é caracterizada pelo conteúdo definido e constante de determinados sais minerais, oligoelementos e outros constituintes considerando as flutuações naturais”. O consumo mundial de água mineral natural envasada tem aumentado expressivamente, o que pode ser atribuído principalmente à escassez hídrica, à desconfiança por parte da população em relação à qualidade da água da rede de distribuição pública, ao preço mais acessível deste produto nos últimos anos e à mudança de hábito de parte da população em busca de um estilo de vida saudável e consumo de produtos seguros.

Dados do Departamento Nacional de Produtos Minerais Brasileiro (2014) indicam que o Brasil está classificado em quinto lugar no mercado consumidor mundial de águas minerais naturais, com consumo de 18.153 milhões de litros em 2013 e, o décimo nono em consumo per capita com 90,3 litros por ano. A Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais (2014) divulgou o crescimento de 14,5% em 2013, em relação ao ano de 2012, com os garrafões de 20 litros representando 55% do mercado de água.

O Estado de Mato Grosso é o décimo produtor brasileiro de água mineral natural e sua produção está localizada nas regiões sul e centro sudoeste do Estado, onde há sete processos de lavras ativos. As contaminações das águas minerais naturais podem ocorrer diretamente na fonte, no envase (durante o processo ou no reuso de galão não devidamente higienizado), no transporte e armazenamento. As etapas críticas na industrialização da água mineral são o reservatório, a filtração e o envase.

O controle de qualidade em galões de 20 litros é de suma importância, uma vez que o Brasil se destaca no mercado mundial por concentrar cerca de 60% de suas vendas neste tipo de envase e, este tipo de embalagem, por ser retornável, a torna mais susceptível a contaminação e é fonte de preocupação para o setor industrial. O crescimento do consumo mundial de águas minerais envasadas implica maior necessidade do controle de qualidade deste produto. Dados recentes da literatura nacional e internacional revelam que níveis de alguns constituintes químicos presentes na água mineral, como metais, compostos orgânicos, nitratos, nitritos apresentam-se acima dos valores máximos permitidos pelas Legislações, além da contaminação microbiológica por patógenos.

Desta forma, a avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade em águas minerais naturais envasadas produzidos nos municípios e Estados brasileiros se torna relevante, uma vez que o consumo e o setor industrial deste produto estão em grande expansão.

Neste contexto, considerando os aspectos citados anteriormente fica demonstrada a relevância do presente trabalho que teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química e microbiológica de águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas em Mato Grosso, Brasil. O tema será tratado nos capítulos 1 e 2 da presente dissertação. O Capítulo 1 aborda as considerações gerais sobre o assunto e, o Capítulo 2 apresenta o artigo intitulado **“Avaliação da qualidade de águas minerais naturais envasadas em galões de 20 L produzidas no estado de Mato Grosso, Brasil”** que foi redigido conforme as normas do periódico científico *Acta Scientiarum Technology*, ao qual o artigo será submetido para publicação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Água mineral natural: produção e consumo nacional e internacional

Segundo a Legislação Brasileira (BRASIL, 2005a) a água mineral natural é definida como aquela “obtida diretamente de fontes naturais ou por extração de águas subterrâneas e é caracterizada pelo conteúdo definido e constante de determinados sais minerais, oligoelementos e outros constituintes considerando as flutuações naturais”.

A indústria deve possuir um sistema de gestão de segurança de alimentos para que, durante o processo produtivo da água mineral natural não haja contaminação. Com isso, a qualidade e segurança do produto final atenderão à legislação vigente de Boas Práticas de Fabricação (GOMES et al., 2011).

Para garantir a qualidade da água comercializada, é fundamental que as etapas às quais a mesma deve ser submetida não produzam, desenvolvam e/ou agreguem substâncias físicas, químicas ou biológicas que coloquem em risco a saúde do consumidor e/ou alterem a composição original (BRASIL, 2005a).

Com isso, a identificação dos pontos críticos de controle (PCC) no processo produtivo é essencial para prevenir ou eliminar os perigos à segurança do alimento ou para reduzi-los a um nível aceitável. A pesquisa de Gomes et al. (2011) concluiu que os pontos críticos de controle na industrialização da água mineral são o reservatório, a filtração e o envase.

O fluxograma descrito abaixo (Figura 1) foi adaptado a partir do estudo realizado por Gomes et al. (2011) e ilustra o processo de industrialização de água mineral natural.

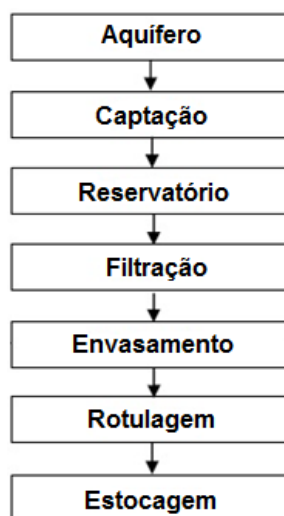


Figura 1. Fluxograma de industrialização de água mineral. Fonte: GOMES et al., 2011 (adaptado).

De acordo com Gomes et al. (2011), as principais etapas do processo de industrialização de água mineral natural (Figura 1) são:

- a) captação: a água é captada a partir de poços artesianos ou fontes naturais e bombeada para os reservatórios. Se o aquífero estiver contaminado, não será possível garantir a qualidade da água;
- b) reservatórios: são os locais de estocagem da água captada. São destinados para acumulação e/ou regulação do fluxo de água;
- c) filtração: operação unitária para remoção de partículas suspensas por meio de material filtrante que não altera as características químicas e físico-químicas da água;
- d) envasamento: introdução da água nos galões até o seu fechamento. Esta etapa do processo deve ser automatizada, não sendo permitido o processamento manual, evitando-se, assim, a contaminação da água a ser comercializada. Outra possível fonte de contaminação está no fechamento das embalagens, onde a vedação deverá ser eficiente para evitar vazamentos;
- e) rotulagem: os galões são rotulados, datados e codificados com o número de lote para permitir a rastreabilidade da água a ser comercializada;
- f) estocagem: para evitar a alteração das águas minerais naturais envasadas, os galões devem ser mantidos em locais de armazenamento reservados para esse fim, protegidos da incidência direta da luz solar, com temperatura ambiente, ventilados, limpos, secos e mantidos sobre paletes ou prateleiras.

Para a reutilização dos galões, a RDC nº 173 de 13 de setembro de 2006, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Industrialização e Comercialização de Água Mineral Natural e de Água Natural, disciplina que os galões retornados para um novo ciclo de uso devem ser submetidos à pré-lavagem para a remoção do rótulo, dos resíduos de adesivo e das sujidades das superfícies interna e externa. Este procedimento deve ser realizado antes da etapa de higienização automática. Os galões devem ser submetidos a limpeza e desinfecção em maquinário automático para evitar possíveis focos de contaminação.

A higienização neste tipo de embalagem tem exigido para a indústria de águas envasadas um ponto de atenção (BRANDÃO et al., 2012; GOMES et al., 2011). De acordo com a Portaria nº. 358/2009, do Departamento Nacional de Produção Mineral, o prazo de validade de embalagens reutilizáveis de 20 litros é de três anos. Este é o

período em que o garrafão suporta os desgastes decorrentes de seus ciclos, manuseio e transporte (BRANDÃO et al., 2012).

É recomendável que na etapa de lavagem dos garrafões o inspetor eletrônico seja utilizado para a inspeção das garrafas lavadas antes do enchimento. Esse equipamento detecta resíduos de soda cáustica provenientes da higienização das embalagens e/ou qualquer outro material estranho, servindo também para a detecção de defeitos da embalagem (GOMES et al., 2011).

Os galões recebidos para serem envasados novamente devem ser avaliados de forma individualizada quanto à aparência interna e externa e à presença de resíduos e odores estranhos. Se for constatada a presença de amassamentos, rachaduras, ranhuras, remendos, deformações externas e internas, com alterações de odor e cor, dentre outras alterações que possam comprometer a qualidade higiênico-sanitária da água mineral natural, aqueles deverão ser reprovados para a reutilização (BRASIL, 2006).

Em relação ao consumo global de água envasada, de acordo com a *Beverage Marketing Corporation* (BMC), estima-se que em 2013 tenham sido consumidos aproximadamente 266 bilhões de litros, com média de consumo per capita de 37,2 litros. O México ocupa o primeiro lugar com 254,8 litros/ano (BRASIL, 2014). A China é o maior mercado consumidor mundial, com consumo de 39.438 milhões de litros.

O Brasil ocupa o quinto lugar no mercado consumidor mundial, com consumo de 18.153 milhões de litros em 2013 e, o décimo nono em consumo per capita com 90,3 litros por ano (BRASIL, 2014). A Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais (ABINAM) divulgou o crescimento de 14,5% em 2013, em relação ao ano de 2012, com os garrafões de 20 litros representando 60% do mercado de água (ABINAM, 2014).

De acordo com dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) do Ministério de Minas e Energia (MME), o Estado de Mato Grosso é o 10^o produtor de água mineral natural no Brasil (DNPM, 2014). Dados do Sindicato das Indústrias de Alimentação de Mato Grosso indicam o crescimento de 5% no consumo de águas minerais envasadas nos últimos anos (ACES, 2014).

2.2 Parâmetros de qualidade de águas minerais naturais

Após o envase, a água mineral passa a ser considerada como alimento (REIS et al., 2014). No Brasil, cabe à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o controle

sanitário da qualidade das águas minerais naturais destinadas ao consumo humano, bem como a fiscalização sanitária dos locais e equipamentos relacionados com a industrialização do produto (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2005b; BRASIL, 2006).

Independente da fonte, a água pode servir de veículo para vários agentes biológicos e químicos (CUNHA et al., 2012).

Com isso, a avaliação da qualidade de águas minerais naturais envasadas neste tipo de embalagem se torna essencial para a garantia da saúde pública (ROCHA; GADELHA, 2009), em termos econômicos e na produção de dados que possam auxiliar nas decisões e orientações do setor fiscalizador deste produto e das indústrias, devendo ser captada, processada e envasada respeitando as condições higiênico-sanitárias e Boas Práticas de Fabricação (BPF).

2.2.1 Parâmetros Físico-Químicos

A legislação brasileira (BRASIL, 2011), norte-americana (FDA, 2015) e europeia (EU, 2003) não apresentam valores máximos permitidos para condutividade elétrica, alcalinidade, íon brometo, íon fosfato e cátions em águas minerais. No caso do FDA (2015), os teores de cálcio, sódio, magnésio e potássio são apenas descritos para águas nas quais estes elementos são adicionados.

2.2.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é o cologaritmo da concentração de íons hidrogênio em uma amostra, expresso em molL⁻¹, com valor entre 0 e 14. A água com pH menor que 7 é considerada ácida; com valor acima de 7 é considerada básica ou alcalina; e, com valor igual a 7 é considerada como uma água neutra. Quanto menor for o valor do pH de uma substância, maior é a concentração de íons hidrogênio (H⁺) e menor a concentração de íons hidroxila (OH⁻); o inverso é verdadeiro para água básica ou alcalina (CETESB, 2011).

O pH é afetado não somente pela reação com dióxido de carbono (CO₂), mas também por solutos orgânicos e inorgânicos presentes na água (SHAHABY et al., 2015).

De acordo com Cunha et al. (2012), águas ácidas, por serem menos mineralizadas e mais leves, são mais aceitáveis para o consumo do que as águas alcalinas, o que explica o seu elevado consumo. Valores de pH abaixo de 6,0 podem ser atribuídos à

dissolução de rochas, por processos de absorção de gases da atmosfera e processos fotossintetizantes.

Apesar de a acidez ser uma característica apreciável ao paladar dos consumidores, a Portaria MS nº 2914 de 2011 estabelece o valor de pH para águas de consumo humano na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2011).

2.2.1.2 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica, geralmente expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$, é a capacidade da água em conduzir corrente elétrica, relacionando diretamente as concentrações iônicas e a temperatura (CETESB, 2011). Está relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente (ARAÚJO et al., 2011).

Este parâmetro físico também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes, devendo ser realizadas análises adicionais, quando se objetiva identificar as espécies iônicas presentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados (CETESB, 2011).

A condutividade elétrica não apresenta valor máximo permitido na Legislação brasileira, Legislação norte-americana (FDA, 2015) e europeia (EU, 2003).

2.2.1.3 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Representam toda a matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma dada temperatura, durante um tempo fixado. São estas operações que apontam as frações de sólidos presentes na água, ou seja, sólidos totais, em suspensão, fixos e voláteis (BORTOLI, 2016).

A condutividade elétrica e o teor dos sólidos totais dissolvidos indicam que quanto maior a condutividade da amostra, maior a quantidade de sólidos dissolvidos (SANTOS et al., 2016).

O valor máximo permitido para sólidos totais dissolvidos em águas minerais é de 500 mgL^{-1} (FDA, 2015).

2.2.1.4 Alcalinidade

É a capacidade da água para neutralizar os ácidos, dada pelo somatório das diferentes concentrações de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos existentes (BRASIL, 2011). De acordo com pesquisa de Bortoli (2016), o parâmetro indica também a presença de sais minerais e/ou outros minerais dissolvidos, sendo medidos em mgL^{-1} .

