

ÁGATA CRISTINA LIMA DIAS

**AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA
DESINFECÇÃO EM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO BRASIL -
PANORAMA COM BASE EM DADOS DO SISAGUA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Rafael Kopschitz Xavier Bastos

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

D541a
2022
Dias, Ágata Cristina Lima, 1994-
Avaliação da ocorrência de produtos secundários da
desinfecção em água para consumo humano no Brasil: panorama
com base em dados do Sisagua / Ágata Cristina Lima Dias. –
Viçosa, MG, 2022.

1 dissertação eletrônica (170 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Rafael Kopschitz Xavier Bastos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Civil, 2022.

Referências bibliográficas: f. 135-140.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.615>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Água - Purificação - Subprodutos. 2. Água - Qualidade -
Métodos estatísticos. 3. Água potável. I. Bastos, Rafael
Kopschitz Xavier, 1958-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Civil. Mestrado em Engenharia
Civil. III. Título.

CDD 22. ed. 628.162


ÁGATA CRISTINA LIMA DIAS

**AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA
DESINFECÇÃO EM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO BRASIL -
PANORAMA COM BASE EM DADOS DO SISAGUA**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de julho 2022.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 AGATA CRISTINA LIMA DIAS
Data: 11/07/2023 18:19:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ágata Cristina Lima Dias
Autora

Documento assinado digitalmente
 RAFAEL KOPSCHITZ XAVIER BASTOS
Data: 12/07/2023 13:55:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rafael Kopschitz Xavier Bastos
Orientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por tudo que Ele realiza em minha vida.

Ao professor Rafael por toda a ajuda, suporte, apoio e compreensão durante o período de realização do mestrado.

À professora Renata pelo incentivo e apoio em minha trajetória acadêmica.

À minha família, em especial à minha mãe, pelo apoio e incentivo nos momentos mais complicados.

A todos os amigos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

DIAS, Ágata Cristina Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2022. **Avaliação da ocorrência de produtos secundários da desinfecção em água para consumo humano no Brasil – panorama com base em dados do Sisagua.** Orientador: Rafael Kopschitz Xavier Bastos.

Entre os principais produtos secundários da desinfecção (PSD) da água para consumo humano se encontram os trihalometanos (THM), ácidos haloacéticos (AHA), clorofenóis – em especial 2,4,6-triclorofenol (2,4,6-T), clorito e bromato. Esses PSD estão presentes no padrão de potabilidade da norma brasileira de qualidade da água para consumo humano, e são o objeto de interesse do presente estudo. Com base em dados do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) entre 2014 e 2019, buscou-se aqui descrever e qualificar a ocorrência desses PSD no Brasil. Mais especificamente, constituíram objetivos deste trabalho: (i) caracterizar o banco de dados; (iii) verificar a relação entre ocorrência de PSD, a unidade da federação (UF) e o porte populacional do município onde se encontram as unidades de tratamento de água; (iv) verificar a relação entre a ocorrência de THM e AHA, cloro residual livre (CRL), cor e pH. Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins destacaram-se como as UF que apresentaram percentuais mais elevados de municípios com dados de monitoramento de PSD no Brasil – acima de 90%. Por outro lado Acre, Amapá, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Roraima não cadastraram dados de monitoramento de PSD para nenhum município. Clorito, bromato e 2,4,6 T não foram detectados em concentrações superiores aos respectivos valores máximos permitidos (VMP) como padrão de potabilidade, salvo raríssimas exceções. A ocorrência de AHA acima do VMP não foi registrada apenas nos estados da região centro-oeste. THM acima do VMP não foram encontrados apenas no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio de Janeiro e Tocantins. Os estados do Espírito Santo, Bahia, Ceará e Sergipe destacaram-se por apresentar elevados percentuais de quantificações acima do VMP, além de elevadas concentrações de AHA e, ou de THM. O estado de São Paulo destacou-se por apresentar quantificações de THM e AHA acima do VMP em grande parte dos grupos de porte municipais e pontos de amostragem. O porte populacional não demonstrou ser um fator estatisticamente significativo para a ocorrência de THM, AHA e 2,4,6-T. Por outro lado, foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre a ocorrência desses PSD e a UF, o que poderia estar relacionado a fatores locais (como temperatura ou clima) mas os resultados não possibilitaram inferências nesse sentido. A ocorrência de PSD se mostrou

correlacionada com valores mais elevados de CRL (AHA e THM) e de cor (THM). Os resultados aqui reunidos fornecem um quadro geral sobre a ocorrência de PSD no país e serve como importante sinalização de situações e locais que demandam maior atenção.

Palavras-chave: Água para consumo humano. Ácidos haloacéticos. Trihalometanos. 2,4,6-T. Ocorrência no Brasil.

ABSTRACT

DIAS, Ágata Cristina Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2022. **Evaluation of disinfection by-product occurrence in drinking-water in Brazil – an overview based on data from the Sisagua.** Adviser: Rafael Kopschitz Xavier Bastos.

Among the main drinking-water (DW) disinfection by-products (DBP) are trihalomethanes (THM), haloacetic acids (HAA), chlorophenols - specially 2,4,6-trichlorophenol (2,4,6-T), chlorite and bromate. These DBP are present in the Brazilian drinking water standards and are the object of interest of the present study. Based on data from the “Drinking Water Quality Surveillance Information System” (Sisagua) from 2014 to 2019, it was sought to describe and qualify the occurrence of these DBP in Brazil. More specifically, the objectives of the present study were: (i) to characterize the database; (ii) to check the relationship between the occurrence of PSD, the federation unit (FU) (the state of Brazil) and the population size of the town where the water treatment units are located; (iii) to check the relation between the occurrence of THM and HAA, and residual free chlorine, water color and pH. Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins stood out as the FU with the highest percentage of municipalities with DBP monitoring data in Brazil – greater than 90%. On the other hand, Acre, Amapá, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte and Roraima did not report PSD data for any municipality. With only a few exceptions, chlorite, bromate and 2,4,6-T were not detected in concentrations above the respective the maximum allowed concentration (MAC) set in the Brazilian DW standards. HAA above the MAC did not occur only in Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. THM higher than the MAC were not detected only in the states of Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio de Janeiro and Tocantins. The states of Espírito Santo, Bahia, Ceará and Sergipe stood out for presenting high percentages of quantifications above the MAC, as well as high concentrations of THM and/or HAA. The state of São Paulo stood out for presenting quantifications of THM and HAA above the MAC in most municipal size groups and sampling points. Town’s population size did not prove to be a factor statistically significant for the occurrence of THM, HAA and 2,4,6-T. However, there were statistically significant differences between the occurrence of these DBP and the FU, which could be related to local factors (such as temperature or climate) but the results did not allow inferences in this sense. The occurrence of DBP was correlated with higher values of CRL (HAA and THM) and water color (THM). The results gathered here provide a general picture of the occurrence of

PSD in the country and serve as an important sign of situations and places that demand greater attention.

Keywords: Drinking-water. Haloacetic acids. Trihalomethanes. 2,4,6-T. Occurrence in Brazil.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	Caracterização do problema.....	10
1.2.	Hipóteses.....	12
1.3.	Objetivos.....	12
2.	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1.	Tratamento de água e formação de produtos secundários da desinfecção.....	13
2.2.	Principais desinfetantes utilizados em estações de tratamento de água.....	15
2.2.1.	Cloro e cloraminas	15
2.2.2.	Dióxido de cloro	18
2.2.3.	Ozônio.....	19
2.3.	Fatores intervenientes na formação de produtos secundários da desinfecção	19
2.3.1.	Desinfetante utilizado	19
2.3.2.	Matéria orgânica natural (MON)	20
2.3.3.	pH	20
2.3.4.	Tempo de contato	20
2.3.5.	Temperatura	21
2.3.6.	Dose de cloro e concentração de cloro residual livre	21
2.3.7.	Brometo	21
2.4.	Principais produtos secundários da desinfecção	21
2.4.1.	Clorofenóis	22
2.4.2.	Clorito e clorato	22
2.4.3.	Bromato	23
2.4.4.	N-nitrosodimetilamina (NDMA)	23
2.4.5.	Trihalometanos e ácidos haloacéticos	24
2.4.6.	Valores limites para os principais produtos secundários da desinfecção em normas de qualidade da água.....	25
2.5.	Ocorrência de produtos secundários da desinfecção no Brasil – dados de literatura	28
2.6.	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua)	32
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1.	Sistematização dos dados do Sisagua	34
3.1.1.	Caracterização do banco de dados de produtos secundários da desinfecção disponibilizado pelo Sisagua	34
3.1.2.	Análise dos dados informados de ocorrência de PSD	36
3.2.	Panorama da ocorrência de produtos secundários da desinfecção no Brasil ..	37
3.2.1.	Ocorrência de produtos secundários da desinfecção por porte da cidade ..	37
3.2.2.	Avaliação da ocorrência de produtos secundários da desinfecção em função do porte municipal, estado e qualidade da água	38

4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1.	Caracterização do banco de dados de PSD do Sisagua.....	41
4.1.1.	Cumprimento geral das exigências de monitoramento de PSD por estado..	41
4.1.2.	Inserção de dados de THM, AHA e 2,4,6-T no Sisagua por porte de município	43
4.1.3.	Cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T por porte de município, por estado.....	46
4.1.4.	Cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T por ponto de amostragem, por porte de município, por estado	50
4.1.5.	Caracterização do banco de dados de THM, AHA e 2,4,6-T quanto a qualidade dos dados informados (identificação e remoção de erros).....	52
4.2.	Ocorrência de produtos secundários da desinfecção no Brasil.....	53
4.2.1.	Ocorrência de clorito e bromato no Brasil.....	53
4.2.2.	Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol no Brasil	56
4.2.2.1.	<i>Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na Região Sudeste</i>	56
4.2.2.2.	<i>Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na Região Sul</i>	63
4.2.2.3.	<i>Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na Região Centro-Oeste.....</i>	66
4.2.2.4.	<i>Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na região Nordeste.....</i>	68
4.2.2.5.	<i>Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na região Norte</i>	71
4.2.2.6.	<i>Síntese da avaliação da ocorrência de 2,4,6-triclorofenol no Brasil....</i>	72
4.2.3.	Ocorrência de ácidos haloacéticos no Brasil	73
4.2.3.1.	<i>Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Sudeste</i>	74
4.2.3.2.	<i>Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Sul</i>	82
4.2.3.3.	<i>Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Centro-Oeste.....</i>	86
4.2.3.4.	<i>Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Nordeste.....</i>	90
4.2.3.5.	<i>Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Norte</i>	93
4.2.3.6.	<i>Síntese da avaliação da ocorrência de ácidos haloacéticos no Brasil .</i>	94
4.2.4.	Ocorrência de trihalometanos no Brasil	102
4.2.4.1.	<i>Ocorrência de trihalometanos na Região Sudeste</i>	103
4.2.4.2.	<i>Ocorrência de trihalometanos na Região Sul</i>	111
4.2.4.3.	<i>Ocorrência de trihalometanos na Região Centro Oeste</i>	115
4.2.4.4.	<i>Ocorrência de trihalometanos na Região Nordeste</i>	119
4.2.4.5.	<i>Ocorrência de trihalometanos na Região Norte</i>	123
4.2.4.6.	<i>Síntese da avaliação da ocorrência de trihalometanos no Brasil.....</i>	125
5.	CONCLUSÕES	133
6.	REFERÊNCIAS	135
	APENDICE A – Percentuais de dados desconsiderados.....	141
	APENDICE B – Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T.....	143
	APENDICE C – Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA.....	152
	APENDICE D – Estatística descritiva dos dados quantificados de THM.....	159
	APENDICE E – Ocorrência percentual de pH, cloro residual livre e cor no Brasil.....	168
	APENDICE F – Temperaturas	170

1. INTRODUÇÃO

1.1. Caracterização do problema

A água é um elemento essencial à vida humana, porém sua ingestão pode acarretar problemas à saúde, pois o organismo humano pode ser exposto a microrganismos patogênicos ou substâncias químicas tóxicas. Portanto, o tratamento da água é uma importante medida de prevenção de doenças.