A alcalinidade é medida por meio da quantificação de sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos, isto é a quantidade de substâncias que atuam como um tampão (LIBANEO, 2010). Pode proporcionar sabor desagradável à água se estiver presente em teores elevados (BORTOLI, 2016).

Este parâmetro químico não apresenta valor máximo permitido na Legislação brasileira e nas Legislações internacionais consultadas (EU, 2003; FDA, 2015).

2.2.1.5 Glifosato

O glifosato é um herbicida sistêmico não seletivo utilizado no combate às ervas-daninhas em vários tipos de culturas e em áreas não cultivadas. É considerado de baixa toxicidade aos mamíferos, porém possui alta solubilidade em água e, por isso a determinação da concentração desta espécie em águas superficiais, subterrâneas e potáveis é recomendada pelas Legislações Internacionais (CARVALHO et al., 2008).

A exposição humana a este agroquímico pode ocorrer por mais de uma via, ao mesmo tempo. A contaminação pode se suceder durante a aplicação do agrotóxico, pelo consumo de alimentos contaminados, habitantes instalados próximos a áreas cultivadas com o herbicida podem consumir alimentos contaminados, bem como inalar a substância que eventualmente, esteja no ar (NETO; SARCINELLI, 2009).

Para águas envasadas, a RDC n.º 274 de 2005 da ANVISA indica o limite máximo permitido de $500 \mu\text{gL}^{-1}$ de glifosato juntamente com o metabólito secundário ácido aminometilfosfônico (AMPA).

2.2.1.6 Cádmiio (Cd)

As fontes naturais de cádmio presentes na atmosfera são a atividade vulcânica, a erosão de rochas sedimentares e fosfáticas e os incêndios florestais, sendo este agregado à materiais particulados. As fontes antropogênicas incluem as atividades de

mineração, produção, consumo e disposição de produtos que utilizam cádmio e as fontes consideradas “inadvertidas” onde o cádmio é constituinte natural do material que está sendo processado ou consumido: metais não-ferrosos, ligas de zinco, chumbo e cobre, emissões de indústrias de ferro e aço, combustíveis fósseis, cimento e fertilizantes fosfatados (CETESB, 2012).

Determinados sais e complexos de cádmio são solúveis e apresentam significativa mobilidade na água, já as formas não solúveis ou adsorvidas ao sedimento apresentam pouca mobilidade. A água potável pode ser contaminada por cádmio devido a presença do metal como impureza no zinco de tubulações galvanizadas, soldas, acessórios metálicos e despejo industrial (CETESB, 2012).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer classifica o cádmio e seus compostos como cancerígenos para o ser humano (Grupo 1), com base em evidência de tumores pulmonares em trabalhadores e animais expostos a ele por via inalatória (CETESB, 2012). A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao cádmio e não fumante é a oral. A ingestão de alimentos contendo altas concentrações de cádmio causa irritação no estômago, levando ao vômito, diarreia e, às vezes, morte. Experimentos com animais demonstram que o cádmio produz efeitos tóxicos em vários órgãos, como fígado, rins, pulmão e pâncreas (CETESB, 2009).

O padrão de potabilidade estipulado pela Portaria MS n.º 2914 de 2011 é de 0,005 mgL⁻¹.

2.2.1.7 Chumbo (Pb)

Os metais tóxicos, como o chumbo, quando presentes em um sistema aquático ameaçam a saúde humana devido a seus impactos na qualidade das águas, alimentos e ecossistemas. Estes, não são biodegradáveis, tendem a acumular-se nos organismos vivos provocando distúrbios e doenças variadas, e têm sido sistematicamente lançados no ambiente como efluentes das atividades econômicas, como poluentes de origem industrial, pela circulação de veículos, e por descarte indevido de resíduos sólidos afetando a qualidade de solos e águas superficiais e subterrâneas (OLIVEIRA; SILVA, 2013).

Cunha et al. (2012) relatam que a ingestão de chumbo pode causar distúrbios gastrointestinais e disfunção mental, provocando degeneração do sistema nervoso central.

A concentração de chumbo em águas minerais naturais não pode ultrapassar o valor máximo permitido pela Portaria MS nº 2914 de 2011, que é de 0,01 mgL⁻¹.

2.2.1.8 Cromo (Cr)

Possui diferentes estados de oxidação e os mais comuns são cromo (II), (III) e (VI), também denominados bi, tri e hexavalente, respectivamente. As formas tri e hexavalente são mais estáveis e aparecem na composição de óxidos, sulfatos, cromatos, dicromatos e sais básicos. A forma metálica não é encontrada livre na natureza, mas obtida após o processamento industrial do minério de cromo. O cromo é usado principalmente na fabricação de ligas metálicas e estruturas da construção civil, pois confere resistência à oxidação, ao desgaste e ao atrito. Os compostos de cromo possuem diversos usos industriais, como tratamento de couro (curtume), fabricação de tintas e pigmentos, preservante de madeira e galvanoplastia. A população geral pode estar exposta ao cromo por alimentação ou contato com produtos fabricados com o metal. A ingestão diária de cromo por alimentos varia de país para país, ficando entre 50 e 200 µg/dia (CETESB, 2012).

Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente (CETESB, 2009). O cromo trivalente é um dos metais presentes na água mineral que são nutrientes essenciais para a vida que, em excesso, pode causar distúrbios metabólicos (ASTEL et al., 2014).

Este metal possui valor máximo permitido em águas minerais de 0,05 mgL⁻¹ (BRASIL, 2011).

2.2.1.9 Ferro (Fe)

O consumo de ferro é importante para o organismo, pois este elemento químico é responsável pelo transporte de oxigênio, participa da formação de enzimas e é um dos principais componentes dos glóbulos vermelhos e células musculares (BORTOLI, 2016).

O ferro também pode ser encontrado nas águas minerais e está presente em quase todas as águas subterrâneas com teores abaixo de 0,3 mgL⁻¹. As águas subterrâneas possuem menos risco de contaminação do que as águas superficiais, porém, mesmo com proteção, elas podem apresentar problemas de qualidade, o que limita o seu uso para diversos fins (BORTOLI, 2016). Um dos mais frequentes problemas consiste na presença de ferro dissolvido em teores elevados que pode ocorrer devido à dissolução dos minérios de ferro pelo gás carbônico da água, aumentando nas estações

chuvosas (BORTOLI, 2016). Teores elevados de ferro podem alterar as características da água, como cor, sabor e odor.

A Food and Drug Administration (FDA, 2015) estabelece valor máximo permitido de ferro em águas de $0,3 \text{ mgL}^{-1}$.

2.2.1.10 Manganês (Mn)

Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, tendo sua concentração aumentada devido à influência humana. Em altas concentrações, desenvolve coloração escura na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação mais solúvel e menos solúvel (CETESB, 2009).

Pode tornar-se perceptível em água a concentrações de $0,05 \text{ mgL}^{-1}$, impactando na cor, no odor ou no gosto. Entretanto, seus efeitos na saúde não são sentidos até que a concentração seja 10 vezes maior. O manganês é um elemento essencial para muitos organismos, incluindo o humano. A principal exposição humana ao manganês é por consumo de alimentos. O manganês é um mineral que ocorre naturalmente nas rochas e no solo (ASTEL et al., 2014).

A exposição a concentrações elevadas de manganês, ao longo dos anos, foi associada com toxicidade ao sistema nervoso, causando uma síndrome semelhante à doença de Parkinson (ASTEL et al., 2014).

O valor máximo permitido de manganês em água para consumo humano é de $0,5 \text{ mgL}^{-1}$ (BRASIL, 2011).

2.2.1.11 Cobre (Cu)

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais e a contaminação da água subterrânea ocorre a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais (CETESB, 2009).

O cobre é encontrado naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses. Estudos indicam que uma concentração de 20 mgL^{-1} de cobre ou um teor total de 100 mgL^{-1} por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado. Concentrações acima de $2,5 \text{ mgL}^{-1}$ transmitem sabor amargo à água (CETESB, 2009).

A Portaria MS n.º 2914 de 2011 preconiza um valor máximo permitido de cobre em águas para consumo humano de 1,0 mgL⁻¹.

2.2.1.12 Zinco (Zn)

A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µgL⁻¹ (CETESB, 2009).

O zinco é um elemento essencial ao corpo humano em pequenas quantidades. A atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. O zinco se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito elevadas, o que é extremamente raro, e, neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano. A água com elevada concentração de zinco tem aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida (CETESB, 2009).

O valor máximo permitido de zinco na água potável, segundo a Portaria nº 2914 de 2011, do Ministério da Saúde, é de 5 mgL⁻¹, mesmo valor preconizado pela legislação americana (FDA, 2015).

2.2.1.13 Lítio (Li)

O lítio, na forma de elemento, é encontrado naturalmente no solo, água potável, água superficial, água mineral, água subterrânea e águas marinhas (KOSTIK et al., 2014).

O lítio é um dos oligoelementos mais importantes para o funcionamento do organismo humano, de tal maneira que a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA) estabeleceu padrões para a ingestão diária de lítio que, para um adulto varia de 650 a 3100 µg. Esta concentração de lítio pode ser proporcionada pela ingestão de alimentos, como água mineral, que contém concentrações adequadas de lítio (KOSTIK et al., 2014).

Vários estudos apontam que níveis muito baixos de lítio presentes na água mineral podem aumentar os níveis séricos de lítio e melhorar o estado mental e humor. Medicamentos contendo carbonato de lítio são comumente prescritos para o controle dos sintomas da depressão. Assim, a determinação deste elemento para a avaliação da qualidade das amostras ambientais é muito importante (ZAWISZA; SITKO, 2011).

2.2.1.14 Sódio (Na)

Os sais de sódio são muito solúveis e sua concentração na água natural mostra considerável variação, tanto local como regional. Em adição às fontes naturais de sais de sódio, as outras fontes são os esgotos domésticos e os efluentes industriais. A remoção do sódio é onerosa e não é comum nos processos convencionais de tratamento de água para abastecimento. São as restrições ao uso de sódio por pessoas sofrendo de problemas renais, hipertensão, edemas associados à falha cardíaca congestiva e mulheres com toxemia de gravidez, que tornam necessário avaliar o nível de sódio na água de consumo humano (CETESB, 2009).

2.2.1.15 Amônio (NH₄)

Os níveis naturais de amônio nas águas subterrâneas são geralmente inferiores a 0,2 mgL⁻¹ na forma não ionizada. É um componente natural de muitos alimentos sendo que a ingestão diária deste íon é estimada através de alimentos, incluindo a água potável. Em contraste, 4000 mg de amônio por dia são produzidos endogenamente no intestino humano (FAWELL et al., 2003).

O amônio tem efeito tóxico em seres humanos saudáveis somente se a ingestão torna-se maior do que a capacidade de desintoxicar (FAWELL et al., 2003).

2.2.1.16 Potássio (K)

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, contaminando as águas por meio das descargas industriais e de áreas agrícolas. O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os seus respectivos sais são altamente solúveis. As concentrações de potássio em águas naturais são usualmente menores que 10 mgL⁻¹. Valores da ordem de grandeza de 100 e 25.000 mgL⁻¹ podem indicar a ocorrência de fontes quentes e salmouras, respectivamente (CETESB, 2009).

2.2.1.17 Cálcio (Ca)

O cálcio é essencial para a saúde humana e a ingestão inadequada deste nutriente pode prejudicar a saúde. Sua dose diária recomendada, em geral, é de 1000 mg

para indivíduos adultos entre 19 e 50 anos e de 1200 mg/dia para indivíduos acima de 51 anos (CINTRA; GONZALEZ, 2009).

Os alimentos são a principal fonte de cálcio. Enquanto a concentração de cálcio na água potável varia muito, as águas potáveis ricas em minerais podem fornecer contribuições substanciais para a ingestão total de cálcio em algumas populações ou subgrupos populacionais. Processos de tratamento de água podem afetar as concentrações de minerais e, portanto, a ingestão total de cálcio para alguns indivíduos (COTRUVUO; BARTRAM, 2009).

2.2.1.18 Magnésio (Mg)

O magnésio é o quarto cátion mais abundante no corpo humano e o segundo cátion mais abundante no líquido intracelular (COTRUVUO; BARTRAM, 2009). Está presente na água principalmente na forma de bicarbonatos e sulfatos.

O magnésio é indispensável para a saúde humana, mas, seu consumo diário acima de 450 mg pode tornar-se prejudicial à saúde. É um cofator para cerca de 350 enzimas celulares, muitas das quais estão envolvidas no metabolismo energético (COTRUVUO; BARTRAM, 2009).

2.2.1.19 Fluoreto (F⁻)

Sua ingestão acima de 2 mgL⁻¹ é considerada inadequada para lactentes e crianças com até 7 anos de idade, podendo acarretar o surgimento de fluorose dental e óssea (CUNHA et al., 2012). Níveis excessivamente altos de ingestão de flúor causam uma fluorose esquelética incapacitante e, possivelmente, um risco aumentado de fratura óssea (COTRUVUO; BARTRAM, 2009).

Por outro lado, a presença de fluoreto em água de consumo em níveis recomendados é a forma mais eficiente e coletiva para a prevenção de cáries (CUNHA et al., 2012).

Estes efeitos podem ser mitigados pela co-exposição a alguns minerais, como cálcio ou magnésio (COTRUVUO; BARTRAM, 2009).

A Portaria MS n.º 2914 de 2011 estabelece um valor máximo permitido para fluoreto de 1,5 mgL⁻¹ na água potável. A legislação europeia (EU, 2003) preconiza um valor máximo tolerável de 5,0 mgL⁻¹.

2.2.1.20 Cloreto (Cl⁻)

Os cloretos estão presentes em praticamente todas as águas naturais. São oriundos da dissolução de sais e lixiviação do solo e das rochas. Desta forma, o teor de cloretos das águas tem por finalidade obter informações sobre o seu grau de mineralização. A presença desse elemento altera o sabor da água (BORTOLI, 2016). A concentração de cloreto em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água. Concentrações acima de 250 mgL⁻¹ causam sabor detectável na água, mas o limite depende dos cátions associados (CETESB, 2009). Este é um dos fatores que contribuem para o aumento do consumo de água mineral.

O valor máximo permitido de cloreto em água para consumo humano é de 250 mgL⁻¹ (FDA, 2015).

2.2.1.21 Nitrito (NO₂⁻)

O íon nitrito é formado durante a decomposição da matéria orgânica e prontamente oxidada a nitrato. Em águas poluídas a presença de nitrito pode indicar a presença de bactérias reductoras de nitrato, quando as condições presentes são anaeróbias (CETESB, 2009).

O valor máximo permitido de nitrito em água para consumo humano é de 1,0 mgL⁻¹ (BRASIL, 2011).

2.2.1.22 Nitrato (NO₃⁻)

Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amônio, são largamente utilizados como fertilizantes e baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais. As fontes subterrâneas tornam-se um ótimo ambiente para a presença natural deste íon (CUNHA et al., 2012).

Seu efeito adverso à saúde é constatado, sobretudo nas crianças por possuírem em seu sistema digestivo condições ótimas para a redução bacteriológica do nitrato a nitrito, principal causa da metemoglobinemia (CUNHA et al., 2012).

O íon nitrato possui valor máximo permitido de 10,0 mgL⁻¹ em águas para consumo humano (BRASIL, 2011). A legislação europeia (EU, 2003) estabelece valor máximo permitido de 50 mgL⁻¹.

2.2.1.23 Brometo (Br⁻)

O íon brometo normalmente é encontrado na forma de sais com sódio, potássio e outros cátions, que são geralmente muito solúveis em água. As concentrações de brometo em água doce variam tipicamente de traços a cerca de 0,5 mgL⁻¹ e em águas dessalinizadas podem aproximar-se de 1 mgL⁻¹. O brometo tem baixo grau de toxicidade, ou seja, não é de preocupação toxicológica na nutrição. Estudos sugerem que o brometo pode ser nutricionalmente benéfico, como, por exemplo, a insônia apresentada por alguns pacientes em hemodiálise tem sido associada à deficiência de brometo (COTRUVUO, 2009).

O íon brometo não apresenta valor máximo permitido na Legislação brasileira (BRASIL, 2011) e na Legislação norte-americana (FDA, 2015) e europeia (EU, 2003).

2.2.1.24 Fosfato (PO₄³⁻)

O fósforo pode se apresentar nas águas como fosfatos orgânicos, ortofosfatos e polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfato, é um dos principais nutrientes para os processos biológicos. O polifosfato sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais. Por isso, os polímeros de ortofosfatos não são muito importantes nos estudos de controle de qualidade das águas (CETESB, 2009).

Não é estabelecido nas Legislações brasileira (BRASIL, 2011), norte-americana (FDA, 2015) e europeia (EU, 2003) um valor máximo permitido para os íons fosfato em águas minerais.

2.2.1.25 Sulfato (SO₄²⁻)

Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. É importante o controle do sulfato na água para consumo humano, pois a sua ingestão provoca efeito laxativo (CETESB, 2009).

A Portaria MS n.º 2914 de 2011 e FDA, 2015 estabelecem valor máximo de 250 mgL⁻¹ de sulfato na água potável como padrão de aceitação de consumo.

2.2.2 Parâmetros Microbiológicos

Os microrganismos indicativos de contaminação em águas minerais naturais são as bactérias do grupo Coliformes, enterococos, *Pseudomonas aeruginosa* e Clostrídios sulfito redutores ou *Clostridium perfringens* (Quadro 1).

Quadro 1. Características microbiológicas para Água Mineral Natural e Água Natural.

Fonte: BRASIL, 2005b.

Microrganismo	Amostra indicativa (limites)	Amostra representativa			
		n	C	m	M
<i>Escherichia coli</i> ou coliforme (fecais) termotolerantes, em 100 mL	Ausência	5	0	–	Ausência
Coliformes totais, em 100 mL	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	<2,0 UFC ou <2,2 NMP
Enterococos, em 100 mL	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	<2,0 UFC ou <2,2 NMP
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , em 100 mL	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	<2,0 UFC ou <2,2 NMP
Clostrídios sulfito redutores ou <i>Clostridium perfringens</i>	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	<2,0 UFC ou <2,2 NMP

As leituras são realizadas em Unidades Formadoras de Colônia (UFC) ou pelo método do número mais provável (NMP), de acordo com a metodologia empregada.

Para a amostra representativa, a letra **n** representa o número de unidades da amostra a serem coletadas e analisadas individualmente; **c** é o número aceitável de unidades da amostra que pode apresentar resultado entre os valores "m" e "M"; **m** é o limite mínimo aceitável. É o valor que separa o produto aceitável do inaceitável. Valores abaixo do limite "m" são desejáveis e; **M** é o limite superior máximo aceitável. Valores acima de "M" são inaceitáveis (BRASIL, 2005b).

As análises que indicam a qualidade de águas minerais naturais são realizadas através do plano de amostragem de duas classes, sendo utilizada amostra indicativa, separando o produto aceitável do inaceitável e interpretados segundo a RDC N° 275, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA (Quadro 1).

Segundo BRASIL (2005b), quando a amostra indicativa detectar a presença de bactérias do grupo Coliformes, enterococos, *Pseudomonas aeruginosa* e Clostrídios sulfito redutores ou *Clostridium perfringens* e/ou for maior que o limite estabelecido para amostra indicativa, deve ser efetuada a análise da amostra representativa. Esta análise é executada para atividades que requeiram amostragem para investigação ou inspeções rígidas (BRASIL, 2005b).

Os parâmetros de bactérias do grupo Coliformes, enterococos, *Pseudomonas aeruginosa* e Clostrídios sulfito redutores ou *Clostridium perfringens* em água mineral natural devem ser ausentes (BRASIL, 2005b), sendo, assim, inócua a saúde do consumidor.

2.2.2.1 Bactérias do grupo Coliformes

A presença de Coliformes a 35 °C em água mineral natural é menos representativa como indicação de contaminação fecal que a de Coliformes a 45 °C ou *Escherichia coli*. Porém, na indústria alimentícia, a presença dessa bactéria indica contaminação após ser realizada a assepsia ou no fim do processo produtivo. Os resultados positivos para Coliformes a 35 °C sugerem possíveis falhas durante o processo de industrialização. Se for detectada a presença de bactérias do grupo Coliformes, evidencia-se a influência de fatores externos na água mineral natural, por não se tratarem de bactérias que compõem naturalmente essas águas (FARACHE FILHO; DIAS, 2008).

A presença de Coliformes encontrados naturalmente em solos, águas e vegetais, indica a possível contaminação por fontes aéreas, infiltração do solo com águas pluviais ou contato do produto com superfícies que não foram sanificadas corretamente devido a falhas nas Boas Práticas de Fabricação, evidenciando condições higiênico-sanitárias deficientes (BRANDÃO et al., 2012).

São encontradas em grande número em animais de sangue quente e no trato gastrointestinal do homem. Por esse motivo, os Coliformes a 45 °C eram chamados de Coliformes fecais, sendo alterada essa denominação na Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, pois, somente a *Escherichia coli* tem como habitat primário o intestino humano e de animais de sangue quente.

Se forem isolados, indicam a presença de bactérias causadoras de doenças no trato intestinal, dentre eles a *Escherichia coli*.

A ingestão de alimentos contaminados por esta bactéria é capaz de causar gastroenterites graves, tendo a diarreia como principal sintoma (FARACHE FILHO; DIAS, 2008), podendo causar a morte de indivíduos com saúde debilitada.

Segundo Coelho et al. (2010), a contaminação pode ocorrer na fonte, no envase (reutilização de galões com deficiência na higienização), no transporte ou no armazenamento, caso a embalagem não esteja hermeticamente fechada. A presença de *Escherichia coli* em água mineral natural indica contaminação por fezes, o que a torna nociva à saúde dos seus consumidores.

2.2.2.2 *Pseudomonas aeruginosa*

É um microrganismo que consegue proliferar em ambientes com poucos nutrientes, baixos níveis de sólidos dissolvidos e compostos orgânicos, como a água engarrafada (GUERRA et al., 2006; PEDROSA et al., 2014) e, devido a esse fato, é amplamente encontrado no ambiente por sua habilidade em adaptar-se a esses ambientes escassos (PEDROSA et al., 2014).

É uma bactéria comumente isolada em galões de 20 L de águas minerais naturais produzidas no Brasil (GUERRA et al., 2006) e altamente resistente aos agentes sanitizantes devido à formação de biofilmes (BRANDÃO et al., 2012; PEDROSA et al., 2014).

Resultados positivos para *Pseudomonas aeruginosa* indicam que houve formação de biofilme, que, de acordo com pesquisa de Waideman (2015), é caracterizado por um conjunto de microrganismos envolvidos numa matriz polimérica extracelular, aderidos a uma superfície, como galões de água. Essa formação de biofilme está ligada à contaminação cruzada, afetando diretamente a qualidade da água.

Bactérias do grupo Coliformes podem ter sua proliferação impedida devido à presença de *Pseudomonas aeruginosa*, dependendo da quantidade de Unidades Formadoras de Colônia presentes na amostra. Segundo Coelho et al. (2010) a *Pseudomonas aeruginosa* inibe o crescimento das bactérias do grupo Coliformes, ou seja, esse efeito bacteriostático contribui para que a presença desse grupo de bactérias não seja constatada, alterando os resultados laboratoriais.

Sua capacidade de formação de biofilmes em equipamentos e embalagens plásticas se deve à característica de encapsulamento da *Pseudomonas aeruginosa*, aderindo às superfícies com facilidade (BRANDÃO et al., 2012).

No Brasil a *Pseudomonas aeruginosa* tornou-se uma bactéria corriqueira em análises microbiológicas realizadas em águas cloradas, não-cloradas e até minerais naturais. Suas espécies estão distribuídas no solo, na água e na matéria orgânica em decomposição e podem ser isoladas da pele, garganta e fezes de pessoas doentes. Esse microrganismo está relacionado com surtos de gastroenterites veiculadas pela água (COELHO et al., 2010).

A Organização Mundial de Saúde determina que a água engarrafada para consumo humano deve ser livre de contaminação por *Pseudomonas aeruginosa*, pois bactérias desse gênero são responsáveis por graves infecções, entre elas, do trato urinário, trato respiratório e da corrente sanguínea (GUERRA et al., 2006).

Ao ingerir água mineral natural contaminada por essa bactéria, o risco de contrair enfermidades se torna maior em crianças, idosos e indivíduos com sistema imunológico debilitado por serem mais suscetíveis a infecções (BRANDÃO et al., 2012).

Garrafas reutilizáveis de 20 litros apresentam maior risco de contaminação microbiológica. O prazo de validade para embalagens reutilizáveis de 20 litros, estabelecido pela Portaria nº. 358/2009 do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) é de três anos, tornando-se indispensável o seu cumprimento para que os garrafas não fiquem desgastados e se tornem propícios para a multiplicação das bactérias desse gênero.

A presença de *Pseudomonas aeruginosa* indica possível contaminação nos processos de engarrafamento e armazenamento. Por serem embalagens reutilizáveis, os galões a serem utilizados devem ser lavados e desinfetados de maneira eficiente para que a carga microbiana do produto final não afete sua qualidade (BRANDÃO et al., 2012).