Na maior parte das estações de tratamento de água (ETA) em operação no Brasil, o tratamento se dá por meio da tecnologia conhecida como ciclo completo, que compreende as etapas de clarificação (coagulação, floculação, decantação e filtração), que têm como objetivo a remoção de turbidez e cor, seguida pela desinfecção, etapa em que ocorre a inativação de microrganismos. Os desinfetantes mais comumente utilizados para o tratamento da água são o cloro, dióxido de cloro, ozônio e radiação ultravioleta, sendo que no Brasil o cloro é, de longe o mais utilizado. Contudo, os desinfetantes químicos, como oxidantes que são, podem reagir com compostos presentes na água, dando origem aos produtos secundários da desinfecção (PSD), muitos dos quais são tóxicos ao organismo humano.

A norma de qualidade da água para consumo humano no Brasil passou recentemente por processo de revisão: a Portaria de Consolidação MS nº5 de 2017, Anexo XX, foi alterada pela Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021 e pela Portaria GM/MS nº2472, de 28 de setembro de 2021 (Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5/2017). Atualmente, a norma estabelece valor máximo permitido em água tratada para os seguintes PSD: ácidos haloacéticos total (AHA), trihalometanos total (THM), 2,4,6-triclorofenol, bromato, clorito, clorato, 2,4-diclorofenol e N-nitrosodimetilamida (NDMA), sendo que os três últimos foram incorporados à norma em 2021 (BRASIL, 2021). Cumpre, entretanto, esclarecer que o presente trabalho foi desenvolvido sobre uma base de dados (2014-2019) coincidente ainda com a vigência do Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº5 / 2017 (doravante assim citada) (BRASIL, 2017).

O íon bromato pode ser formado pelo processo de desinfecção com ozônio. A ozonização da água não forma PSD halogenados, mas forma outros produtos orgânicos e inorgânicos como aldeídos, ácidos e subprodutos bromados, com destaque para o íon bromato devido a seu potencial de toxicidade (USEPA, 1999). O clorito é o produto principal da desinfecção da água com dióxido de cloro, sendo que cerca de 50 – 70% desse desinfetante é convertido a clorito e 30% em cloretos e cloratos (USEPA, 1999).

Na água, o agente desinfetante pode reagir com a matéria orgânica natural, em especial com ácidos húmicos e fúlvicos. Quando se utiliza cloro como desinfetante, dessas reações originam-se compostos organoclorados, com destaque para os trihalometanos (THM) e ácidos haloacéticos (AHA) (WHO, 2022). Estes são os subprodutos da desinfecção com cloro de mais comum ocorrência e estão presentes no padrão de potabilidade da água de diversos países. Quatro THM são abordados no Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº5 / 2017: clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio. Entre os AHA, o Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº5 / 2017 regulamenta a ocorrência de nove compostos: ácido monocloraacético, ácido monobromoacético, ácido dicloroacético, ácido dibromocloroacético, ácido tricloroacético, ácido bromocloroacético, ácido tribromoacético, ácido dibromoacético e ácido bromodicloroacético (BRASIL, 2021). Entre os PSD da cloração existem compostos potencialmente carcinogênicos, o que reforça a importância de seu monitoramento em água para consumo humano (WHO, 2022). Outros subprodutos halogenados resultantes da desinfecção com cloro são os clorofenóis, entre os quais estão o 2,4-diclorofenol e o 2,4,6-triclorofenol, sendo o último classificado como possivelmente/provavelmente carcinogênico para humanos (USEPA, 2018).

O Brasil conta com um banco de dados de monitoramento da qualidade da água tratada disponibilizado em plataforma digital pelo Ministério da Saúde (MS) - o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua). Por força de norma, todos os sistemas de abastecimento de água para consumo humano do país têm que inserir no Sisagua os respectivos dados de monitoramento da qualidade da água. Assim, o Sisagua se apresenta como uma importante ferramenta de verificação do cumprimento das exigências da norma (de monitoramento e de atendimento ao padrão de potabilidade), bem como de avaliação de risco.

Tendo como fonte de dados as informações do Sisagua de 2014 a 2019, o presente estudo visa descrever e analisar a ocorrência de produtos secundários da desinfecção no Brasil.

1.2. Hipóteses

- (i) A ocorrência de produtos secundários da desinfecção (PSD) está relacionada com o porte da cidade em que o tratamento de água é realizado. Cidades de maior porte tendem a contar com melhor controle técnico e operacional na ETA, acarretando menor formação de produtos secundários da desinfecção.
- (ii) Devido à grande heterogeneidade regional verificada no Brasil, a ocorrência de trihalometanos e ácidos haloacéticos pode variar conforme a macrorregião e a Unidade da Federação; heterogeneidade, por exemplo, em termos de características climáticas, ou capacidade técnica instalada de tratamento e de controle de qualidade da água.
- (iii) A ocorrência de THM e AHA está correlacionada com características de qualidade da água: cor, concentração de cloro residual livre e pH

1.3. Objetivos

Objetivo Geral: Descrever e qualificar a ocorrência de produtos secundários da desinfecção (PSD) no Brasil com base em dados do Sisagua.

Objetivos Específicos:

- (i) Caracterizar e avaliar a representatividade e a consistência do banco de dados de PSD disponibilizado pelo Sisagua.
- (ii) Verificar a relação entre a ocorrência de PSD e a unidade da federação e o porte da cidade onde a ETA está inserida.
- (iii) Verificar a relação entre a ocorrência de PSD e dados de qualidade da água

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Tratamento de água e formação de produtos secundários da desinfecção

A redução da transmissão de doenças microbianas associadas ao abastecimento/consumo de água está ligada ao desenvolvimento de processos de tratamento da água, particularmente a filtração e a desinfecção (USEPA, 2001). O advento da cloração no início do século XX representou controle efetivo da transmissão de doenças infecciosas (USEPA, 2001). Porém, os protozoários, que apenas mais tarde viriam a ser reconhecidos como patógenos humanos¹, se mostrariam, em suas formas encistadas, bem mais resistentes à cloração do que as bactérias e os vírus, o que requer atenção redobrada à clarificação da água e, ou a utilização de desinfetantes mais potentes. Com efeito, inativação elevada de cistos de protozoários pode ser alcançada com desinfetantes tais como dióxido de cloro, ozônio ou radiação ultravioleta (USEPA, 1999; USEPA, 2005; WHO, 2022); por sua vez, as etapas do tratamento que visam a clarificação da água (coagulação, floculação, decantação e filtração), ao promover a agregação dos cistos às partículas suspensas e coloidais (LIBÂNIO, 2008), podem resultar em elevada remoção de protozoários.

A eficiência da desinfecção é função das características do desinfetante, da água e do microrganismo a ser inativado. Os diversos desinfetantes possuem mecanismos próprios de ação, mas, essencialmente, a inativação é resultado da capacidade do desinfetante de penetrar nas células dos microrganismos e interferir nas atividades celulares (USEPA, 1999). Existirão, portanto, organismos mais ou menos resistentes à ação de desinfetantes mais ou menos potentes, o que é expresso pelo produto Ct (concentração do desinfetante x tempo de contato) no seguinte sentido: quanto maior o valor de Ct menos eficiente é o desinfetante e, ou mais resistente é o microrganismo. Assim, um valor de Ct se refere à uma dada eficiência de inativação de determinado organismo por ação de um desinfetante específico (LIBÂNIO, 2008).

Os desinfetantes apresentam ainda propriedades relacionadas à interação com as características da água (por exemplo, o pH), favorecendo a formação de espécies químicas com maior ou menor potencial de desinfecção. A turbidez da água também interfere na eficiência da desinfecção, na medida em que partículas em suspensão podem funcionar como escudo para os

¹ *Giardia* e *Cryptosporidium* foram reconhecidos como patógenos humanos apenas nas décadas de 1970 e 1980, respectivamente, mas hoje se encontram entre os principais agentes responsáveis por surtos de doenças de veiculação hídrica (EFSTRATIOU; ONGERTH; KARANIS, 2017).

microrganismos, protegendo-os da ação do desinfetante. A presença de substâncias oxidáveis, orgânicas e inorgânicas (por exemplo, ferro e manganês) provoca consumo dos agentes desinfetantes químicos (oxidantes), diminuindo sua disponibilidade na ação desinfetante, ou promovendo a formação de espécies com menor poder desinfetante ou, mais preocupante, de subprodutos tóxicos. Enfim, na escolha do desinfetante ponderam-se os seguintes aspectos: (i) capacidade de inativação dos diversos microrganismos; (ii) potencial de formação de subprodutos tóxicos; (iii) propriedade de produzir residuais persistentes na água; (iv) custos e complexidade de operação e manutenção (USEPA, 1999; LIBÂNIO, 2008).

Os principais desinfetantes utilizados em ETAs são o cloro, dióxido de cloro, ozônio, cloraminas e radiação ultravioleta (WHO, 2022). Talvez pelos dois últimos quesitos acima referidos, o cloro se destaca como, de longe, o agente desinfetante mais utilizado em ETAs no Brasil, ainda que se apresente em desvantagem em relação aos dois primeiros quesitos: capacidade limitada de inativação de protozoários e elevado potencial de formação de subprodutos da desinfecção, ou produtos secundários da desinfecção (PSD). Na realidade, à exceção da radiação ultravioleta, todos os demais desinfetantes aqui considerados (cloro, dióxido de cloro e ozônio) geram PSD, mas de fato o cloro se destaca, com a formação de grande variedade de compostos organoclorados (DI BERNARDO, DANTAS, 2005; LIBÂNIO, 2008; WHO, 2022).

O problema da formação de PSD é conhecido desde os anos 1970, quando primeiro foram identificados os trihalometanos, como subprodutos da cloração, da reação do cloro com a matéria orgânica presente na água. Desde então são reconhecidos como principais PSD, com alguma sobreposição de subprodutos entre desinfetantes: (i) trihalometanos (THM) e ácidos haloacéticos (AHA) - subprodutos da cloração; (ii) nitrosaminas - subproduto da desinfecção com cloraminas (desinfetante, mas que pode também ocorrer como subproduto da cloração); (iii) clorito e clorato – subproduto da aplicação de dióxido de cloro; (iv) bromato e aldeídos - subprodutos da ozonização (RICHARDSON *et al.*, 2007).