2.3 Controle de qualidade microbiológico e físico-químico em águas minerais naturais envasadas

Apesar da preocupação das autoridades competentes com a qualidade das águas minerais naturais comercializadas e do grande potencial de mercado deste produto no

Brasil, poucos são os trabalhos disponíveis na literatura de águas minerais naturais envasadas no Brasil, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Com relação à avaliação da contaminação microbiológica de água mineral no Brasil, um dos primeiros trabalhos após a expansão do consumo deste tipo de alimento foi descrito por Santana et al. (2003) que avaliaram a qualidade microbiológica de 44 amostras de água mineral originárias dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais e a contaminação por Coliformes a 35 °C e *Escherichia coli* foi verificada em mais de 20% das amostras, indicando falhas de higienização ao longo do processo de fabricação e contaminação fecal recente. Em 2008, Farache Filho e Dias avaliaram parâmetros microbiológicos de amostras de água mineral natural envasadas em galões de 20 litros de diferentes marcas comercializadas nas cidades de Araraquara e Américo Brasiliense – SP e verificou-se que 2 amostras (2,4%) de 2 marcas (9,5%) estavam fora do padrão para Coliformes a 45 °C, 13 amostras (15,5%) de 8 marcas (38,1%) estavam fora do padrão para Coliformes a 35 °C, 8 amostras (9,5%) de 6 marcas (28,6%) estavam fora do padrão para *Pseudomonas aeruginosa* e 52 amostras (61,9%) das 21 marcas (100,0%) apresentaram contagens elevadas (>500 UFC/mL) para bactérias heterotróficas.

Iwersen et al. (2009) avaliaram a presença de *Pseudomonas aeruginosa* e também a dinâmica populacional deste microrganismo durante o período de validade em águas minerais comercializadas em Curitiba – PR e, 53% dos lotes foram rejeitados e o monitoramento da contaminação durante o armazenamento revelou que, independente da elevação ou redução nas contagens, *Pseudomonas aeruginosa* foi detectada mesmo após 180 dias de armazenamento. No mesmo ano, Ritter e Tondo verificaram a qualidade microbiológica de águas minerais naturais em uma indústria da grande Porto Alegre – RS e os resultados demonstraram que em nenhuma amostra foi detectada a presença de Coliformes a 35 °C, Coliformes a 45 °C/*Escherichia coli*, *Enterococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa* e *Clostridium perfringens* e as contagens de microrganismos heterotróficos variaram de $1,0 \times 10^1$ a $7,0 \times 10^3$ UFC mL⁻¹.

Outros trabalhos nacionais que somente avaliaram parâmetros microbiológicos foram descritos por Villela et al. (2010) que quantificaram *Escherichia coli* e Coliformes a 35 °C em amostras de diferentes marcas de água mineral comercializadas em Santos – SP e os resultados revelaram que uma das marcas estava contaminada com Coliformes a 35 °C, e, Zago et al. (2013) que verificaram a qualidade microbiológica de águas minerais envasadas comercializadas na cidade de Tangará da Serra – MT e, duas (4,8%) amostras obtiveram contagem de Coliformes a 35 °C, estando uma amostra (2,4%) em desacordo

com a legislação vigente e a presença de bactérias aeróbias mesófilas foi observada em 40,5% das amostras, com um índice variando entre $2,3 \times 10^2$ a $4,3 \times 10^5$ UFC/mL.

Os trabalhos internacionais que descrevem apenas a avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais naturais envasadas foram feitos no Paquistão e na Arábia Saudita. Khatoon e Pirzada (2010) avaliaram a qualidade microbiológica de água mineral comercializadas em Carachi, Paquistão e, das 187 amostras analisadas, 36% não atenderam à Legislação paquistanesa vigente e às diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS), com presença de bactérias do tipo Coliformes o que sugere possíveis microrganismos enteropatogênicos, portanto, inseguros para o consumo. Em 2013, Al Hazzani et al. realizaram a avaliação microbiológica de águas minerais comercializadas em Riade, na Arábia Saudita, e os resultados foram positivos para *Bacillus cereus*, *Pseudomonas spp.* e *Staphylococcus spp.* em duas das vinte marcas analisadas. No mesmo ano, Yousaf e Chaudhry (2013) testaram microbiologicamente a qualidade da água engarrafada disponível na cidade de Lahore, no Paquistão e, das 24 amostras testadas, duas (8,3%) estavam contaminadas com Coliformes a 45 °C enfatizando que nem todas as águas engarrafadas devem ser consideradas seguras para o consumo humano.

Outros trabalhos nacionais e internacionais apenas relatam resultados sobre a avaliação físico-química da qualidade de águas, como o trabalho brasileiro descrito por Morgano et al. (2002) que avaliaram físico-quimicamente amostras de águas minerais comercializadas na região de Campinas – SP e os resultados indicaram que as amostras, em sua maioria, estavam de acordo com a Legislação, exceto uma amostra com pH acima da faixa recomendada e uma amostra com alcalinidade divergente nas duas épocas de análise. No ano de 2009, Samadi e colaboradores avaliaram a qualidade química de águas minerais comercializadas na cidade de Hamadã, no Irã e os resultados indicaram diferença significativa entre os valores de magnésio e pH em relação aos descritos pelo fabricante. Para cálcio e pH, os resultados foram significativamente superiores aos valores preconizados pela Legislação iraniana e pelos níveis máximos de contaminação internacionais (MCL), reforçando a necessidade de as agências de saúde serem mais eficazes no controle da qualidade da água mineral.

Astel et al. (2014) caracterizaram 47 marcas de águas minerais comercializadas nas cidades de Zabrzee Słupsk, na Polônia e, em geral, a maioria dos parâmetros estava abaixo dos valores das diretrizes da Organização Mundial de Saúde, da União Européia e da Legislação polonesa. Entre os parâmetros estão a concentração de íons, metais, pH e

condutividade elétrica, sendo constatada em duas marcas elevada concentração de cloreto e sódio e, Santos et al. (2016) avaliaram a qualidade química de águas minerais comercializadas em Curitiba – PR e os resultados indicam que, em geral, a maioria dos parâmetros determinados estão abaixo dos limites máximos permitidos pela legislação brasileira, porém em duas amostras foi detectada alta concentração de nitrito e nitrato.

A literatura nacional e internacional também apresenta trabalhos mais amplos que avaliam parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade de águas minerais naturais envasadas. Moazeni et al. (2013) avaliaram a qualidade química e microbiológica de águas minerais comercializadas na cidade iraniana de Isfahan, e compararam os resultados obtidos com os valores descritos nos rótulos e com a Legislação. Os resultados mostraram que havia divergências entre a concentração dos íons pesquisados, os rótulos e a Legislação atual, com exceção do íon potássio. As análises microbiológicas indicaram ausência de Coliformes a 45 °C.

No mesmo ano, Zan et al. (2013) avaliaram a qualidade microbiológica e as propriedades físico-químicas das águas minerais comercializadas na Região do Vale do Jamari – RO e os resultados indicaram contaminação com bactérias do grupo Coliformes a 35 °C em todos os lotes analisados e, em alguns, a presença de *Escherichia coli*. As análises físico-químicas apresentaram resultados próximos com as informações contidas nos rótulos. Neta et al. (2013) avaliaram a qualidade físico-química e microbiológica de águas minerais comercializadas em Teresina – PI e, dos parâmetros físico-químicos apenas o pH obteve uma variação de valores abaixo do permitido pela Legislação e a avaliação microbiológica apresentou ausência em todas as amostras para os microrganismos estudados.

Em 2014, Reis et al. avaliaram a qualidade física e microbiológica de águas envasadas do município de Viçosa – MG e constataram que algumas marcas apresentaram contagem de microrganismos patogênicos acima do permitido pela Legislação. No mesmo ano, Salehi et al. (2014) avaliaram a qualidade microbiológica e físico-química da água mineral produzida na província de Hamadã, no Irã e, todas as amostras analisadas atenderam aos parâmetros da legislação iraniana e às diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS), não representando risco à saúde dos consumidores.

Shahaby et al. (2015) avaliaram as características químicas e bacteriológicas da água mineral comercializada em Taif, Arábia Saudita e, os resultados indicaram que a maioria dos parâmetros químicos pesquisados estava dentro dos limites recomendados

pela Organização Mundial de Saúde (OMS), porém foram detectados *Streptococcus* fecais (0,97%), *Pseudomonas spp.* (1,9%), Coliformes a 35 °C (2,9%) e Coliformes a 45 °C (2,9%), não sendo isolada *Escherichia coli*.

Frente ao exposto, os trabalhos descritos na literatura mostram a relevância da avaliação físico-química e microbiológica de águas minerais naturais envasadas devido à importância da água para a saúde humana e também em termos econômicos, em consequência da expansão industrial e comercial deste setor no mundo.

REFERÊNCIAS

AL HAZZANI, A. A.; et al. Bacterial quality control of domestic and imported brands of bottled water in Saudi Arabia. **Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 178-184, 2013.

ARAÚJO, G. F. R. de; et al. Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 98-104, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÁGUAS MINERAIS (ABINAM). **O mercado de 7 bi de litros**. São Paulo: ABINAM, 2015. Disponível em: <http://www.abinam.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=71>. Acesso em: 27 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO COMERCIAL E EMPRESARIAL DE SINOP (ACES). **Água Mineral consumo de 10% maior em MT**. [S. l.]: ACES, 2014. Disponível em: <<http://www.aces.org.br/Noticias/Ver/590>>. Acesso em: 28 mai. 2014.

ASTEL, A.; et al. Characterization of bottled mineral waters marketed in Poland using hierarchical cluster analysis. **Journal of Geochemical Exploration**, [S. l.], n. 143, p. 136–145, 2014.

BORTOLI, J. **Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do Vale do Taquari/RS**. 2016. 150f. Dissertação (mestrado em ambiente e desenvolvimento) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado – RS, 2016.

BRANDÃO, M. L. L.; et al. Comparação das técnicas do número mais provável (NMP) e de filtração em membrana na avaliação da qualidade microbiológica de água mineral natural. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, [S. l.], v. 71, n. 1, p. 32-39, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 173 de 13 de setembro de 2006**. Aprova o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Industrialização e Comercialização de Água Mineral Natural e de Água Natural. Brasília: ANVISA, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 274 de 22 de setembro de 2005a**. Aprova o regulamento técnico para águas envasadas e gelo. Brasília: ANVISA, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 275 de 22 de setembro de 2005b**. Aprova o regulamento técnico de características microbiológicas para água mineral natural e água natural. Brasília: ANVISA, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral (2009). Portaria n. 358, de 21 de setembro de 2009. Altera a Portaria n. 387, de 19 de setembro de 2008. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, v. 181, 22 set. 2009, Seção 1, p. 51.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral (2014). **Água mineral**. [S.l.]: DNPM, 2014. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/agua-mineral-sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 28 mai. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 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 República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 10 jan. 2001, Seção 1, n. 7-E, p 45.

CARVALHO, S. J. P.; et al. Glifosato aplicado com diferentes concentrações de uréia ou sulfato de amônio para dessecação de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1501-1508, 2008.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo: CETESB, 44p, 2009. Série Relatórios.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo; Brasília: CETESB; ANA, 327p, 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Ficha de informação toxicológica**. São Paulo: CETESB, 2012. Disponível em: <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/servicos/informacoes-toxicologicas/>>. Acesso em: 28 mai. 2014.

CINTRA, R. M. G. de C.; GONZALEZ, N. B. B. Dietas e alimentos – fatores interferentes na biodisponibilidade de cálcio. **Revista Simbio-Logias**, [S. l.], v. 2, n.1, p. 90-101, 2009.

COELHO, M. I. S.; et al. Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais consumidas na região metropolitana de Recife, Estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 1-8, 2010.

COTRUVO J. Bromide in drinking-water: background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. **World Health Organization**, Geneva, 15p, 2009.

COTRUVO J.; BARTRAM J. Calcium and Magnesium in Drinking-water: Public health significance. **World Health Organization**, Geneva, 194p, 2009.

CUNHA, H. F. A.; et al. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012.

EUROPEAN UNION, COMMISSION DIRECTIVE 2003/40/EC. Establishing the list, concentration limits and labelling requirements for the constituents of natural mineral waters and the conditions for using ozone-enriched air for the treatment of natural mineral waters and spring waters. **Official Journal of the European Union**, [S. l.], 2003.

FARACHE FILHO, A.; DIAS, M. F. F. Qualidade microbiológica de águas minerais em galões de 20 litros. **Alimentos & Nutrição**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 243-248, 2008.

FAWELL, J. K.; LUND, U.; MINTZ, B. Ammonia in Drinking-water: background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. **World Health Organization**, Geneva, 9p, 2003.

GOMES, T. V. D.; et al. Proposta de plano para Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) para o processo de industrialização da água mineral. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 1, 31-42, 2011.

GUERRA, N. M. M.; et al. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 13-18, 2006.

IWERSEN, A. T.; et al. Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais envasadas - dinâmica populacional de *Pseudomonas aeruginosa*. **B. CEPPA**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 207-212, 2009.

KHATOON, A.; PIRZADA, Z. A. Bacteriological quality of bottled water brands in Karachi, Pakistan. **Journal of Biological Society of Pakistan**, [S. l.], v. 56, n. 1, p. 137-143, 2010.

KOSTIK, V; BAUER, B.; KAVRAKOVSKI, Z. Lithium content in potable water, surface water, ground water, and mineral water on the territory of Republic of Macedonia. **International Journal of Medicine and Public Health**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 189-193, 2014.

MOAZENI, M.; et al. Evaluation of Chemical and Microbiological Quality in 21 Brands of Iranian Bottled Drinking Waters in 2012: A Comparison Study on Label and Real Contents. **Journal of Environmental and Public Health**, [S. l.], v. 2013, p. 1-4, 2013.

MORGANO, M. A.; et al. Avaliação físico-química de águas minerais comercializadas na região de Campinas, SP. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S. l.], n. 22, v. 3, p. 239-243, 2002.

NETA, M. S. B.; LEAL, M. P. N.; REIS, A. S. Análise físico-química, microbiológica de água mineral produzida no nordeste e comercializada em Teresina – Piauí. **Revista Interdisciplinar**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 33-37, 2013.

NETO, M. L. F.; SARCINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 69-78, 2009.

OLIVEIRA, A.; SILVA, N. Determinação da concentração de metais em águas do Córrego Barbado, CUIABÁ – MT. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 47-63, 2013.

PEDROSA, A. P.; et al. Pesquisa de fatores de virulência em *Pseudomonas aeruginosa* isoladas de águas minerais naturais. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 9, n. 2, p. 313-324, 2014.

REIS, R. L.; BEVILACQUA, P. D.; CARMO, R. F. Água envasada: qualidade microbiológica e percepção dos consumidores no município de Viçosa (MG). **Caderno de Saúde Coletiva**, [S. l.], v. 22, n. 3, 224-232, 2014.

RITTER, A.C.; TONDO, E. C. Avaliação microbiológica de água mineral natural e de tampas plásticas utilizadas em uma indústria da grande Porto Alegre/RS. **Alimentos & Nutrição**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 203-208, 2009.

ROCHA, C. O.; GADELHA, A. J. F. Análise físico-química de águas minerais comercializadas em Campina Grande – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 01, 2009.

SALEHI, I.; et al. Evaluation of microbial and physico-chemical quality of bottled water produced in Hamadan province of Iran. **Journal of Food Quality and Hazards Control**, [S. l.], v. 1, p. 21-24, 2014.

SAMADI, M. T.; et al. Evaluation of Chemical Quality in 17 Brands of Iranian Bottled Drinking Waters. **Journal of Research in Health Sciences**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 25-31, 2009.

SANT'ANA, A. de S.; et al. Qualidade microbiológica de águas minerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. Supl, p. 190-194, 2003.

SANTOS, E. J.; et al. Chemical quality of bottled mineral waters from markets of Curitiba-PR-Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S. l.], v. 59, p. 1-13, 2016.

SHAHABY, A. F.; ALHARTHI, A. A.; EL TARRAS, A. E. Bacteriological Evaluation of Tap Water and Bottled Mineral Water in Taif, Western Saudi Arabia. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, [S. l.], v. 4, n. 12, 600-615, 2015.

U. S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. CFR – Code of Federal Regulations Title 21. Disponível em:
<<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=165.110>>
Acesso em: 10 mai. 2016.

VILLELA, L. C.; CALDAS, V. T.; GAMBA, R. de C. Análise microbiológica em águas minerais envasadas em embalagens de 510 mL, comercializadas no município de Santos – SP. **Revista Ceciliana**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 4-6, 2010.

WAIDEMAN, M. A. **Qualidade de água de torneira e de bebedouro em escolas públicas estaduais de um município do estado do Paraná**. 2015. 71f. Dissertação (Mestrado em segurança alimentar e nutricional) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

YOUSAF; S.; CHAUDHRY; M. A. Microbiological Quality of Bottled Water Available in Lahore City. **Journal of Pakistan Medical Students**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 110-112, 2013.

ZAGO, B. W., CARVALHO, I. F.; CARVALHO, M. L. S. Qualidade bacteriológica de água mineral comercializada em Tangará da Serra – MT. **Alimentos & Nutrição**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 311-315, 2013.

ZAN, R. A., VIEIRA, F. G.; BAVARESCO, M. F.; MENEGHETTI, D. U. O. Avaliação da qualidade de águas minerais comercializadas nas cidades do vale do Jamari, Amazônia Ocidental, Rondônia – Brasil. **Revista Saúde Pública Santa Catarina**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 19-26, 2013.

ZAWISZA, B.; SITKO, R. Determination of lithium in mineral water samples by X-Ray Fluorescence Spectrometry, **Applied Spectrometry**, [S. l.], v. 65, n. 10, p. 1218-1222, 2011.

CAPÍTULO 2: Artigo 1

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS MINERAIS NATURAIS ENVASADAS EM GALÕES DE 20 L PRODUZIDAS NO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL

Ilza Conceição Tomaselli Ribeiro^a, Adriana Paiva de Oliveira^{a*}, Ricardo Dalla Villa^b, Márcia Helena Scabora^c, Andressa de Souza David^a, Kamila Cristina Oliveira^a,
Bárbara Spessoto Martinez^b

^a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT),
Campus Cuiabá - Bela Vista, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, 78050-560,
Cuiabá - MT, Brasil.

^b Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas e da Terra (ICET), Universidade
Federal de Mato Grosso (UFMT), Av. Fernando Correa da Costa 2367, Boa Esperança,
78000-000, Cuiabá - MT, Brasil.

^c Faculdade de Tecnologia (FATEC) SENAI Mato Grosso, Av. XV de novembro s/n, Porto,
78020-501, Cuiabá-MT, Brasil.

Autor de correspondência. (Adriana Paiva de Oliveira) *Endereço:* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) – *Campus* Cuiabá Bela Vista, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, 78050-560, Cuiabá – MT, Brazil. *Telefone:* + 55 65 3318-5122
E-mail: adriana.oliveira@blv.ifmt.edu.br.

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica de águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas em Mato Grosso. Para isso, foram analisados três lotes de oito marcas, totalizando 24 amostras, produzidas no Estado e comercializadas em Cuiabá. Os parâmetros físico-químicos determinados foram: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, metais, ânions e glifosato, conforme procedimentos do Instituto Adolfo Lutz e *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Para determinação de bactérias do tipo Coliformes foram utilizadas placas com substratos enzimáticos cromogênicos, e para *Pseudomonas aeruginosa* filtração com membrana filtrante. Os resultados obtidos foram comparados com as legislações para águas envasadas e valores rotulados. Todos os parâmetros físico-químicos, exceto o pH, apresentaram resultados concordantes com os valores máximos permitidos pelas legislações brasileiras e internacionais de qualidade de águas envasadas. Em seis amostras (25%) foram observadas a presença de Coliformes a 35 °C e de *Pseudomonas aeruginosa*. Os resultados sugerem possíveis contaminações e falhas durante o processo de industrialização e, sendo assim, torna-se necessário um maior monitoramento e fiscalização desde a fonte de captação, fabricação, rotulagem e comercialização.

Palavras-chave: água, saúde pública, oligoelementos, glifosato, Coliformes, *Pseudomonas aeruginosa*.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of natural mineral waters bottled in gallons of 20 liters produced in Mato Grosso. For this, three lots of eight brands were analyzed, totaling 24 samples, produced in the State and marketed in Cuiabá. The physico-chemical parameters determined were: pH, electrical conductivity, total dissolved solids, alkalinity, metals, anions and glyphosate, according to procedures of the Adolfo Lutz Institute and Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Chromogenic enzymatic substrates were used for the determination of Coliform bacteria, and for *Pseudomonas aeruginosa* filtration with filter membrane. The results obtained were compared with the legislation for bottled waters and labeled values. All physico-chemical parameters, except for pH, presented results consistent with the maximum values allowed by Brazilian and international legislation on the quality of bottled water. In six samples (25%) the presence of Coliforms at 35 °C and *Pseudomonas aeruginosa* were observed. The results suggest possible contaminations and failures during the industrialization process and, as such, a greater monitoring and inspection from the source of capture, manufacture, labeling and commercialization is required.

Keywords: water, public health, trace elements, glyphosate, Coliforms, *Pseudomonas aeruginosa*.

INTRODUÇÃO

A água é uma substância de fundamental importância na manutenção da vida no planeta Terra, e, portanto, sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e os ambientes naturais (Bacci & Pataca, 2008).

No organismo humano, é um componente essencial para todos os tecidos corpóreos e atua como solvente para minerais, vitaminas, aminoácidos, carboidratos, macro e micronutrientes. Além disso, atua nos processos fisiológicos de digestão, absorção e excreção; desempenha papel chave na estrutura e função no sistema circulatório; mantém a

constância física dos fluidos intra e extracelular; manutenção da temperatura corpórea; entre outros (Serafim et al., 2004).

A Legislação Brasileira define água mineral natural como aquela “obtida diretamente de fontes naturais ou por extração de águas subterrâneas e é caracterizada pelo conteúdo definido e constante de determinados sais minerais, oligoelementos e outros constituintes considerando as flutuações naturais” (BRASIL, 2005a).

O consumo mundial de água mineral natural envasada tem aumentado expressivamente em muitos países, o que pode ser atribuído principalmente a escassez hídrica, a desconfiança por parte da população em relação à qualidade da água da rede de distribuição pública, melhor aceitabilidade sensorial do que a água de torneira, preço mais acessível deste produto nos últimos anos e a mudança de hábito de parte da população em busca de um estilo de vida saudável e consumo de produtos seguros (Cidu, Frau & Tore, 2011; Felipe-Sotelo et al., 2015).

Segundo dados do Departamento Nacional de Produtos Minerais Brasileiro, o Brasil é o quinto consumidor mundial de águas minerais naturais, com consumo de 18.153 milhões de litros em 2013 e, o décimo nono em consumo per capita com 90,3 litros por ano (DNPM, 2014). A Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais (2014) divulgou o crescimento de 14,5% em 2013, em relação ao ano de 2012, com os garrafões de 20 litros representando 60% do mercado de água.

Independente da fonte, a água pode servir de veículo para vários agentes biológicos e químicos (Pontara et al., 2011; Abouleish, 2012; Cunha et al., 2012; Moanezi et al., 2013; Al Hazzani et al., 2013). As contaminações das águas minerais naturais envasadas podem ocorrer diretamente na fonte, no envase (durante o processo ou no reuso de galão não devidamente higienizado), no transporte e armazenamento (INMETRO, 2015).

O controle de qualidade em galões de 20 litros é de suma importância, uma vez que o Brasil se destaca no mercado mundial por concentrar cerca de 60% de suas vendas neste tipo de envase e, este tipo de embalagem, por ser retornável, a torna mais susceptível a contaminação e é fonte de preocupação para o setor industrial (Ritter & Tondo, 2009).

Desta forma, a avaliação da qualidade de águas minerais naturais envasadas neste tipo de embalagem se torna muito importante para a garantia da saúde pública (Santos et al., 2016), em termos econômicos e na produção de dados que possam auxiliar nas decisões e orientações do setor fiscalizador deste produto e das indústrias, devendo ser captada,

processada e envasada respeitando condições higiênico-sanitárias e boas práticas de fabricação.

Ante ao exposto, neste trabalho o objetivo foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica de águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Três lotes de oito marcas de água mineral natural envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso foram coletados e identificados por numeração. Os lotes foram coletados no período de setembro de 2015 a abril de 2016 em estabelecimentos comerciais, escolhidos aleatoriamente na cidade de Cuiabá.

Após a coleta, os galões de 20 litros foram higienizados externamente com detergente neutro, água da torneira e solução de álcool etílico 70% (v:v) (APHA, 2003).

Para o preparo dos padrões de calibração e das amostras foi utilizada água deionizada de alta pureza (resistividade 18,2 MΩ cm) obtida em um sistema deionizador modelo Synergy (Millipore®, Molsheim, França) e, os reagentes utilizados nas determinações foram de grau analítico.

Os parâmetros físico-químicos pH, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD) foram determinados por leitura direta sem preparo prévio de amostras, em triplicata, utilizando sonda multiparâmetros marca Hanna (Texas, EUA), modelo hi 9828. A determinação da alcalinidade total foi realizada pela técnica de titulação de neutralização. Todas as determinações foram executadas segundo o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

A quantificação da concentração dos metais ferro, zinco, cobre, manganês, cádmio, cromo e chumbo foram feitas por espectrometria de absorção atômica em chama, utilizando um espectrômetro marca Varian™ (Califórnia, EUA) e modelo AA225 e, as leituras foram feitas em triplicata e de acordo com as recomendações do fabricante. Todas as amostras foram preparadas por meio da decomposição por via úmida com aquecimento por condução segundo trabalho descrito por Toma e Othman (2011).

Para a determinação da concentração dos ânions fluoreto, cloreto, nitrito, nitrato, brometo, fosfato, sulfato, as amostras primeiramente foram filtradas em membrana de porosidade 0,48 µm e, quantificadas em um cromatógrafo líquido de troca iônica marca

Metrohn (Herisau, Suíça), modelo 930 Compact IC Flex, 863 Sample Processor Compact, com coluna Metrosep A Supp 7-250/4.0, pré-coluna Metrosep A Supp 16 guard/ 4.0 e detector 930 Compact IC Flex. Como eluente foi utilizado uma solução 3,6 mmol/L Na_2CO_3 e regenerante uma solução 200 mmol L^{-1} H_2SO_4 , e, tempo de registro de 35 min com fluxo de 0,8 mL/min.