Juntos, os THM e os AHA representam aproximadamente 25% dos subprodutos orgânicos halogenados da cloração, ou seja, há vários outros, sobre os quais as informações são escassas (KRASNER *et al.*, 2006). Além disso, mais de 50% dos haletos orgânicos totais (TOX) formados durante a cloração não são contabilizados como PSD identificados (RICHARDSON *et al.*, 2007). Na realidade, embora se reconheçam hoje um pouco mais de 600 PSD, apenas sobre aproximadamente 100 destas substâncias se têm informações acerca dos respectivos riscos à saúde ou mesmo de sua ocorrência quantitativa em água, e somente “uma dezena”

destas são objeto de regulamentação em normas ou diretrizes da qualidade da água para consumo humano (RICHARDSON *et al.*, 2007; HEBERT *et al.*, 2010; WHO, 2022). Nessas lacunas de informações se encontram os chamados subprodutos “emergentes”, ou produtos secundários da desinfecção emergentes (PSDE), entre os quais se destacam: halofuranonas (MX [3-cloro-4-(diclorometil)-5-hidroxi-2(5H)-furanona] e MX bromados) (desinfecção com cloro), iodo-ácidos (desinfecção com cloraminas) e outros halo-ácidos ainda não regulados, iodo-trihalometanos (THMs) e outros halometanos não regulados, nitrosaminas, haloamidas, halocetonas (desinfecção com cloro e cloraminas), halonitrometanos (desinfecção com cloro, cloraminas, ozônio-cloro e ozônio-cloraminas), haloacetoneitrilas (desinfecção com cloro, cloraminas, dióxido de cloro e ozônio), aldeídos (desinfecção com ozônio) (KRASNER *et al.*, 2006; RICHARDSON *et al.*, 2007; HEBERT *et al.*, 2010).

2.2. Principais desinfetantes utilizados em estações de tratamento de água

2.2.1. Cloro e cloraminas

O cloro é utilizado em ETAs com o objetivo principal de desinfecção; porém, outros benefícios podem ser alcançados com a cloração, seja como pré-oxidação, simultaneamente à ação desinfetante, ou mesmo no sistema de distribuição: controle de gosto e odor, prevenção do crescimento de algas, oxidação de ferro e manganês, oxidação de sulfeto de hidrogênio, redução da cor, controle do crescimento de biofilmes nas tubulações (DI BERNARDO, DANTAS, 2005; USEPA, 1999). As três formas de cloro mais utilizadas para a desinfecção são: cloro gás, hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio (USEPA, 1999).

- Cloro gasoso

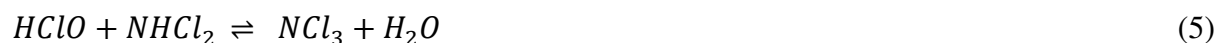
Na água, o cloro gasoso passa rapidamente por reação de hidrólise formando ácido hipocloroso (Equação 1), que, por sua vez, em função do pH da água, se dissocia formando íon hipoclorito (ClO^-) (Equação 2).



Em meio com pH na faixa de 6,5 e 8,5 a dissociação é incompleta e ambas as espécies (ácido hipocloroso e íon hipoclorito) coexistem. Em pH inferior a 6,5 não há dissociação do HClO, enquanto em pH superior a 8,5 a dissociação é completa, ocorrendo, portanto, apenas

OCl⁻. Os dois compostos apresentam ação desinfetante e oxidante, mas o efeito germicida do ácido hipocloroso é muito superior ao do íon hipoclorito. Portanto, a cloração é preferível em pH abaixo de 7,5, pois este é o ponto de equilíbrio da Equação 2, isto é o valor de pH onde o ácido hipocloroso e o íon hipoclorito ocorrem em iguais concentrações molares. O chamado cloro residual livre refere-se à presença de cloro na forma de HClO e OCl⁻ (DI BERNARDO, DANTAS, 2005; USEPA, 1999).

O cloro pode ainda reagir com amônia e compostos amoniacais, formando compostos clorados ativos, as cloraminas (Equações 3, 4 e 5). Amônia de origem orgânica dá origem à cloraminas com pequeno poder de desinfecção. Contudo, quando a amônia é de origem inorgânica as cloraminas formadas podem ser utilizadas como desinfetantes, ainda que com poder desinfetante mais baixo que as formas de cloro livre. Cloro residual combinado é o termo utilizado para o teor de cloro na água na forma de cloraminas inorgânicas: monoclорamina (NH₂Cl), dicloramina (NHCl₂) e tricloramina, ou tricloreto de nitrogênio (NCl₃). A dicloramina possui maior poder oxidante, contudo não é desejável sua formação bem como a de tricloramina devido ao fato de ambas conferirem gosto e odor à água (DI BERNARDO; DANTAS, 2005; USEPA, 1999).



A formação e predominância das espécies de cloraminas (ou seja, o equilíbrio das reações expressas nas equações 3, 4 e 5) depende do pH e da razão entre as concentrações molares de cloro e de amônia. Em valores de pH entre 5 e 9, ocorrem as formas de mono e de dicloroaminas, com predominância de monoclорamina em pH mais elevado. Em pH abaixo de 5, coexistem dicloroaminas e tricloroaminas; em pH acima de 9, praticamente só ocorre monoclорoamina. A formação de monoclорamina predomina em Cl₂/NH₄⁺ < 5. Com aumento da dose de cloro, mas mantendo a relação Cl₂/NH₄⁺ < 7,6, ocorre uma mistura de NHCl₂ e NH₂Cl, parte do nitrogênio amoniacal é oxidado pelo cloro a NO₃⁻ e parte a N₂. Quando a relação Cl₂/NH₄⁺ for igual a 7,6, teoricamente toda amônia disponível será oxidada (DI BERNARDO; DANTAS, 2005) (Equação 6).

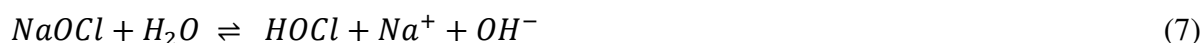


A dosagem de cloro referente à oxidação total da amônia é denominada cloração ao *break point*, a partir do que o aumento da dose de cloro resulta em aumento do teor de cloro residual livre (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

A seguir são apresentadas as reações na água de dois sais de cloro muito utilizados no tratamento de água: hipoclorito de sódio (comercializado em forma líquida) e hipoclorito de cálcio (comercializado na forma sólida, granulada). Note-se que, em ambos os casos, quando adicionados à água, há formação de ácido hipocloroso, a partir do que repetem-se as reações indicadas no item anterior para o cloro gás.

- Hipoclorito de sódio

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é produzido pela dissolução de cloro gasoso em uma solução de hidróxido de sódio (USEPA, 1999). Na água, a reação do hipoclorito de sódio se dá como na Equação 7.



Nota-se na Equação 7 que, como ocorre com o cloro gasoso, produção do ácido hipocloroso na hidrólise de NaOCl. Contudo, nesse caso há formação de íons hidroxila, o que aumenta o pH do meio (USEPA, 1999), oposto do que ocorre com o uso do cloro gasoso.

- Hipoclorito de cálcio

O hipoclorito de cálcio é produzido pela dissolução de cloro gasoso em uma solução de óxido de cálcio e hidróxido de sódio. A reação de hidrólise do composto se dá como expresso na Equação 8.



Como acontece com o hipoclorito de sódio, a hidrólise do hipoclorito de cálcio também forma ácido hipocloroso e íons hidroxila, o que contribui para aumentar o pH do meio (USEPA, 1999).

Como antecipado no item 2.1, o cloro é o agente desinfetante mais utilizado em ETAs no Brasil; apresenta elevada capacidade de inativação de bactérias e vírus, mas a inativação de cistos de protozoários é limitada, particularmente a de oocistos de *Cryptosporidium* (a

inativação de cistos de *Giardia* ainda se mostra viável com os valores de *Ct* usualmente praticados em ETAs). Também como já mencionado, outra desvantagem da desinfecção com cloro é o elevado potencial de formação de subprodutos tóxicos, como decorrência da reação com a matéria orgânica natural (MON) presente na água, com destaque para os THM e os AHA.

2.2.2. Dióxido de cloro

O dióxido de cloro é um composto neutro de cloro (estado de oxidação +4). É um oxidante potente, altamente seletivo devido ao mecanismo de transferência de um único elétron, sendo reduzido a clorito na presença de substâncias redutoras, matéria orgânica, por exemplo (DI BERNARDO; DANTAS, 2005; USEPA, 1999) (Equação 9). A seguir são apresentadas as principais meias reações de oxirredução que podem ocorrer a partir da aplicação de dióxido de cloro na água, com seus respectivos potenciais de eletrodo-padrão (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).



Diferentemente do cloro gasoso, o dióxido de cloro não sofre hidrólise e permanece como gás dissolvido na água, e se mantém na forma molecular nas faixas de pH usualmente encontradas em águas naturais. O principal produto das reações do dióxido de cloro na água é o clorito (ClO_2^-), correspondendo a 50% a 70% do consumo do dióxido de cloro; o restante, aproximadamente 30%, é convertido em clorato (ClO_3^-) e cloreto (Cl^-) (USEPA, 1999).

Se comparado ao cloro, as principais vantagens do dióxido de cloro na desinfecção da água são: desinfetante mais potente, inclusive com capacidade de inativação de protozoários patogênicos; eficiência de inativação relativamente estável em ampla faixa de pH; não formação de subprodutos halogenados como THM e AHA. Porém, o principal subproduto das reações do dióxido de cloro na água, o clorito, também é tóxico. Outras desvantagens são a maior complexidade e custos de operação, pois o dióxido de cloro deve ser produzido *in loco*, em equipamento próprio instalado na ETA, devido ao seu alto teor explosivo e, portanto, não pode ser comprimido e armazenado na forma de gás (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

2.2.3. Ozônio

O ozônio (O₃) necessita também ser gerado no local, no momento, da aplicação, pela combinação de um átomo e uma molécula de oxigênio (Equação 13), o que é realizado em “ozonizadores”, por meio de descarga elétrica (USEPA, 1999).



O ozônio é uma molécula instável que se decompõe na água espontaneamente por mecanismos complexos que envolvem a geração de radicais livres (USEPA, 2005) (Equações 14, 15 e 16).



A ação oxidante do ozônio pode ocorrer por duas vias: diretamente pelo ozônio molecular (O_{3(aq)}) ou pelos radicais hidroxila (USEPA, 1999). Os radicais são oxidantes mais potentes, possuem elevada taxa de reação, mas sua meia vida em água é da ordem de microssegundos. A forma molecular de ozônio promove oxidação mais lenta, se comparada ao radical hidroxila, porém sua concentração em água é mais alta. Em contrapartida, a reação do radical hidroxila é rápida, mas sua concentração em água é mais baixa nas condições usuais de ozonização. Em meio ácido, a ozonização com ozônio molecular predomina, porém quando há condições favoráveis a formação do radical hidroxila (pH elevado, exposição à radiação UV, adição de peróxido de hidrogênio) a oxidação por meio do radical hidroxila predomina (DI BERNARDO, DANTAS, 2005; USEPA, 1999).

2.3. Fatores intervenientes na formação de produtos secundários da desinfecção

2.3.1. Desinfetante utilizado

Os PSD podem ser classificados como halogenados ou não halogenados. Os produtos secundários orgânicos halogenados podem ser formados pela reação entre compostos orgânicos presentes na água e o cloro livre, bromo livre ou iodo livre. As reações de formação destes PSD podem ocorrer tanto na estação de tratamento quanto no sistema de distribuição. As reações entre a matéria orgânica natural (MON) presente na água com o cloro possibilita a formação de

vários subprodutos halogenados, entre os quais os trihalometanos e os ácidos haloacéticos (USEPA, 2005).