Na determinação do teor de lítio, sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio, as amostras também foram filtradas com membrana de porosidade 0,48 μm e, depois quantificadas em um cromatógrafo líquido de troca iônica marca Metrohn (Herisau, Suíça), modelo 882 Compact IC Plus, auto amostrador 863 Sample Processor Compact, com coluna Metrosep C 4-150/4.0, pré-coluna Metrosep C4 (Guard / 4.0). Como eluente foi utilizada uma solução mista composta por ácido nítrico e dipicolínico com concentrações de 1,7 e 0,7 mmol L^{-1} , respectivamente, fluxo de 0,9 mL min^{-1} e tempo de registro de 25 min.

Os resultados obtidos foram comparados com as legislações da USA Food and Drug Administration Code of Federal Regulations Title 21 (FDA, 2015), RDC nº 274 de 22 de setembro de 2005 (Brasil, 2005), European Union, Commission Directive 2003/40/EC (EU, 2003) e Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 da ANVISA (Brasil, 2011).

O teor de glifosato foi determinado por cromatografia líquida de troca iônica no qual as amostras primeiramente foram filtradas em membrana 0,48 μm . As condições cromatográficas foram as seguintes: cromatógrafo marca Metrohn (Herisau, Suíça), modelo 930 Compact IC Flex, 863 Sample Processor Compact, com coluna Metrosep A Supp 7-250/4.0, pré-coluna Metrosep A Supp 16 guard/ 4.0 e detector 930 Compact IC Flex. Como eluente foi utilizado uma solução 10,8 mmol L^{-1} Na_2CO_3 e como regenerante uma solução 200 mmol L^{-1} H_2SO_4 e, fluxo de 0,8 mL/min. Os resultados obtidos foram comparados com a RDC nº 274 de 2005 da ANVISA (Brasil, 2005) para águas envasadas.

No preparo das soluções padrão de calibração e das amostras para as análises cromatográficas e espectrométricas foi utilizada água deionizada de alta pureza (resistividade 18,2 $\text{M}\Omega \text{ cm}^{-1}$) obtida em sistema deionizador marca Milipore®, modelo Synergy (Molsheim, França) e, todos os reagentes utilizados nas análises foram de grau analítico, a menos que especificado de outra forma conforme o método.

Os resultados obtidos nas determinações físico-químicas foram submetidos inicialmente ao teste de normalidade Shapiro Wilk e, como os dados não apresentaram

normalidade, foram transformados utilizando função logarítmica ($\log_{10}x$). Os dados não apresentaram normalidade mesmo após a transformação dos dados. Por isso, foi executado o teste não paramétrico de Friedman, com os dados não transformados, em um nível de confiança de 5%, de acordo com as recomendações de Helsén & Hirsch, 2002. O tratamento estatístico dos dados foi feito utilizando o programa ASSISTAT[®] versão 7.7 beta.

Para as análises microbiológicas, na determinação de bactérias do tipo Coliformes da primeira coleta, foram utilizadas placas contendo substratos enzimáticos cromogênicos da Compact Dry[®]. Para isso foram inoculadas alíquotas de 1,0 mL das amostras. Após incubação das placas a 35 °C por 24 e 48 h. Na segunda e terceira coleta, foram utilizadas placas Petrifilm[™] (3M[™] Company, St. Paul, MN, EUA) no qual foram inoculadas alíquotas de 1,0 mL das amostras. Após incubação das placas a 35 °C por 24 e 48 h e, o resultado foi expresso pela contagem das colônias e expresso em UFC mL⁻¹.

Para a contagem de *Pseudomonas aeruginosa*, foi realizado processo de filtração em bomba de vácuo com utilização de holder de filtração previamente esterilizado com membrana filtrante. Após a filtração de 100 mL de cada amostra, a membrana filtrante foi transferida para a superfície de placas de Petri do kit microbiológico, dos fabricantes Kitlabor[®] e Labor Clin[®] sendo efetuada a incubação a $35 \pm 0,5$ °C durante aproximadamente 24-48 horas. Após esse período, foi efetuada a contagem das colônias típicas (coloração esverdeada, com fluorescência).

As amostras coletadas foram analisadas em triplicata e as análises foram realizadas pelo plano de amostragem de 2 classes, sendo utilizada amostra indicativa, separando o produto aceitável do inaceitável e interpretados segundo a RDC nº 275 de 22 de setembro de 2005 da ANVISA (Brasil, 2005b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão descritos os resultados obtidos na determinação de pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e alcalinidade.

Tabela 1 – Valores médios \pm desvio padrão da determinação do pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD) e alcalinidade das amostras de água mineral natural.

Amostra	Lote	pH	CE ($\mu\text{S/cm}$)	STD (mg/L)	Alcalinidade (mg de $\text{CaCO}_3\text{L}^{-1}$)
A	1	5,03 \pm 0,05 ^a	15,00 \pm 0,57 ^b	8,00 \pm 0,57 ^b	12,64 \pm 0,00 ^b
	2	6,83 \pm 0,16 ^b	14,00 \pm 0,57 ^{ab}	8,00 \pm 0,00 ^b	6,32 \pm 0,00 ^a
	3	5,78 \pm 0,05 ^{ab}	12,00 \pm 0,00 ^a	4,00 \pm 0,00 ^a	7,90 \pm 0,00 ^{ab}
B	1	4,30 \pm 0,02 ^a	3,00 \pm 0,00 ^a	2,00 \pm 0,00 ^b	3,16 \pm 0,00 ^a
	2	6,13 \pm 0,18 ^b	3,00 \pm 0,57 ^a	2,00 \pm 0,00 ^b	6,32 \pm 0,00 ^a
	3	5,77 \pm 0,08 ^{ab}	2,00 \pm 0,00 ^a	1,00 \pm 0,00 ^a	6,32 \pm 0,00 ^a
C	1	5,23 \pm 0,08 ^a	24,00 \pm 0,57 ^{ab}	12,00 \pm 0,00 ^{ab}	20,01 \pm 1,82 ^b
	2	6,59 \pm 0,02 ^a	27,00 \pm 0,57 ^b	14,00 \pm 0,00 ^b	9,48 \pm 0,00 ^a
	3	6,59 \pm 0,04 ^a	19,00 \pm 0,00 ^a	4,00 \pm 0,00 ^a	14,22 \pm 0,00 ^{ab}
D	1	4,53 \pm 0,07 ^a	6,00 \pm 0,00 ^{ab}	3,00 \pm 0,00 ^a	10,53 \pm 1,82 ^a
	2	6,40 \pm 0,13 ^b	7,00 \pm 0,57 ^b	4,00 \pm 0,00 ^b	4,74 \pm 0,00 ^a
	3	6,24 \pm 0,11 ^{ab}	5,00 \pm 0,00 ^a	3,00 \pm 0,00 ^a	4,74 \pm 0,00 ^a
E	1	4,37 \pm 0,04 ^a	4,00 \pm 0,00 ^a	2,00 \pm 0,00 ^a	5,27 \pm 1,82 ^a
	2	5,94 \pm 0,09 ^{ab}	5,00 \pm 0,00 ^a	2,00 \pm 0,00 ^a	6,32 \pm 0,00 ^a
	3	6,08 \pm 0,02 ^b	3,00 \pm 0,00 ^a	1,00 \pm 0,00 ^a	6,32 \pm 0,00 ^a
F	1	4,63 \pm 0,07 ^a	36,00 \pm 0,57 ^{ab}	18,00 \pm 0,00 ^{ab}	7,37 \pm 1,82 ^{ab}
	2	6,11 \pm 0,05 ^b	49,00 \pm 0,00 ^b	25,00 \pm 0,57 ^b	6,32 \pm 0,00 ^a
	3	5,85 \pm 0,04 ^{ab}	23,00 \pm 0,57 ^a	4,00 \pm 0,00 ^a	7,90 \pm 0,00 ^b
G	1	4,25 \pm 0,05 ^a	4,00 \pm 0,00 ^a	2,00 \pm 0,00 ^a	6,32 \pm 0,00 ^a
	2	5,68 \pm 0,12 ^a	5,00 \pm 0,00 ^a	3,00 \pm 0,00 ^a	6,32 \pm 0,00 ^a
	3	5,66 \pm 0,06 ^a	4,00 \pm 0,57 ^a	2,00 \pm 0,00 ^a	6,32 \pm 0,00 ^a
H	1	6,58 \pm 0,10 ^a	148,00 \pm 0,00 ^{ab}	74,00 \pm 0,00 ^{ab}	112,71 \pm 1,82 ^b
	2	7,06 \pm 0,09 ^b	153,00 \pm 0,00 ^b	77,00 \pm 0,57 ^b	60,04 \pm 0,00 ^a
	3	6,80 \pm 0,02 ^{ab}	128,00 \pm 2,00 ^a	4,00 \pm 0,00 ^a	61,62 \pm 0,00 ^{ab}
Portaria MS n.º 2914		6,0 – 9,5	–	–	–
FDA		–	–	500 (Máx.)	–

^{a,b} Médias com letras iguais na mesma coluna indicam que os lotes não diferem significativamente entre si pelo teste de Friedman com nível de significância de 5%.

Das oito marcas analisadas, observou-se que apenas a amostra H apresentou os valores de pH dentro do intervalo estabelecido pela Portaria n° 2914 de 2011 pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e verificaram-se diferenças significativas entre lotes da mesma amostra, exceto para as amostras C, D, F e G.

Os valores de pH abaixo de 6,0 podem ser atribuídos à dissolução de rochas, processos de absorção de gases da atmosfera e processos fotossintéticos. A água de recarga é mais naturalmente ácida e esta acidez está relacionada à dissociação do ácido carbônico, produzida pela dissolução do dióxido de carbono, causado principalmente pela degradação da matéria orgânica e pela respiração das raízes. Em geral, as águas subterrâneas dos sistemas de águas rasas apresentam maior acidez e menor quantidade de sólidos dissolvidos devido sua rápida passagem no aquífero. A água com maior pH e maior quantidade de

sólidos dissolvidos são típicos de circulação mais profunda, menor velocidade e maior tempo de trânsito (Cunha et al., 2012; Bortolo, Hirata & Fernandes, 2007).

Baba et al. (2008) avaliaram a qualidade da água mineral engarrafada na Turquia e todas as amostras apresentaram valores de pH abaixo dos permitidos pela legislação turca (6,5-8,5). Neta, Leal e Reis (2013) avaliaram a qualidade físico-química e microbiológica das águas minerais comercializadas em Teresina, Piauí, Brasil, e dos parâmetros físico-químicos avaliados apenas o pH obteve uma variação de valores abaixo da permitida pela Legislação Brasileira.

Todas as amostras apresentaram valores de STD de acordo com os indicados pelo FDA (2015), e foram observadas diferenças significativas entre lotes da mesma amostra. Os valores de alcalinidade total quantificados nas amostras variaram de 3,16 a 112,71 mg de $\text{CaCO}_3\text{L}^{-1}$ e, foram observadas diferenças entre os lotes da mesma amostra. Para água mineral, não há valor recomendado para este parâmetro descrito pela ANVISA ou FDA. No entanto, para a água natural, os valores de alcalinidade total não devem exceder 500 mg $\text{CaCO}_3\text{L}^{-1}$.

Astelet al. (2014) caracterizaram 47 marcas de água mineral comercializadas nas cidades de Zabrze e Słupsk, Polônia e, em geral, a maioria dos parâmetros estava abaixo das diretrizes da Organização Mundial de Saúde, da União Européia e da Legislação Polonesa. Entre os parâmetros estão a concentração de íons, metais, pH e condutividade elétrica.

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos na quantificação de Cd, Pb, Cr, Fe, Mn, Cu e Zn nas amostras de águas minerais naturais envasadas avaliadas.

Tabela 2 – Valores médios \pm desvio padrão relativo para quantificação de metais, em mgL^{-1} em águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.

Amostra	Lote	Cd	Pb	Cr	Fe	Mn	Cu	Zn
A	1	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,075 \pm 0,53^b$
	2	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,033 \pm 1,38^{ab}$
	3	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,030 \pm 6,15^a$
B	1	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,026 \pm 1,15^a$
	2	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,023 \pm 4,02^a$
	3	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,024 \pm 5,32^a$
C	1	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,047 \pm 0,00^b$
	2	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,016 \pm 3,32^a$
	3	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,027 \pm 1,96^{ab}$
D	1	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,029 \pm 2,29^{ab}$
	2	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,034 \pm 1,16^b$
	3	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,024 \pm 1,64^a$
E	1	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,038 \pm 0,40^b$
	2	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,021 \pm 1,95^a$
	3	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,024 \pm 1,92^{ab}$
F	1	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,025 \pm 2,06^{ab}$
	2	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,034 \pm 1,53^b$
	3	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,022 \pm 4,71^a$
G	1	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,045 \pm 1,89^b$
	2	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,039 \pm 2,78^{ab}$
	3	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,016 \pm 7,50^a$
H	1	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,035 \pm 3,10^{ab}$
	2	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,068 \pm 0,22^b$
	3	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	\leq LDI	$0,031 \pm 3,08^a$
VMP		0,003 [†]	0,01 [†]	0,05 [†]	0,3 ^{††}	0,5 [†]	1,0 [†]	5,0 ^{††}

VMP = Valor Máximo Permitido. LDI = limite de detecção instrumental. [†]Portaria MS n.º 2914 de 2011. ^{††}FDA, 2015. ^{a,b} Médias com letras iguais na mesma coluna indicam que os lotes não diferem significativamente entre si pelo teste de Friedman com nível de significância de 5%.