Os PSD não halogenados podem ser formados quando a MON reage com um oxidante forte, como, por exemplo, a formação de aldeídos, aldo e ceto-cetonas e ácidos orgânicos na oxidação com ozônio e peróxido de hidrogênio (SINGER, 1999), muito embora a reação com cloro também possa formar subprodutos não halogenados (SINGER; HARRINGTON, 1993 *apud* USEPA, 2005).

Cloraminas, se comparadas com cloro livre, formam menor quantidade de subprodutos e não há evidência de formação de THM, mas formam nitrosaminas e outros subprodutos emergentes (ver item 2.1). O dióxido de cloro também não produz subprodutos halogenados em quantidades consideráveis, mas forma cloritos em quantidades elevadas. Não há evidência de formação de PSD com radiação UV. Já o ozônio, apesar de não formar subprodutos clorados, pode alterar as reações entre a MON e o cloro e, quando houver concentrações suficientes de bromo na água, pode ocorrer a formação de bromato e outros subprodutos bromados (USEPA, 2005).

2.3.2. Matéria orgânica natural (MON)

A matéria orgânica natural (MON) presente na água, principalmente substâncias húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos), é o principal agente precursor dos subprodutos da cloração. A formação de THM e AHA é diretamente proporcional à concentração de MON (SINGER, 1994; SINGER, 1999; MINISTRY OF HEALTH, 2019).

2.3.3. pH

O pH do meio afeta a formação de subprodutos da cloração. Valores mais elevados de pH favorecem a formação de trihalometanos, enquanto o aumento da concentração de ácidos haloacéticos está relacionada a pH mais baixo. O aumento da concentração de THM em pH elevado pode ser devido a reações de hidrólise que favorecem a formação desses PSD. Já a formação de AHA em pH elevado pode ser comprometida, devido à possibilidade de seus precursores sofrerem hidrólise (SINGER; RECKHOW, 1999; USEPA, 2005).

2.3.4. Tempo de contato

A formação de PSD tem continuidade na rede de distribuição pelo contato do cloro residual com precursores reativos dos subprodutos. Tempo de contato mais prolongado na rede

leva ao aumento da concentração de THM. Já os AHA tendem a ser biodegradados ao longo do tempo, quando o residual de cloro é baixo; portanto, é esperado que sua concentração no sistema de distribuição seja relativamente baixa em pontos mais distantes da rede (USEPA, 2005).

2.3.5. Temperatura

Há efeitos sazonais na formação dos subprodutos da cloração. No verão, em decorrência das temperaturas mais elevadas, as reações ocorrem mais rapidamente e com o aumento da demanda de cloro, há aumento na formação de subprodutos, enquanto no inverno a formação de subprodutos é menor (SINGER, 1994).

2.3.6. Dose de cloro e concentração de cloro residual livre

A formação de ácidos haloacéticos é favorecida em relação à de trihalometanos em condição de doses elevadas de cloro e de cloro residual livre (SINGER, 1994). Geralmente, mudanças na dose de cloro têm impacto maior na pré-cloração pois, neste caso, o desinfetante seria o fator limitante para a formação de subprodutos (USEPA, 2005). Já na desinfecção após a clarificação, a presença de precursores tende a ser o fator limitante. Na rede de distribuição o cloro livre volta a ser o fator limitante para a formação de PSD, quando a concentração de desinfetante cai a níveis baixos (USEPA, 2005).

2.3.7. Brometo

O íon brometo pode ocorrer naturalmente na água e pode contribuir para a formação de subprodutos bromados da cloração e da ozonização (USEPA, 2001). Os brometos podem ser oxidados pelo cloro formando ácido hipobromoso, que, por sua vez, reage com a MON presente na água originando subprodutos bromados (SINGER, 1999).

2.4. Principais produtos secundários da desinfecção

Os PSD que representam riscos potenciais à saúde humana podem ser classificados em quatro categorias: residuais de desinfetantes (cloro livre, cloraminas e dióxido de cloro), subprodutos inorgânicos (íon clorato, íon clorito, íon bromato, íon iodato), subprodutos orgânicos (aldeídos, ácidos carboxílicos, nitrosaminas) e subprodutos orgânicos halogenados (trihalometanos, ácidos haloacéticos, halocetonitrilas, halocetonas, clorofenóis, entre outros) (USEPA, 1999).

Destes, considerando os desinfetantes mais utilizados em ETAs e aqueles sobre os quais se têm mais informações sobre ocorrência e risco à saúde, os principais PSD são (isto é, aqueles usualmente regulamentados em normas/diretrizes de qualidade da água para consumo humano): THM, AHA, clorofenóis, cloraminas (subprodutos da cloração) e nitrosaminas (mais especificamente N-nitrosodimetilamina, subproduto da cloraminação), clorito, clorato (subprodutos do dióxido de cloro), bromato (subproduto da ozonização).

2.4.1. Clorofenóis

Clorofenóis são compostos halogenados que podem ocorrer na água como subprodutos da cloração (da reação do hipoclorito com ácidos fenólicos), ou por contaminação prévia da água, por exemplo, com biocidas, ou pela degradação de herbicidas fenólicos (ex.: 2,4,5-T e 2,4-D) (NHMRC, NRMMC; 2022; WHO, 2022). A maior parte dos clorofenóis e todos seus sais de sódio são solúveis em água (HEALTH CANADA, 2008). O 2,4,6-triclorofenol é moderadamente solúvel em água e possui baixa pressão de vapor, indicando que a volatilização não é um fator importante para sua remoção da água. Sua mobilidade no solo é baixa e é esperado que haja biodegradação em ambiente aeróbico e anaeróbico com tempo de meia vida respectivamente igual a 5 e 20 dias (MINISTRY OF HEALTH, 2019).

Os clorofenóis mais frequentemente formados como subprodutos da desinfecção com cloro são: 2-clorofenol, o 2,4-diclorofenol e o 2,4,6-triclorofenol, os quais conferem gosto e, ou odor à água em concentrações bem mais baixas que aquelas que representam risco à saúde. Os limiares de percepção de gosto e odor desses compostos são, respectivamente: 0,0001 e 0,01 mg/L (2-clorofenol); 0,0003 e 0,04 mg/L (2,4-diclorofenol) e 0,002 e 0,3 mg/L (2,4,6-triclorofenol) (NHMRC, NRMMC; 2022; HEALTH CANADA, 2008; WHO, 2022). A *International Agency for Research on Cancer* (IARC), a EPA e Health Canada, classificam o 2,4,6-triclorofenol como provável / possível carcinogênico humano (HEALTH CANADA, 2008, USEPA, 2018; WHO, 2022), sendo que os valores máximos permitidos em água para efeito de proteção à saúde são da ordem de 0,3 mg/L (2-clorofenol); 0,2 mg/L (2,4-diclorofenol) e 0,02 mg/L (2,4,6 triclorofenol) (NHMRC, NRMMC; 2022; WHO, 2022).

2.4.2. Clorito e clorato

Como já referido, na água o dióxido de cloro decompõe-se rapidamente nos íons clorito, clorato e cloreto, principalmente clorito. Assim, clorito e clorato são subprodutos praticamente inevitáveis da desinfecção com dióxido de cloro. Porém, ambos podem ser formados também

pela degradação de soluções de hipoclorito de sódio ou cálcio armazenadas por períodos prolongados em ETAs (NHMRC, NRMCC; 2022; WHO, 2022).

O clorito é usualmente regulamentado em normas de qualidade da água para consumo humano, pois sua toxicidade é há mais tempo reconhecida. Em relação ao clorato, as evidências de toxicidade são menos consistentes e, por isso, nem sempre é incluído em padrões de potabilidade. Clorito e clorato não são classificáveis em termos de carcinogenicidade, isto é, não há informações suficientes ou adequadas para tanto (HEALTH CANADA, 2013; WHO, 2022).

2.4.3. Bromato

Bromato não é usualmente encontrado na água, mas pode ocorrer como resultado de poluição industrial, ou por escoamento superficial de solos contaminados. As propriedades físico-químicas do bromato indicam que, na água, o composto não tende a volatilizar e sua adsorção em solo ou sedimento é mínima. Na água tratada, pode advir de soluções de hipoclorito produzidos por eletrólise de sais que contenham brometos. Mas a principal fonte em água tratada é a formação de bromatos a partir da ozonização da água com presença de brometo (HEALTH CANADA, 2016; WHO, 2022).

Há evidências de efeitos mutagênicos associados ao bromato. As evidências de carcinogenicidade do bromato aos seres humanos são insuficientes; porém, como há evidências em animais submetidos a doses elevadas, o bromato é classificado como “provavelmente carcinogênico aos seres humanos” (Grupo 2B da IARC) (USEPA, 2016a; WHO, 2022).

2.4.4. N-nitrosodimetilamina (NDMA)

NDMA é a principal representante (em termos de ocorrência e toxicidade) das nitrosaminas – grupo de subprodutos não halogenados da desinfecção com cloro e, principalmente, cloraminas (HRUDEY *et al.*, 2013; WHO, 2022). Pode ser formada pela reação da monocloramina com dimetilamina – matéria prima de diversos compostos de interesse industrial - eventualmente presente na água (WHO, 2022); coagulantes / polímeros orgânicos utilizados no tratamento da água são também percussores da formação de NDMA (HERBERT *et al.*, 2010). As propriedades físico-químicas do NDMA indicam que, em ambiente aquático, o composto é miscível, não apresenta tendência de bioacumulação, adsorção em sedimentos ou volatilização. A principal forma de remoção do composto da água é pela fotodegradação (HEALTH CANADA, 2011).

Experimentos com animais fornecem evidências conclusivas que o NDMA é um potente cancerígeno por vias de exposição diversas, inclusive a ingestão de água. É, portanto, classificado pela IARC como provavelmente carcinogênico para humanos. Experimento *in vitro* e *in vivo* fornecem também evidências que o NDMA é genotóxico (WHO, 2022).

2.4.5. Trihalometanos e ácidos haloacéticos

Os trihalometanos (THM) e os ácidos haloacéticos (AHA) (Quadro 1) são os principais subprodutos da reação do cloro com a matéria orgânica natural presente na água.