As concentrações de zinco determinadas nas amostras estão de acordo com os valores máximos permitidos pela Portaria MS n.º 2914 de 2011 e pela FDA (2015) e foram encontradas diferenças significativas entre as concentrações de zinco em lotes da mesma amostra, com exceção da amostra B, que pode ser atribuída a características geoquímicas da região de captação (Iken et al., 2002). Morgano, Schatti, Eriques e Mantovani (2002) avaliaram a qualidade físico-química da água mineral comercializada em Campinas – SP e o teor de zinco nas oito amostras analisadas variou de \leq LQI a $0,03 \text{ mgL}^{-1}$. As outras espécies de metais apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção instrumental.

As concentrações de flúor, cloreto, nitrato e sulfato (Tabela 3) estão de acordo com os valores máximos permitidos pela União Européia (2003) e FDA (2015).

Tabela 3– Valores médios \pm desvio padrão relativo para quantificação de ânions em mgL^{-1} em águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.

Amostra	Lote	Fluoreto	Cloreto	Nitrito	Nitrato	Brometo	Fosfato	Sulfato
A	1	$0,029 \pm 0,00^a$	$0,099 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,759 \pm 0,00^a$
	2	$0,031 \pm 0,00^{ab}$	$0,070 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,785 \pm 0,00^{ab}$
	3	$0,031 \pm 0,00^b$	$0,080 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,791 \pm 0,00^b$
B	1	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,159 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,135 \pm 0,00^b$
	2	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,157 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,110 \pm 0,00^{ab}$
	3	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,027 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,089 \pm 0,00^a$
C	1	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,157 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,176 \pm 0,00^{ab}$
	2	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,149 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,173 \pm 0,00^a$
	3	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,027 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,180 \pm 0,00^b$
D	1	$0,008 \pm 0,00^{ab}$	$0,107 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$0,990 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,109 \pm 0,00^b$
	2	$0,010 \pm 0,00^b$	$0,056 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$0,958 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,099 \pm 0,00^{ab}$
	3	$0,004 \pm 0,00^a$	$0,070 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$0,917 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,072 \pm 0,00^a$
E	1	$\leq\text{LDI}$	$0,114 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$0,244 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,120 \pm 0,00^b$
	2	$\leq\text{LDI}$	$0,075 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$0,251 \pm 0,0^b$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,103 \pm 0,00^{ab}$
	3	$\leq\text{LDI}$	$0,094 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$0,161 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,077 \pm 0,00^a$
F	1	$\leq\text{LDI}$	$2,605 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$9,722 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,130 \pm 0,00^b$
	2	$\leq\text{LDI}$	$3,475 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$13,463 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,107 \pm 0,00^{ab}$
	3	$\leq\text{LDI}$	$1,930 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$8,043 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,082 \pm 0,00^a$
G	1	$\leq\text{LDI}$	$0,104 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$0,292 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,104 \pm 0,00^{ab}$
	2	$\leq\text{LDI}$	$0,071 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$0,304 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,099 \pm 0,00^a$
	3	$\leq\text{LDI}$	$0,138 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$0,302 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,119 \pm 0,00^b$
H	1	$0,056 \pm 0,00^{ab}$	$3,547 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$1,337 \pm 0,00^b$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,706 \pm 0,00^a$
	2	$0,055 \pm 0,00^a$	$3,322 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$1,201 \pm 0,00^{ab}$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$0,762 \pm 0,00^{ab}$
	3	$0,061 \pm 0,00^b$	$2,787 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$0,698 \pm 0,00^a$	$\leq\text{LDI}$	$\leq\text{LDI}$	$6,267 \pm 0,00^b$
VMP		$5,0^\dagger$	$250^{\dagger\dagger}$	–	50^\dagger	–	–	$250^{\dagger\dagger}$

VMP = Valor Máximo Permitido (mgL^{-1}). LDI = limite de detecção instrumental. † União Européia, 2003. †† FDA, 2015. a,b Médias com letras iguais na mesma coluna indicam que os lotes não diferem significativamente entre si pelo teste de Friedman com nível de significância de 5%.

Foram encontradas diferenças significativas entre as concentrações de ânions em lotes da mesma amostra, o que também pode ser atribuído às características geoquímicas locais (Astel et al., 2014). Os outros ânions apresentaram concentração menor que o limite de quantificação instrumental.

A Tabela 4 mostra os resultados da quantificação de lítio, sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio em amostras de água mineral natural. As regulamentações da ANVISA e da FDA não possuem valores máximos admissíveis para estes íons em espécies de água mineral natural, somente para água mineral a que os Na, K, Ca e Mg são adicionados intencionalmente.

Tabela 4– Valores médios \pm desvio padrão relativo para quantificação de lítio, sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio em mgL^{-1} em águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.

Amostra	Lote	Lítio	Sódio	Amônio	Potássio	Cálcio	Magnésio
A	1	$0,002 \pm 0,00^a$	$0,468 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$1,735 \pm 0,00^a$	$0,671 \pm 0,00^b$	$0,545 \pm 0,00^{ab}$
	2	$0,002 \pm 0,00^a$	$0,468 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$1,753 \pm 0,00^a$	$0,532 \pm 0,00^{ab}$	$0,557 \pm 0,00^b$
	3	$0,002 \pm 0,00^a$	$0,635 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$1,820 \pm 0,00^a$	$0,224 \pm 0,00^a$	$0,462 \pm 0,00^a$
B	1	$\leq \text{LDI}$	$0,011 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,069 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,062 \pm 0,00^b$
	2	$\leq \text{LDI}$	$0,012 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,077 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,060 \pm 0,00^{ab}$
	3	$\leq \text{LDI}$	$0,006 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,040 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,005 \pm 0,00^a$
C	1	$0,003 \pm 0,00^a$	$1,269 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$2,326 \pm 0,00^b$	$0,901 \pm 0,00^a$	$1,159 \pm 0,00^{ab}$
	2	$0,003 \pm 0,00^a$	$1,224 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$1,166 \pm 0,00^a$	$1,122 \pm 0,00^b$	$1,141 \pm 0,00^a$
	3	$0,004 \pm 0,00^a$	$1,382 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$2,268 \pm 0,00^{ab}$	$0,933 \pm 0,00^{ab}$	$1,187 \pm 0,00^b$
D	1	$\leq \text{LDI}$	$0,048 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,714 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,153 \pm 0,00^b$
	2	$\leq \text{LDI}$	$0,052 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,715 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,150 \pm 0,00^{ab}$
	3	$\leq \text{LDI}$	$0,105 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,713 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,061 \pm 0,00^a$
E	1	$\leq \text{LDI}$	$0,061 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,292 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,052 \pm 0,00^b$
	2	$\leq \text{LDI}$	$0,056 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,305 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,049 \pm 0,00^{ab}$
	3	$\leq \text{LDI}$	$0,113 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,284 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,016 \pm 0,00^a$
F	1	$\leq \text{LDI}$	$4,906 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$1,047 \pm 0,00^{ab}$	$0,302 \pm 0,00^{ab}$	$0,122 \pm 0,00^{ab}$
	2	$\leq \text{LDI}$	$0,011 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$1,421 \pm 0,00^b$	$0,614 \pm 0,00^b$	$0,181 \pm 0,00^b$
	3	$\leq \text{LDI}$	$4,595 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,644 \pm 0,00^a$	$0,063 \pm 0,00^a$	$0,051 \pm 0,00^a$
G	1	$\leq \text{LDI}$	$0,023 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,264 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,038 \pm 0,00^{ab}$
	2	$\leq \text{LDI}$	$0,039 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,302 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,049 \pm 0,00^b$
	3	$\leq \text{LDI}$	$0,008 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,251 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,010 \pm 0,00^a$
H	1	$0,014 \pm 0,00^a$	$6,403 \pm 0,00^{ab}$	$\leq \text{LDI}$	$0,896 \pm 0,00^{ab}$	$2,035 \pm 0,00^{ab}$	$5,311 \pm 0,00^{ab}$
	2	$0,014 \pm 0,00^a$	$0,140 \pm 0,00^a$	$\leq \text{LDI}$	$0,913 \pm 0,00^b$	$1,918 \pm 0,00^a$	$4,964 \pm 0,00^a$
	3	$0,017 \pm 0,00^a$	$9,223 \pm 0,00^b$	$\leq \text{LDI}$	$0,876 \pm 0,00^a$	$29,929 \pm 0,00^b$	$6,073 \pm 0,00^{ab}$

LDI = Limite de Detecção Instrumental. ^{a,b} Médias com letras iguais na mesma coluna indicam que os lotes não diferem significativamente entre si pelo teste de Friedman com nível de significância de 5%.

Foram encontradas diferenças significativas entre as concentrações de Na, K, Ca e Mg em lotes da mesma amostra. Morgano et al. (2002) encontraram concentrações de Na (0,53 a 97,29 mgL⁻¹), K (0,39 a 3,27 mgL⁻¹), Ca (0,53 a 28,35 mgL⁻¹) e Mg (0,00 a 9,10 mgL⁻¹) em oito amostras de águas minerais comercializadas na cidade de Campinas, o que reforça que as características geoquímicas locais podem estar relacionadas à concentração de oligoelementos em águas minerais naturais.

A amostra H apresentou teor de lítio acima de 0,01 mgL⁻¹ e, de acordo com a Portaria nº 540 de 18 de dezembro de 2014 do Departamento Brasileiro de Produção Mineral, água mineral natural com concentrações de lítio de pelo menos 0,01 mgL⁻¹ pode ser classificada como água litinada. Estudos indicam que a ingestão de baixas concentrações de lítio presentes na água mineral pode aumentar os níveis séricos de lítio e melhorar o humor dos seres humanos (Zawisza & Sitko, 2011).

As principais fontes de água mineral natural no Estado de Mato Grosso estão localizadas em regiões de grande produção agrícola, onde o uso do agroquímico glifosato é feito em grande escala, demonstrando a importância da quantificação desse analito nas amostras. Todos os lotes de água mineral analisados apresentaram concentração de glifosato abaixo do limite de detecção do instrumento (5,0 µgL⁻¹) e atendem ao valor máximo permitido pela legislação brasileira para a qualidade da água engarrafada, que é de 500 µgL⁻¹ de glifosato juntamente com o metabólito secundário ácido aminometilfosfônico (AMPA).

Em relação aos valores indicados nos rótulos das amostras avaliadas neste trabalho, foi observado que os mesmos não sofreram alteração durante o período da pesquisa. Estes valores rotulados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores rotulados para pH a 25 °C, CE (µS/cm), metais e ânions (mgL⁻¹) das amostras de água mineral natural pesquisadas.

Parâmetros	Marcas							
	A	B	C	D	E	F	G	H
pH a 25°C	5,46	4,90	5,27	4,89	4,35	4,90	4,80	6,22
CE	15,80	5,67	25,40	8,20	9,00	13,00	6,80	130,20
Lítio	–	–	–	–	–	–	–	0,012
Sódio	0,642	0,10	1,77	0,155	0,254	2,100	0,095	8,529
Potássio	1,683	0,03	2,27	0,606	0,387	0,204	0,261	0,856
Cálcio	–	0,06	0,64	0,183	0,089	0,175	0,018	14,50
Magnésio	0,463	–	0,87	0,068	0,031	0,016	0,022	4,348
Fluoreto	0,03	0,02	0,04	0,040	0,03	0,03	–	0,04

Cloreto	0,08	0,10	0,11	0,160	0,20	0,60	0,12	0,19
Nitrito	–	–	–	–	–	–	–	–
Nitrato	0,15	0,19	0,10	0,90	0,37	2,80	0,28	–
Sulfato	0,70	0,02	0,20	0,02	0,02	0,02	–	0,50

Os valores de pH determinados nas amostras foram superiores aos valores marcados e, para a condutividade elétrica, os valores marcados foram mais elevados nas amostras F e H.

A amostra H apresentou concentração de lítio acima da descrita no rótulo. Para o sódio, apenas a amostra F apresentou uma concentração acima da estipulada no rótulo. Para o potássio, apenas as amostras C e E apresentaram concentrações próximas dos valores indicados no rótulo. Para o cálcio, as amostras E e H apresentaram valores de concentração abaixo do descrito no rótulo. Todas as amostras apresentaram resultados acima do descrito no rótulo, com exceção da amostra B que não tem um valor estipulado no rótulo, para magnésio.

As amostras C e H apresentaram concentrações de fluoreto (Tabela 3) acima especificadas no rótulo. Para o cloreto, as amostras A, F e H apresentaram concentrações acima dos valores marcados. Apenas as amostras B, E e H apresentaram concentrações de nitratos próximas dos valores indicados no rótulo e, para o sulfato, apenas as amostras C e G apresentaram valores próximos aos marcados.