Quadro 1 – Classificação e propriedades físicas e químicas dos principais subprodutos da desinfecção com cloro (THM e AHA)

PSD	Composto	CAS	Fórmula Química	pK _a	Log K _{o/w}	Ponto de Ebulição (°C)	Solubilidade em água (mg/L)	Pressão de vapor (mmHg)
THM	TCM	67-66-3	CHCl ₃		1,97 ¹	61,3 em 101,3 kPa ¹	7500-9300 à 25°C ¹	60,98 à 0°C 21,28 à 20°C ¹
	BDCM	75-27-4	CHBrCl ₂		1,88 ¹	90 ¹	3320 à 30°C ¹	159,61 à 20°C ¹
	DBCM	124-48-1	CHBr ₂ Cl		2,08 ¹	119 ¹	1050 à 30°C ¹	15 à 10°C ¹
	TBM	75-25-2	CHBr ₃		2,38 ¹	149-150 ¹	3190 à 30°C ¹	5,62 à 25°C ¹
AHA	AMCA	79-11-8	ClCH ₂ COOH	2,87 ²	0,22 ²	189,1 ²	1,09.10 ⁶ à 25°C ²	0,065 à 25°C ²
	AMBA	79-08-3	BrCH ₂ COOH	2,69 ²	0,41 ²	208 ²	1,75.10 ⁶ à 25°C ²	0,549 à 25°C ²
	ADCA	79-43-6	Cl ₂ CHCOOH	1,26 ²	0,92 ²	193-194 ²	miscível ²	0,179 à 25°C ²
	ADBCA	5278-95-5	CBr ₂ ClCOOH	0,677 ³	1,93 ³	~180 ⁴		
	ATCA	76-03-9	Cl ₃ CCOOH	0,66 ²	1,33 ²	196-197 ²	1,50.10 ⁶ à 25°C ²	0,16 à 25°C ²
	ABCA	5589-96-3	CHBrClCOOH			~180 ⁴		
	ATBA	75-96-7	CBr ₃ COOH			~180 ⁴		
	ADBA	631-64-1	Br ₂ CHCOOH	1,5 ³	1,22 ²	195 ²	2,11.10 ⁶ à 25°C ²	
	ABDCA	7113-314-7	CBrCl ₂ COOH	0,601 ³	1,79 ³	~180 ⁴		

Fonte: (1) WHO (2004); (2) HEALTH CANADA (2010); (3) Schultz *et al.* (1999); (4) Chen, Chang, Wang (2009).

Os THM mais comuns são o clorofórmio ou triclorometano (TCM), bromofórmio ou tribromometano (TBM), bromodiclorometano (BDCM) e dibromoclorometano (DBCM). Clorofórmio é o principal THM resultante da cloração. Contudo, na presença de brometos, a formação dos subprodutos bromados pode se tornar relevante (HEALTH CANADA, 2013; WHO, 2022). O clorofórmio e o bromodiclorometano são classificados pela IARC como possivelmente carcinogênicos para humanos - evidência limitada de carcinogenicidade em humanos, mas evidência suficiente de carcinogenicidade em experimentos com animais. (WHO, 2022). A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), além do

clorofórmio e do bromodiclorometano, classifica também o bromofórmio como provavelmente carcinogênico para humanos (USEPA, 2018).

Os AHA mais comuns incluem nove substâncias (Quadro 1): ácido monocloroacético (AMCA), ácido dicloroacético (ADCA), ácido tricloroacético (ATCA), ácido monobromoacético (AMBA), ácido dibromoacético (ADBA), ácido bromocloroacético (ABCA), ácido bromodicloroacético (ABDCA), ácido dibromocloroacético (ADBCA), ácido tribromoacético (ATBA) (HEALTH CANADA, 2010; USEPA, 2016a). O ADCA é considerado como provável carcinogênico para humanos (USEPA, 2018; WHO, 2022).

O Quadro 1 inclui informações sobre afinidade entre os THM e os AHA com a água. Os valores de $\log K_{ow}$, propriedade relacionada à tendência de um composto em se acumular no solo ou sedimento, indica que esses PSD apresentam alta hidrofiliabilidade e baixa tendência de absorção na biomassa ($\log K_{ow} < 2,5$) (ROGERS, 1996; TER LAAK *et al.*, 2005). A solubilidade desses compostos também é elevada, o que confirma a tendência de permanência em fase aquosa. Contudo, cabe destacar que a solubilidade dos AHA é muito superior à dos THM. A pressão de vapor é a medida da volatilidade de um composto em seu estado puro, sendo que compostos com pressão de vapor relativamente baixa e alta afinidade com solo e água são menos propícios à volatilização (ATSDR, 1992). Os AHA se encaixam nessa descrição, sendo, portanto, menos susceptíveis à volatilização, enquanto os THM são voláteis, particularmente o clorofórmio e o bromodiclorometano, o que pode acentuar a exposição também por inalação e contato dérmico durante o banho.

2.4.6. Valores limites para os principais produtos secundários da desinfecção em normas de qualidade da água

No Quadro 2 são apresentados os valores máximos permitidos (VMP) para PSD no padrão de potabilidade das normas de qualidade da água do Brasil e de outras, tidas como referência no cenário internacional: Estados Unidos (USEPA, 2022), Canadá (HEALTH CANADA, 2022), Austrália (NHMRC, NRMCMC, 2022), Nova Zelândia (MINISTRY OF HEALTH, 2022), além das diretrizes da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022). No que tange à norma brasileira, as informações que constam no Quadro 2 referem-se à Portaria GM/MS nº 888/2021, a qual, em relação à versão anterior da norma (PRC nº 5 de 2017, Anexo XX; mesmo conteúdo da Portaria MS nº 2.914/2011), passou a incluir as seguintes substâncias: 2,4-diclorofenol, N-nitrosodimetilamina e clorato, além de modificar o VMP do clorito de 1,0 mg/L para 0,7 mg/L (BRASIL, 2017; BRASIL, 2021).

Quadro 2 - Valores limites para produtos secundários da desinfecção em diretrizes / normas de qualidade da água para consumo humano

Substância		Valores limite (mg/L)					
		AUS	NZ	OMS	EUA	CAN	BR
Cloraminas		3	3	3	4	3	4
Trihalometanos	Clorofórmio	0,25 ¹	0,4	0,3	0,08 ²	0,1 ²	0,1 ²
	Bromodichlorometano		0,06	0,06			
	Dibromoclorometano		0,15	0,1			
	Bromofórmio		0,1	0,1			
Ácidos Haloacéticos	Ácido monocloroacético	0,15	0,2	0,2	0,06 ³	0,08 ³	0,08 ³
	Ácido monobromoacético	-	-	-			
	Ácido dicloroacético	0,1	0,05	0,05			
	Ácido tricloroacético	0,1	0,2	0,2			
	Ácido dibromoacético	-	-	-	-	-	
	Ácido bromocloroacético	-	-	-	-	-	
	Ácido tribromoacético	-	-	-	-	-	
	Ácido dibromocloroacético	-	-	-	-	-	
Ácido bromodichloroacético	-	-	-	-	-		
2,4,6 - triclorofenol		0,02 ⁴ 0,002 ⁵	0,2 ⁴ 0,002 ⁵	0,2 ⁴ 0,002 ⁵	-	0,005 ⁴ 0,002 ⁵	0,2 ⁴
2,4 diclorofenol		0,2 ⁴ 0,0003 ⁵	0,0003 ⁵	-	-	0,9 ⁴ 0,0003 ⁵	0,2 ⁴
N-nitrosodimetilamina		0,0001	0,00004	0,0001	-	0,000 04	0,0001
Clorito		0,8	0,8	0,7	1	1	0,7
Clorato			0,8	0,7		1	0,7
Bromato		0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

(1) Valor máximo total ou individualmente; (2) THM total; (3) AHA total; (4) critério de saúde; (5) padrão organoléptico

Fonte: elaboração própria a partir de dados de: Brasil (2021); Health Canada (2008); Health Canada (2010); Health Canada (2013); Health Canada (2014); Health Canada (2021); Ministry of Health (2022); NHMRC, NRMCC (2022); USEPA (2022); WHO (2022).

Os THM mais comuns são o clorofórmio (o mais comum), bromofórmio, bromodichlorometano e dibromoclorometano (assumem relevância quando a água contém brometos), os quais costumam ser agrupados como THM4 ou trihalometanos total (TTHM) (USEPA, 2016a). Como se vê no Quadro 2, algumas normas estabelecem limite para TTHM, isto é para a soma dos quatro principais THM, sendo que o VMP para TTHM costuma ter como referência o VMP para clorofórmio, como é o caso das normas dos EUA, Canadá, Austrália e Brasil. Na realidade, a norma da Austrália estabelece o mesmo VMP para o TTHM, ou individualmente para quaisquer dos THM4 (NHMRC, NRMCC, 2022). A norma neozelandesa, à exemplo das diretrizes da OMS, fixa VMP separadamente para cada um dos quatro THM e, adicionalmente, estabelece que a soma das razões da concentração de cada THM pelo seu respectivo VMP não deve exceder 1 (MINISTRY OF HEALTH, 2022; WHO, 2022).

Algo semelhante se verifica para os AHA: algumas normas estabelecem VMP para “AHA total” (TAHA) (EUA, Canadá e Brasil), enquanto outras o fazem para cada AHA (Nova Zelândia e Austrália). Há, entretanto, particularidades. Os AHA mais comuns incluem nove substâncias (AHA9), mas os cinco primeiros (AHA5) da lista a seguir são os que costumam compor o grupo de “AHA total” (EUA, Canadá), ou para alguns dos quais são estabelecidos VMP isoladamente: ácido monocloroacético (AMCA), ácido dicloroacético (ADCA), ácido tricloroacético (ATCA), ácido monobromoacético (AMBA), ácido dibromoacético (ADBA), ácido bromocloroacético (ABCA), ácido bromodicloroacético (ABDCA), ácido dibromocloroacético (ADBCA), ácido tribromoacético (ATBA) (HEALTH CANADA, 2010; USEPA, 2016a). A regulamentação com base no AHA5 assim se estabeleceu pelo fato que apenas para estas substâncias existiam (em 2000) métodos analíticos de detecção. Entretanto, hoje se pode detectar os AHA9 com os mesmos métodos utilizados para AHA5 (USEPA, 2016a); assim sendo a norma brasileira, atualizada em 2021 já fixa VMP para AHA total com base nos nove AHA.

O 2,4,6-ticlorofenol é um subproduto halogenado da desinfecção com cloro pertencente ao grupo dos clorofenóis, classificado pela IARC como possivelmente carcinogênico para humanos. O limiar de percepção sensorial do 2,4,6-ticlorofenol é bem mais baixo que o valor limite como critério de saúde. Apesar disso, na norma brasileira essa substância tem sido mantida no padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e, ao mesmo tempo é omitida no padrão organolético, com a argumentação de que o controle de qualidade da água para o padrão organolético é por vezes negligenciado e que, por outro lado, o significado de saúde não o pode ser, ainda mais em se tratando de substância com potencial cancerígeno. Supõe-se que a inclusão do 2,4 diclorofenol na Portaria MS nº 888/2021 deva ter argumentos semelhantes, ainda que poucas outras normas o incluam e que a OMS não recomende valor limite, haja vista a escassez de informações relativa à toxicidade dessa substância (WHO, 2022).

N-nitrosodimetilamina (NDMA) é mais um PSD incluído na Portaria MS nº 888/2021. É um subproduto da cloroaminação de muito provável ocorrência, cancerígeno. Já faz parte do padrão das normas da Austrália e da Nova Zelândia e forte candidata à regulamentação nos EUA (USEPA, 2017). Certamente, esses são os argumentos que levaram à inclusão da NDMA na norma brasileira.

Clorito e clorato são os principais subprodutos da desinfecção com dióxido de cloro. Como já referido, cerca de 70% da dose de dióxido de cloro pode ser transformada em clorito, cujas informações sobre toxicidade encontram-se bem consolidadas na literatura. Por isso, o

clorito compõe o padrão de potabilidade das principais normas de qualidade da água para consumo humano; no Brasil, desde a Portaria MS nº 1469 / 2000. As informações sobre a toxicidade do clorato são, comparativamente, menos consistentes e, assim, normas como a dos EUA e da Austrália não o incluem (USEPA, 2016a; NHMRC, NRMCC, 2022). Todavia, desde a terceira edição das Diretrizes da Qualidade da Água, a OMS considera relevante a recomendação de valor limite (o que tem sido seguido na Nova Zelândia), enquanto nos EUA o clorato foi adicionado à lista de contaminantes candidatos à regulamentação da EPA (*Contaminant Candidate List*) (USEPA, 2016b). De acordo com essa tendência, o clorato foi incorporado ao padrão de potabilidade brasileiro na Portaria MS nº 888/2021.

2.5. Ocorrência de produtos secundários da desinfecção no Brasil – dados de literatura

Como parte do presente estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico da ocorrência em água tratada no Brasil dos produtos secundários da desinfecção alvos do presente estudo por meio de busca em estudos publicados nos últimos 20 anos, ou seja, a partir de 2002. Os THM foram contemplados em muitos estudos, mas AHA foram abordados em apenas um estudo. Não foram encontrados estudos sobre ocorrência de 2,4,6-T, bromato e clorito em água tratada no país.

Em estudo realizado por Palhano (2002), foi avaliada a ocorrência de THM no sistema de distribuição de água de Dourados – Mato Grosso do Sul, com amostragem realizada entre maio e novembro de 2002. Os resultados indicaram concentrações de THM total variando entre 1,59 µg/L e 26,97 µg/L, com predominância do clorofórmio.

A ocorrência de THM na rede distribuição em Campinas e Paulínia (SP), no período de setembro de 2000 a junho de 2001, foi estudada por Borges (2003). Em Campinas, foram analisadas 91 amostras, com resultados entre 5 e 31 µg/L e média de 15 µg/L; em Paulínia, foram analisadas 106 amostras e os resultados variaram de 8 a 90 µg/L, com média igual a 39 µg/L. O autor destacou que, possivelmente, a diferença nas médias de ocorrência nas duas cidades está relacionada ao tipo de desinfetante utilizado: em Paulínia se utilizava cloro gasoso, e em Campinas cloroamonização, processo que acarreta menor disponibilidade de cloro livre para reagir com a matéria orgânica natural (MON) da água (BORGES, 2003).

A presença de THM em água da ETA do município de Presidente Epitácio -SP foi investigada em estudos realizados entre abril de 2003 e abril de 2007 (CESCO, 2007). O trabalho abordou uma fase com pré-cloração e outra com pós-cloração, com um ponto de amostragem na saída da ETA e outro na rede de distribuição. Com a pré-cloração, em 20

amostras analisadas na saída do tratamento e 20 na rede de distribuição, foram encontradas concentrações na faixa de 9 a 37,7 µg/L na saída da ETA e 17 a 85 µg/L na rede de distribuição. A pós-cloração forneceu resultados de formação de THM inferiores à pré-cloração, principalmente na saída da estação onde a concentração variou entre 2,1 e 3,0 µg/L. A formação se deu de maneira mais intensa na rede de distribuição: 25,0 a 58,0 µg/L em oito amostras. Entre os resultados obtidos por Cesco (2007) destaca-se que: (i) THM foram detectados e quantificados em todas as amostras analisadas pelo estudo; (ii) a ocorrência de clorofórmio se deu em maior proporção, havendo também presença de bromodiclorometano, enquanto bromofórmio e dibromoclorometano não foram detectados.

A ocorrência de THM em água de oito municípios do estado de Rondônia foi estudada por Leão (2008), em período de chuva e de estiagem, em três pontos: água bruta (ponto 1), água clorada (ponto 2) e pós-cloração (reservatório) (ponto 3). Os resultados apontaram, no geral, maior formação de THM em período de estiagem que no chuvoso em todos os pontos de amostragem. Também indicaram concentrações abaixo de 2 µg/L na água bruta, com exceção de uma ETA onde se detectou 35,27 µg/L de THM, o que foi atribuído a possível contaminação industrial do manancial. As concentrações de THM no ponto 3 variaram entre 5,7 e 65 µg/L no período chuvoso e 31,16 e 115,51 µg/L no período de estiagem. Segundo Leão (2008), dados de literatura indicam que a concentração de THM seria superior no período chuvoso do que no período de estiagem, devido à maior presença de matéria orgânica natural (MON) na água em período chuvoso, o contrário do que foi obtido no estudo. O autor destaca que não havia estudo prévio sobre a ocorrência de THM nas ETAs avaliadas. Por conseguinte, não há registros de que a ocorrência de THM na região em período chuvoso se dê usualmente em concentrações inferiores ao período de estiagem, como foi observado no referido trabalho. O autor indica que a formação de THM poderia estar relacionada ao tipo de solo da região, da composição atmosférica e tecnologia de tratamento utilizada, e não apenas à presença de precursores.

A cidade de Florianópolis, em Santa Catarina, conta com três sistemas de abastecimento: o sistema da Costa Norte, no qual predomina fonte de água subterrânea; o sistema da costa Leste/Sul, onde a água é proveniente de um lago; e o sistema Cubatão-Pilões, que é abastecido por água de rios. Budziak e Carasek (2007) monitoraram a ocorrência de THM nesses três sistemas. Não foi detectada presença de THM no manancial de nenhum sistema. Já em águas dos sistemas de distribuição, THM foram detectados em 95% das 22 amostras analisadas do sistema Norte e em todas as amostras dos sistemas Leste/Sul (18 amostras) e Cubatão-Pilões (15 amostras). A quantificação de TTHM no sistema Norte variou entre 6,8 e

29,3 µg/L, com formação balanceada dos quatro THM. No sistema Leste/Sul as concentrações de THM variaram entre 79,7 e 282,2 µg/L, com média de aproximadamente 152,3 µg/L, sendo que os compostos que se apresentaram em maiores concentrações foram o clorofórmio e o bromodiclorometano. Os autores destacam que o Lago Peri, manancial de abastecimento do sistema Leste/Sul, é completamente envolto por vegetação, além de contar com presença de algas e cianobactérias, o que pode acarretar alta presença de matéria orgânica natural em sua água e explicar a elevada formação de THM. A presença de THM no sistema Cubatão-Pilões variou entre 43 e 71,3 µg/L, com média de 63 µg/L, com predominância de clorofórmio, e não houve formação de bromofórmio.

Entre março de 2009 e fevereiro de 2010, Alvarenga (2010) monitorou a ocorrência de PSD em três ETAs que abastecem regiões metropolitanas não explicitadas, mas que atendem a cerca de 6 milhões de pessoas, conjuntamente. As amostras foram coletadas na saída das ETAs (ponto 1) e nas redes de distribuição (ponto 2). A ETA A, com captação de água superficial (rio), realiza o tratamento da água pelo sistema convencional com pré e pós-oxidação com cloro gasoso. Nesse sistema, a concentração de THM no ponto 1 apresentou média aritmética de 15,1 µg/L e mediana de 12 µg/L, enquanto no ponto 2 esses valores foram, respectivamente 20,4 µg/L e 16 µg/L. Já a concentração de AHA apresentou média aritmética de 16,1 µg/L e mediana de 18,3 µg/L no ponto 1; no ponto 2 esses valores foram, respectivamente, 18,6 µg/L e 20,8 µg/L. Entre os THM, o clorofórmio se destacou como o subproduto de maior ocorrência, superando 50% do total de THM em ambos os pontos de amostragem. Não houve detecção de dibromoclorometano e bromofórmio. Entre os AHA, destacaram-se os ácidos monocloroacético e dicloroacético.

A ETA B, a fim de otimizar o processo para remoção de algas e cianobactérias, passou por uma mudança no sistema de tratamento da água durante a realização da pesquisa. Entre abril e novembro de 2009, a estação funcionava com filtração direta descendente e após esse período passou a operar com tratamento em ciclo completo com flotação por ar dissolvido; em ambos os períodos se empregava pré e pós-cloração com gás cloro. Na ETA B, a concentração de THM no ponto 1 apresentou média aritmética de 29,5 µg/L e mediana de 21,1 µg/L, enquanto no ponto 2 ambos os valores foram 26,9 µg/L. Já a concentração de AHA apresentou média aritmética de 27,5 µg/L e mediana de 29,4 µg/L no ponto 1; no ponto 2 esses valores foram, respectivamente, 31,3 µg/L e 33,9 µg/L. Entre os THM, o clorofórmio se destacou como o subproduto formado em maior frequência, superando 36% do total de THM na saída da estação

e 87% na rede de distribuição. Não houve detecção de dibromoclorometano e bromofórmio. Entre os AHA, destacou-se a ocorrência de ácido monocloroacético (ALVARENGA, 2010).

A ETA C trata água por filtração direta descendente com pré-oxidação com dióxido de cloro ou, eventualmente, cloro gasoso, que também é utilizado como desinfetante no reservatório de água tratada (ALVARENGA, 2010). Na ETA C, a concentração de THM no ponto 1 apresentou média aritmética de 89,3 µg/L e mediana de 87 µg/L, enquanto no ponto 2 os valores foram, respectivamente, 174,4 µg/L e 155,4 µg/L. A concentração de AHA apresentou média aritmética de 64,8 µg/L e mediana de 52,5 µg/L no ponto 1; no ponto 2 esses valores foram, respectivamente, 116,6 µg/L e 97,99 µg/L. Entre os THM, o clorofórmio se destacou, superando 40% do total de THM em ambos os pontos de amostragem, seguido pelos compostos bromodichlorometano e dibromoclorometano. Entre os AHA, destacou-se a ocorrência dos ácidos monocloroacético e dicloroacético.

A ocorrência de THM em pontos localizados na rede de distribuição em quatro bairros na cidade de Suzano – SP foi estudada por Costa Júnior (2010). A amostragem foi realizada em duas datas, nos meses de outubro e novembro de 2009, totalizando sete amostras. Os resultados de clorofórmio variaram entre 15,9 e 111,0 µg/L, o bromodichlorometano ocorreu na faixa de 5,5 a 27,6 µg/L, o dibromoclorometano se apresentou em concentração mínima de 1,4 µg/L e máxima de 10,9 µg/L e o bromofórmio não foi detectado.

A formação de THM em um sistema de distribuição de água potável no estado do Ceará foi estudada por Nogueira (2011). A tecnologia de tratamento da ETA em questão é a filtração direta descendente e sua água é proveniente de um corpo hídrico lântico com características de elevado nível trófico. A água passa por pré-cloração com dióxido de cloro (ou cloro liquefeito em casos excepcionais) e desinfecção com cloro liquefeito (Cl₂). Os autores utilizaram uma base de dados de monitoramento da ocorrência de THM na saída da ETA e na rede de distribuição entre 2004 e 2010. Na saída da ETA, em um total de 39 amostras, a média aritmética foi de 91,05 µg/L e a mediana 87,9 µg/L. Na rede, a média e a mediana foram, respectivamente, 134,19 µg/L e 114,02 µg/L, sendo que apenas 36% dos dados de monitoramento da rede atendiam o limite exigido pela legislação vigente na época. Os quatro tipos de THM foram quantificados, sendo que o clorofórmio apresentou maior porcentagem de ocorrência (37,87%), seguido pelo bromodichlorometano (31,34%), dibromoclorometano (23,37) e bromofórmio (7,42%).