Santos e colaboradores (2016) declararam que a comparação da composição química rotulada nas águas minerais naturais engarrafadas com os resultados analíticos evidencia uma diferença para a maioria das substâncias, mas deve-se observar que fatores como a absorção de componentes nas superfícies da embalagem, a vida útil, o cuidado durante o transporte e a temperatura de armazenamento podem alterar a composição química e, neste contexto, os autores sugerem um estudo da estabilidade e interação com o envasamento, a fim de avaliar as possíveis variações na composição química deste alimento.

A Resolução nº 275, de 22 de setembro de 2005, da ANVISA, estabelece que na água mineral natural os parâmetros das bactérias do tipo Coliformes e *Pseudomonas aeruginosa* devem ser ausentes, portanto, sendo inócua à saúde do consumidor. A Tabela 6 mostra os resultados obtidos pelas bactérias de tipo Coliforme e contagens de *Pseudomonas aeruginosa* nas amostras de água minerais naturais avaliadas neste estudo (UFC mL⁻¹).

Tabela 6 – Resultados para análises microbiológicas de Coliformes a 35 °C e 45 °C, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* (UFC mL⁻¹) em águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil.

Amostra	Coliformes a 35 °C			Coliformes a 45 °C e <i>Escherichia coli</i>			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
	1º lote	2º lote	3º lote	1º lote	2º lote	3º lote	1º lote	2º lote	3º lote
A	0	0	>300	0	0	0	0	0	0
B	0	0	1,6x10 ²	0	0	0	0	0	0
C	0	0	2,6x10 ¹	0	0	0	0	0	0
D	0	0	2,4x10 ²	0	0	0	0	8,0x10 ¹	0
E	0	0	2,6x10 ²	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	7,0x10 ¹	4,0x10 ¹	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	5,3x10 ²	0	0	0	0	0	0

Os resultados indicam que das 24 amostras analisadas, seis apresentaram presença de *Pseudomonas aeruginosa*. Farache Filho e Dias (2008) avaliaram parâmetros microbiológicos de água mineral natural envasadas em galões de 20 litros de diferentes marcas comercializadas nas cidades Araraquara e Américo Brasiliense, São Paulo, Brasil e 8 amostras (9,5%) de 6 marcas (28,6%) estavam fora do padrão para *Pseudomonas aeruginosa*. Al Hazzani et al. (2013) avaliaram a presença de *Pseudomonas aeruginosa* em 20 amostras de águas minerais naturais envasadas na Arábia Saudita e 60% das amostras detectaram a presença do microrganismo. Reis, Bevilacqua e Carmo (2014) detectaram a presença de *Pseudomonas aeruginosa* em amostras de águas minerais naturais envasadas em galões de 20 litros produzidos em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

As *Pseudomonas* são um grande grupo de bactérias de vida livre que vivem principalmente no solo, água do mar e água doce e também colonizam plantas e animais, e são frequentemente encontrados em ambientes domésticos e clínicos. Em seres humanos saudáveis são responsáveis por doenças oculares e cutâneas e podem causar graves doenças fatais em pacientes queimados e cirúrgicos e em indivíduos imunocomprometidos (Mena & Gerba, 2009). De acordo com Coelho et al. (2010), no Brasil a *Pseudomonas aeruginosa* se tornou uma bactéria comum em análises microbiológicas realizadas em águas cloradas, não-cloradas e minerais naturais.

A presença de coliformes a 45 °C e *Escherichia coli* não foi observada em nenhuma coleta (Tabela 6).

A presença de coliformes a 35 °C foi observada em seis amostras (25%), todas na terceira coleta. Os resultados positivos para coliformes a 35 °C sugerem possíveis falhas

durante o processo de industrialização. Zan et al. (2013) avaliaram a qualidade microbiológica das águas minerais comercializadas na Região do Vale do Jamari, Rondônia, Brasil, e os resultados indicaram contaminação com bactérias do grupo Coliformes a 35 °C em todos os lotes analisados, e em alguns casos a presença de *Escherichia coli*.

Zago et al. (2013) verificaram a qualidade microbiológica de águas minerais naturais envasadas comercializadas na cidade de Tangará da Serra – MT e, duas (4,8%) amostras obtiveram contagem de coliformes à 35 °C, estando uma amostra (2,4%) em desacordo com a Legislação. Shahaby, Alharthi e Tarras (2015) detectaram a presença de coliformes totais e fecais em amostras de águas minerais naturais envasadas na região de Taif, Arábia Saudita.

A diferença entre as contagens de coliformes a 35 °C obtidas na terceira coleta com as demais pode ser explicada pela presença de *Pseudomonas aeruginosa* na amostra. De acordo com Coelho et al. (2010) a *Pseudomonas aeruginosa* inibe o crescimento de bactérias no grupo Coliformes, ou seja, este efeito bacteriostático contribuiu para que fosse constatada a presença desta bactéria apenas na terceira coleta.

CONCLUSÃO

Todos os parâmetros físico-químicos, exceto o pH, apresentaram resultados concordantes com os valores máximos permitidos pela legislação brasileira e internacional de águas minerais naturais envasadas. No caso do pH, os resultados foram menores do que os permitidos, o que pode ser atribuído a influência da profundidade de circulação da água subterrânea e dissolução de rochas. Além disso, diferenças significativas foram verificadas entre os resultados obtidos nas amostras entre os três lotes, o que pode estar relacionado aos padrões geológicos das áreas de captação e, os valores dos parâmetros descritos nos rótulos foram divergentes dos quantificados. As análises microbiológicas indicaram ausência de coliformes a 45 °C e de *Escherichia coli* em todas as amostras e, seis amostras apresentaram a presença de *Pseudomonas aeruginosa* e de coliformes a 35 °C, sugerindo possíveis contaminações e falhas durante o processo de industrialização.

Ante ao exposto, este trabalho demonstra a importância do cumprimento das Boas Práticas de Fabricação e a necessidade de um maior monitoramento e fiscalização das

águas minerais naturais envasadas em galões de 20 L produzidas em Mato Grosso, desde a captação, fabricação, rotulagem e comercialização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Análises de Contaminantes Inorgânicos (LACI) do Departamento de Química (DQ/UFMT) e ao Laboratório de Análises Físico-Químicas de Águas e Resíduos (LAFQAR) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMT) – Campus Cuiabá e a DS/CAPES pela concessão de bolsa a I. C. T. R e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa a K. C. O. A empresa 3M do Brasil pela premiação do trabalho no Prêmio Cultivando Talentos do quarto trimestre de 2015 e a Laborclin[®] pelo fornecimento do substrato cromogênico para a análise de *Pseudomonas aeruginosa*.

REFERÊNCIAS

Abouleish, M. Y. Z. (2012). Concentration of selected anions in bottled water in the United Arab Emirates, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 4, 496–509.

Al Hazzani, A. A., Al Farra, L.W., Asran, A., Shehata, A. I., & Moubayed, N. M. S. (2013). Bacterial quality control of domestic and imported brands of bottled water in Saudi Arabia. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 5(10), 178-184.

American Public Health Association (2003). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th Edition. Washington, D.C.

Associação Brasileira das Indústrias de Águas Minerais (ABINAM). O mercado de 7 bi de litros. Disponível em: <http://www.abinam.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=71>. Acessado em: 27 abr. 2015.

Baba, A., Ereeş, F. S., Hıçsönmez, Ü., Çam, S., & Özdilek, H. G. (2008). An assessment of the quality of various bottled mineral water marketed in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 139, 277-285.

Bacci, D. L. C., & Pataca, E. M (2008). Educação para a água. *Estudos Avançados*, 22(63), 211-226.

Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 274 de 22 de setembro de 2005a. *Aprova o regulamento técnico para águas envasadas e gelo*.

Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 275 de 22 de setembro de 2005b. *Aprova o regulamento técnico de características microbiológicas para água mineral natural e água natural*.

Brasil, Departamento Nacional de Produtos Minerais (2014). Disponível em <http://www.dnmp.gov.br/dnmp/sumarios/agua-mineral-sumario-mineral-2014>. Acessado em: 27 abr. 2015.

Brasil, Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 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*.

Cidu, R., Frau, F., & Tore, P. (2011). Drinking water quality: comparing inorganic components in bottled water and Italian tap water, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 184–193.

Coelho, M. I. S., Mendes, E. S., Cruz, M. C. S., Bezerra, S. S., & Silva, R. P. P. (2010). Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais consumidas na região metropolitana de Recife, Estado de Pernambuco. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 32(1), 1-8.

Cunha, H. F. A., Lima, D. C. I., Brito, P. N. de F., Cunha, A. C., Silveira Junior, A. M. da, & Brito, D. C. (2012). Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 7(3), 155-165.

European Union, Commission Directive 2003/40/EC (2003). *Establishing the list, concentration limits and labelling requirements for the constituents of natural mineral waters and the conditions for using ozone-enriched air for the treatment of natural mineral waters and spring waters*.

Farache Filho, A., & Dias, M. F. F. (2008). Qualidade microbiológica de águas minerais em galões de 20 litros. *Alimentos & Nutrição*, 19(3), 243-248.

Felipe-Sotelo, M., Henshall-Bell, E.R., Evans, N. D. M., & Read, D. (2015). Comparison of the chemical composition of British and Continental European bottled waters by multivariate analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 33–42.

Helsen, D. R., & Hirsch, R. M. (2002). *Statistical Methods in Water Resources*. New York: USGS.

Ikem, A., Oduyungbo, S., Egiebor, N. O., & Nyavor, K. (2002). Chemical quality of bottled waters from three cities in eastern Alabama. *The Science of the Total Environment*, 285, 165-175.

Instituto Adolfo Lutz (2008). *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*, 4. ed. São Paulo: IMESP.

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (2015). Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. *Água mineral em garrações de 20L*. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/garrafoes.asp>. Acessado em: 27 abr. 2015.

- Mena, K., & Gerba, C. (2009). Risk Assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in Water. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 201, 71-115.
- Moazeni, M., Atefi, M., Ebrahimi, A., Razmjoo, P., & Vahid Dastjerdi, M. (2013). Evaluation of Chemical and Microbiological Quality in 21 Brands of Iranian Bottled Drinking Waters in 2012: A Comparison Study on Label and Real Contents. *Journal of Environmental and Public Health*, 1, 1-4.
- Morgano, M. A., Schatti, A. C., Eriques, H. A., & Mantovani, D. M. B. (2002). Avaliação físico-química de águas minerais comercializadas na região de Campinas, SP. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(3), 239-243.
- Neta, M. S. B., Leal, M. P. N., & Reis, A. S. (2013). Análise físico-química, microbiológica de água mineral produzida no nordeste e comercializada em Teresina – Piauí. *Revista Interdisciplinar*, 6(2), 33-37.
- Pontara, A. V., Oliveira, C. D. D., Barbosa, A. H., Santos, R. A., Pires, R. H., & Martins, C. H. G. (2011). Microbiological monitoring of mineral water commercialized in Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42(2), 554-559.
- Reis, R. L., Bevilacqua, P. D., & Carmo, R. F. (2014). Água envasada: qualidade microbiológica e percepção dos consumidores no município de Viçosa (MG). *Caderno de Saúde Coletiva*. 22(3), 224-232.
- Ritter, A. C., & Tondo, E. C. (2009). Avaliação microbiológica de água mineral natural e de tampas plásticas utilizadas em uma indústria da grande Porto Alegre/RS. *Alimentos & Nutrição*, (2), 203-208.

Santos, E. J., Oliveira Junior, D. R., Hermann, A. B., & Sturgeon R. E. (2016). Chemical quality of bottled mineral waters from markets of Curitiba-PR-Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 59, 1-13.

Serafim, A. L., Vieira, E. L., & Lindemann, I. L. (2004). Importância da água no organismo humano. *Vidya Revista Eletrônica*, 24(41), 147-157.

Shahaby, A. F, Alharthi, A. A., & El Tarras, A.E. (2015). Bacteriological Evaluation of Tap Water and Bottled Mineral Water in Taif, Western Saudi Arabia. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(12), 600-615.

Silva, F. A. S., & Azevedo, C. A. V. (2016). ASSISTAT®: assistência estatística. Versão 7.7 beta.

Toma, J. J., & Othman, M. A. (2011). Determination of the trace metals in Bottled Water That Available in Erbil City, Iraq. *Journal of Environmental Studies [JES]*, 6, 31-37.

U. S. Food and Drug Administration. *CFR - Code of Federal Regulations Title 21*. Disponível em <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=165.110>

Zago, B. W., Carvalho, I. F. & Carvalho, M. L. S. (2013). Qualidade bacteriológica de água mineral comercializada em Tangará da Serra – MT. *Alimentos & Nutrição*, v. 24, n. 3, p. 311-315.

Zan, R. A., Vieira, F. G., Bavaresco, M. F., & Meneghetti, D. U. O. (2013). Avaliação da qualidade de águas minerais comercializadas nas cidades do vale do Jamari, Amazônia Ocidental, Rondônia – Brasil. *Revista Saúde Pública Santa Catarina*, 6(4), 19-26.