Entre novembro de 2015 e fevereiro de 2016, na cidade de Colombo – PR, Schäfer *et al.* (2018) estudaram a formação de TTHM na rede de distribuição de água. As amostras foram

coletadas em cinco pontos e as concentrações médias variaram entre 22,1 e 36,6 µg/L, em todo o período de estudo (20 amostras). Os autores apresentaram ainda resultados fornecidos pela empresa de saneamento responsável pelo abastecimento de água da cidade, a SANEPAR, com dados de monitoramento nos meses de maio e agosto de 2015 e março, abril, maio, junho e setembro de 2015 na saída do tratamento, sendo que os resultados variaram entre 5,0 e 17,9 µg/L; no sistema de distribuição, em dados referentes aos meses de março, maio, agosto e novembro de 2015 e maio e agosto de 2016, a concentração de THM variou entre 26 e 35,4 µg/L.

2.6. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua)

No Brasil, o padrão de potabilidade da água é estabelecido pelo Ministério da Saúde (MS), e a fiscalização de seu cumprimento é realizada pelas secretarias de saúde de municípios, estados e Distrito Federal, de forma articulada com o MS, no âmbito das ações da vigilância da qualidade da água para consumo humano. Nesse contexto encontra-se o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) que tem como um de seus instrumentos o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2019).

O Sisagua é constituído por uma base de dados com informações de todo o Brasil sobre: (i) cadastro das formas de abastecimento - sistemas e soluções alternativas coletivas ou individuais, incluindo aspectos de infraestrutura e condições operacionais; (ii) qualidade da água – monitoramento realizado pelos prestadores de serviço de abastecimento de água (dados de controle) e pelas Secretarias Municipais e Estaduais de Saúde (dados de Vigilância) (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2019). As informações são inseridas manualmente no Sisagua por profissionais das Secretarias de Saúde e dos serviços de abastecimento de água e, assim, o sistema apresenta limitações, tanto em questão de tempo de inserção dos dados, quanto à completude das informações. Além disso, as informações disponibilizadas pelo Sisagua não abrangem a totalidade dos municípios brasileiros (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2019).

A primeira versão do sistema, chamada Sisagua 1, disponibilizada em 2000, tinha como referência a Portaria GM nº 36/1990 e era estruturada em sete grupos de indicadores: (i) qualidade bacteriológica da água; (ii) turbidez da água e; (iii) nível de cloro residual; (iv) cobertura de abastecimento da água; (v) regularidade de abastecimento; (vi) tratamento de água; e (vii) desinfecção da água. Desde então o Sisagua passou por várias modificações, motivadas

principalmente pelas sucessivas atualizações da norma brasileira de qualidade da água para consumo humano, incluindo novas versões do padrão de potabilidade. (OLIVEIRA *JÚNIOR et al.*, 2019). O sistema em vigência é o Sisagua 4, utilizado no presente estudo, disponibilizado desde 2014. Com a publicação da Portaria MS / 2021 e da Portaria MS nº 2472 / 2021 que alteram o Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº5 / 2017 um novo sistema está em desenvolvimento.

O Sisagua 4, além das informações acima mencionadas, que vêm desde o Sisagua 1, conta com dados de qualidade da água para todos os 104 parâmetros contemplados no Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº5 / 2017, entre os quais, naturalmente, se encontram os produtos secundários da desinfecção: trihalometanos total, ácidos haloacéticos total, clorito, 2,4,6-triclorofenol e bromato; além de parâmetros intervenientes na formação de THM e AHA (cor, pH e cloro residual livre).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Sistematização dos dados do Sisagua

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi utilizada a base de dados do Sisagua, de 2014 a 2019 relativa aos seguintes parâmetros de qualidade da água: cor, cloro residual livre, pH, trihalometanos total, ácidos haloacéticos total, clorito, bromato e 2,4,6-triclorofenol.

As planilhas de dados disponibilizados pelo Sisagua podem ser acessadas no Portal Brasileiro de Dados Abertos na página do Ministério da Saúde (BRASIL, 2020). O Sisagua fornece informações sobre as análises referentes à cada parâmetro em determinado sistema / solução de abastecimento, especificando, além do valor em si do resultado: datas de registro, preenchimento, coleta e análise da amostra; limite de detecção; limite de quantificação; ponto de monitoramento. São ainda fornecidas as seguintes informações relativas ao sistema / solução de abastecimento em que as análises foram realizadas: denominação da forma de abastecimento, tipo da forma de abastecimento, macrorregião, Unidade da Federação (UF), município.

Inicialmente, foram obtidas as planilhas do Sisagua referentes aos parâmetros de interesse do presente trabalho, ou seja: produtos secundários da desinfecção (trihalometanos total, ácidos haloacéticos total, clorito, bromato e 2,4,6-triclorofenol) e variáveis intervenientes na formação de THM e AHA (cor, cloro residual livre e pH). Essas informações foram divididas em planilhas por UF, mais o Distrito Federal. Fez-se, entretanto, necessária uma sistematização e tratamento desse banco de dados, de forma a garantir a qualidade dos dados e, por conseguinte, da caracterização da ocorrência/formação de produtos secundários da desinfecção e das análises estatísticas.

3.1.1. Caracterização do banco de dados de produtos secundários da desinfecção disponibilizado pelo Sisagua

Uma das limitações do Sisagua, como citado por Oliveira Júnior *et al.* (2019), é a não abrangência de todos os municípios brasileiros e a não inserção de todos os dados previstos no plano de amostragem previsto na norma de controle e vigilância da qualidade da água. Com o objetivo de conhecer a representatividade dos dados de interesse nesse estudo, procedeu-se como descrito a seguir.

Inicialmente foi observado se houve inserção de dados de PSD referentes a cidades de todos os estados brasileiros.

Em seguida, para os estados com dados de PSD, foram obtidos os nomes dos respectivos municípios e dados populacionais fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com projeções populacionais para o ano de 2020 (IBGE, 2020).

As planilhas de PSD foram então organizadas por UF e, posteriormente, por “classes” de porte populacional dos municípios: pequeno porte I (P1) (até 10 mil habitantes), pequeno porte II (P2) (entre 10 mil e 25 mil habitantes), médio porte I (M1) (entre 25 mil e 50 mil habitantes), médio porte II (M2) (entre 50 mil e 100 mil habitantes), grande porte I (G1) (entre 100 mil e 500 mil habitantes) e grande porte II (G2) (maior que 500 mil habitantes).

Em seguida, foi identificado o percentual de cidades que inseriram ao menos um dado de ocorrência de PSD no período de interesse, por porte populacional. Posteriormente, aplicou-se o teste de análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações de Dunn, a fim de avaliar se o porte de municípios é um fator que influencia no percentual de municípios que cadastram informações de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T no Sisagua. Clorito e bromato não foram avaliados quanto ao porte municipal devido ao fato de o uso dos desinfetantes dióxido de cloro e ozônio se dar de forma bem limitada no Brasil, comparativamente ao cloro.

Para as cidades que forneceram dados, foi calculado o número esperado de amostras de PSD (THM total, AHA total, 2,4,6-T, clorito e bromato), de acordo com as exigências de amostragem da norma vigente entre os anos de 2014 e 2019². Para estimar o total de dados esperados por cidade de acordo com a norma, foram verificados quantos sistemas de abastecimento cadastrados no Sisagua havia no município por ano entre 2014 e 2019. Para tanto, foram utilizadas as planilhas cadastrais “Tratamento de Água” e “Cobertura do Abastecimento”, nas quais é possível obter informações do tipo de tratamento empregado, tipo de desinfetante, fonte de captação de água (superficial ou subterrânea), número de economias atendidas, estimativa de número de habitantes por economia, entre outras informações. As formas de abastecimento foram divididas em sistema de abastecimento de água (SAA) e sistema alternativo coletivo (SAC), com captação superficial ou subterrânea e por faixa de população

² O Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5 de 2017, dispõe o seguinte sobre a frequência de amostragem: na saída do tratamento (ST) deve ser realizada uma análise trimestral quando a água é proveniente de manancial superficial, sendo dispensada a análise para água proveniente de manancial subterrâneo; no sistema de distribuição (SD) (reservatório e redes), em caso de captação superficial deve ser feita análise de uma amostra trimestralmente em sistema de abastecimento que atenda menos de 50 mil habitantes e 4 amostras trimestrais para sistema com população abastecida superior a 50 mil habitantes, para captação subterrânea deve ser realizada uma análise anual em sistemas com população abastecida inferior a 50 mil habitantes e semestral para sistemas que atenda uma população superior a 50 mil habitantes.

abastecida (<50 mil habitantes ou > 50 mil habitantes). Dessa forma, foi calculado o total de amostras esperadas por cidade para cada ponto de monitoramento (saída do tratamento – ST, ou sistema de distribuição - SD), por ano, para cada sistema de abastecimento.

Com os dados de cadastro de cada SAA, foram calculados os respectivos percentuais de cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T: razão entre o número de análises exigidas no plano de amostragem da Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5/2017 e o número de análises (resultados) informados no Sisagua. Essa informação foi sistematizada nas seguintes faixas, por porte populacional dos municípios e por estado: F1: 0 – 20%, F2: 20 – 40%, F3: 40 – 60%, F4: 60 – 80% e F5: > 80%, sendo os respectivos resultados apresentados por meio de gráficos. A avaliação do porte populacional como fator interferente no cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T foi investigada por meio de testes estatísticos: análise de variância com o teste de Kruskal-Wallis, considerando percentual de informação superior a 60% (F4 mais F5).

3.1.2. Análise dos dados informados de ocorrência de PSD

A partir da sistematização descrita no item anterior, os dados foram tratados a fim de eliminar possíveis inconsistências. A coluna “resultados” nas planilhas do Sisagua possui três formas de resposta: “Menor_LD”, “Menor_LQ” ou um valor numérico representando a concentração encontrada para o parâmetro. Entre os erros de preenchimento considerados estão: resultado da análise com valor de concentração menor que o limite de quantificação (LQ); resultado da análise com valor de concentração menor que o limite de detecção (LD); LQ menor que LD; LQ maior que o valor máximo permitido (VMP); LD maior que o VMP. Resultados representados como zero, uma vez identificados, foram reclassificados. O banco de dados foi então reorganizado de acordo com os seguintes procedimentos:

- resultado quantificado menor que LQ ou LD: dado não considerado;
- LQ maior que VMP: dado não considerado;
- LD maior que VMP: dado não considerado;
- resultado quantificado marcado como zero: classificado como menor que LD.

Após a aplicação desses critérios de reclassificação, os dados foram separados por porte de cidade. Os valores da mediana e da moda dos limites de quantificação e limites de detecção referentes aos dados válidos (dados não desconsiderados pelos critérios acima) foram calculados a fim de identificar os limites usualmente reportados em um dado grupo de porte de cidades de cada estado brasileiro. Em seguida, os dados foram novamente subdivididos e

agrupados segundo os pontos de amostragem: ponto de captação (PC), saída do tratamento (ST), sistema de distribuição (SD) (para SAA) e ponto de consumo (Pcs) (para SAC).

Após o tratamento dos dados e a reorganização das planilhas, procedeu-se à verificação da existência de *outliers* entre os dados quantificados de PSD; para tanto foi aplicado o teste de Tukey (TUKEY, 1977), que considera *outlier* qualquer valor abaixo do limite inferior ou acima do limite superior, calculados, respectivamente, como descrito nas Equações 17 e 18.

$$\text{Limite inferior} = 1^{\circ}\text{quartil} - 1,5 * (3^{\circ}\text{quartil} - 1^{\circ}\text{quartil}) \quad (17)$$

$$\text{Limite superior} = 3^{\circ}\text{quartil} + 1,5 * (3^{\circ}\text{quartil} - 1^{\circ}\text{quartil}) \quad (18)$$

A análise de *outliers* possibilita a identificação de dados que, porventura, tenham ocorrido de maneira não usual e que não é esperado que ocorra novamente, além de possíveis equívocos no preenchimento dos dados pelo responsável. Os *outliers* não foram considerados nas análises de ocorrência de PSD: frequência de ocorrência, estatística descritiva e *box-plot*.

3.2. Panorama da ocorrência de produtos secundários da desinfecção no Brasil

3.2.1. Ocorrência de produtos secundários da desinfecção por porte da cidade

Após a sistematização conforme descrito no item 3.1, a ocorrência de THM, AHA e 2,4,6-T foi analisada para cada conjunto de dados, referentes às seis classificações por porte populacional (P1, P2, M1, M2, G1 e G2) e ao ponto de amostragem (ponto de captação, saída do tratamento, sistema de distribuição ou ponto de consumo). A avaliação da ocorrência de clorito e bromato no Brasil não foi avaliada quanto ao porte de municípios, apenas em função da ocorrência por estado e ponto de monitoramento. Isso se deve ao fato de os desinfetantes ozônio e dióxido de cloro serem utilizados em frequência muito menor que o cloro e, portanto, o monitoramento da ocorrência de ambos esses compostos ocorre também em menor escala. A ocorrência de PSD foi avaliada quanto ao percentual de dados não detectados (menor_LD), detectados, mas não quantificados (menor_LQ), quantificados (Qnt), e quantificados com concentração superior ao VMP (>VMP).

Os dados quantificados foram analisados em termos de estatística descritiva (apresentada nos apêndices B, C e D), sendo que os estados que apresentaram ao menos um grupo populacional e ponto de monitoramento com um número de dados superior a quatro tiveram os dados quantificados apresentados em gráficos do tipo *box-plot* no corpo da dissertação (os demais dados são apresentados nos apêndices). A diferença entre as concentrações reportadas para AHA e THM no ponto de saída do tratamento e no sistema de

distribuição foi testada pelo teste de Mood ($\alpha = 0,05$) para medianas, com o objetivo de avaliar se a diferença na formação desses PSD ao tempo é significativa.

3.2.2. Avaliação da ocorrência de produtos secundários da desinfecção em função do porte municipal, estado e qualidade da água

A ocorrência de clorito e bromato, como dito no item 3.2.1, não foi avaliada quanto ao porte de cidades. Já a ocorrência de 2,4,6-T foi avaliada quanto à interferência do porte municipal e estado (Unidade Federativa) brasileiro; contudo, não foi avaliada em relação aos parâmetros de qualidade da água, uma vez que para sua formação é necessária a presença de fenol na água e esse composto não é monitorado em água tratada no Brasil.

A formação de trihalometanos e ácidos haloacéticos pode estar relacionada com características da água, das quais, compõem o Sisagua: cor aparente, cloro residual livre (CRL) e pH. Além disso, o Sisagua apresenta dados de PSD na saída do tratamento e na rede de distribuição, o que possibilita avaliar a formação dos PSD ao longo da produção / distribuição da água.

As informações de pH, CRL e cor são inseridas no Sisagua como resultados de análises mensais para cada unidade de tratamento de água, como descrito no Quadro 3. Assim, é possível analisar os dados em termos de percentuais de atendimento ao padrão determinado ou recomendado na norma (vigente entre os anos de 2014 e 2019), para cada um desses parâmetros. De acordo com Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5/2017: (i) deve ser mantido residual mínimo de 0,2 mg/L de cloro residual livre (CRL) em todo o sistema de abastecimento, sendo 2 mg/L o valor máximo recomendado e 5 mg/L o valor máximo permitido (VMP); (ii) o VMP de cor aparente, como parâmetro organoléptico, é 15 uH; (iii) recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2017).

A ocorrência de PSD é registrada no Sisagua com a informação de “data da coleta”, enquanto as informações de pH, CRL e cor são cadastradas como resultados mensais. Sendo assim, para efeito deste trabalho, os dados de ocorrência de determinado PSD (em determinada data) foram associados aos dados de ocorrência de cor, pH e CRL do mês correspondente, para cada ETA em cada uma das faixas de ocorrência apresentadas no Quadro 3. Posteriormente, foram calculados os percentuais de ocorrência dos parâmetros de qualidade da água em cada faixa (relação entre o número de amostras correspondentes a cada faixa e o total de amostras analisadas) para cada grupo de porte populacional de cada UF do país. Dessa forma, foi possível associar as faixas de ocorrência de PSD (quantificados ou maior que VMP) com as faixas de

ocorrência dos parâmetros de qualidade da água (cor, pH e CRL). Nesta etapa foram considerados apenas os dados de amostragem referentes ao ponto de saída do tratamento, por ser o que apresentou número dados mais próximo do exigido no plano de amostragem para PSD previsto na norma vigente entre 2014 e 2019.

Quadro 3 – Forma de apresentação dos dados de ocorrência de cor, pH e cloro residual livre no Sisagua.

Cor	pH	Cloro residual livre
Número total de amostras analisadas	Número total de amostras analisadas	Número total de amostras analisadas
Número de amostras com cor ≤ 15 uH	Número de amostras com pH < 6	Número de amostras com CRL $< 0,2$ mg/L
Número de amostras com cor > 15 uH	Número de amostras com $6 \leq \text{pH} \leq 9$	Número de amostras com $0,2 \leq \text{CRL} \leq 2$ mg/L
Percentil 95	Número de amostras com pH > 9	Número de amostras com $2 < \text{CRL} \leq 5$ mg/L
		Número de amostras com CRL > 5 mg/L
		Percentil 95

Fonte: elaboração própria.

Além da qualidade da água, a formação de THM e AHA pode ser influenciada por aspectos de controle operacional na ETA, como, por exemplo, remoção de matéria orgânica, controle do pH e da dose de desinfetante. Desse modo, se poderia supor que cidades de maior porte tenham melhor capacidade técnica de controle operacional e que isso resulte em menor formação de THM e AHA. Eventualmente, podem também haver diferenças de ocorrência entre estados da federação, devidas, por exemplo, a características climáticas, ou ainda à capacidade técnica instalada. Essas eventuais diferenças foram testadas por análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis seguido de teste de Dunn.

Com emprego do teste de correlação de Spearman, foi verificada a associação da ocorrência de THM e AHA em percentuais quantificáveis e acima do VMP com a ocorrência percentual de dados de qualidade da água (pH, cor e CRL) nas faixas: (i) pH < 6 ou pH > 9 ; (ii) CRL > 5 mg/L; CRL $< 0,2$ mg/L e CRL entre 2 e 5 mg/L; (iii) cor > 15 uH;

A fim de avaliar a influência da temperatura na formação de THM e AHA, as planilhas de ocorrência desses PSD foram organizadas de maneira diferente. Como o objetivo é avaliar a ocorrência na unidade da federação em meses de verão e inverno, as planilhas foram primeiramente divididas por estado, em seguida selecionou-se o ponto de amostragem “saída do tratamento (ST)”, e por último em meses de verão (janeiro, fevereiro, março e dezembro) e inverno (junho, julho, agosto e setembro). As análises de *outliers* foram realizadas como

descrito no item 3.1.2. É de se supor que em temperaturas mais elevadas a formação de AHA e THM seja maior, enquanto no inverno concentrações mais baixas sejam registradas. Para análise dessa diferença utilizou-se o teste não paramétrico de Mood ($\alpha = 0,05$), de comparação de medianas. Também foram gerados gráficos do tipo *box-plot* para que a distribuição das concentrações reportadas em cada unidade da federação, no ponto de amostragem ST, fosse melhor visualizada.

As temperaturas usualmente encontradas nas unidades federativas do Brasil foram obtidas da seguinte forma: (i) dados de temperaturas médias históricas em período de 30 anos (1961 a 1990), bem como de temperaturas máximas e mínimas ocorridas entre 2014 e 2019, (com exceção de janeiro de 2019, não disponível), foram obtidos em análises de gráficos fornecidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Estudos Espaciais (CPTEC/INPE); cabe ressaltar que as temperaturas médias dos anos de 2014 a 2019 não estão disponibilizadas, por esse motivo optou-se pela utilização das médias históricas e uma contextualização temporal com as máximas e mínimas (CPTEC/INPE, 2022); (ii) devido a extensão territorial dos estados brasileiros, as temperaturas tendem a variar dentro de um mesmo estado; quando isso foi observado, registrou-se a faixa de ocorrência (mínimo e máximo) no estado para temperaturas médias (histórica – 1961 a 1990), máximas (entre 2014 e 2019) e mínimas (entre 2014 e 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do banco de dados de PSD do Sisagua

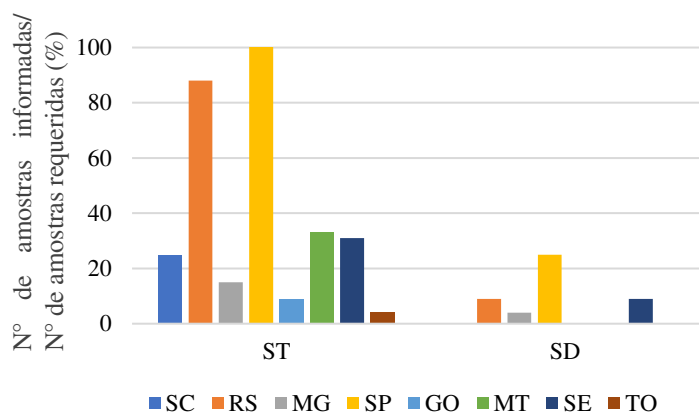
4.1.1. Cumprimento geral das exigências de monitoramento de PSD por estado

Entre as 27 unidades federativas, seis não apresentaram dados de monitoramento de PSD para nenhum município: Acre, Amapá, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Roraima. Alagoas, Amazonas, Maranhão, Piauí e Rondônia apresentaram dados de apenas uma cidade, enquanto o Pará apresentou dados para quatro cidades; os demais estados disponibilizaram uma base de dados com maior abrangência.

A desinfecção de água com dióxido de cloro não foi registrada apenas nos estados de Alagoas e Amapá além do Distrito Federal. Contudo, há dados referentes ao monitoramento de clorito somente em 10 dos 24 estados onde se faz uso da desinfecção com dióxido de cloro: São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Sergipe e Tocantins. Em Tocantins, apenas uma cidade faz uso desse desinfetante; no Paraná, segundo os critérios de amostragem definidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5/2017, em apenas uma cidade se deveria realizar monitoramento para clorito e no Mato Grosso do Sul não havia essa necessidade. São Paulo apresentou dados para a totalidade de cidades que se enquadravam nos requisitos de monitoramento, enquanto nos demais estados entre 9% e 50% dos municípios que se enquadravam nos critérios de monitoramento informaram no Sisagua dados de ocorrência de clorito.

No estado de São Paulo o monitoramento de clorito na saída do tratamento (ST) foi superior ao mínimo requerido, no Rio Grande do Sul o cumprimento foi de 88%, ficando abaixo de 40% nos demais estados. Já no sistema de distribuição (SD), o monitoramento ficou abaixo de 30% e foi referente a apenas quatro estados: Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Sergipe (Figura 1).

Figura 1 – Cumprimento das exigências de monitoramento de clorito nos estados brasileiros, saída do tratamento (ST) e sistema de distribuição (SD)

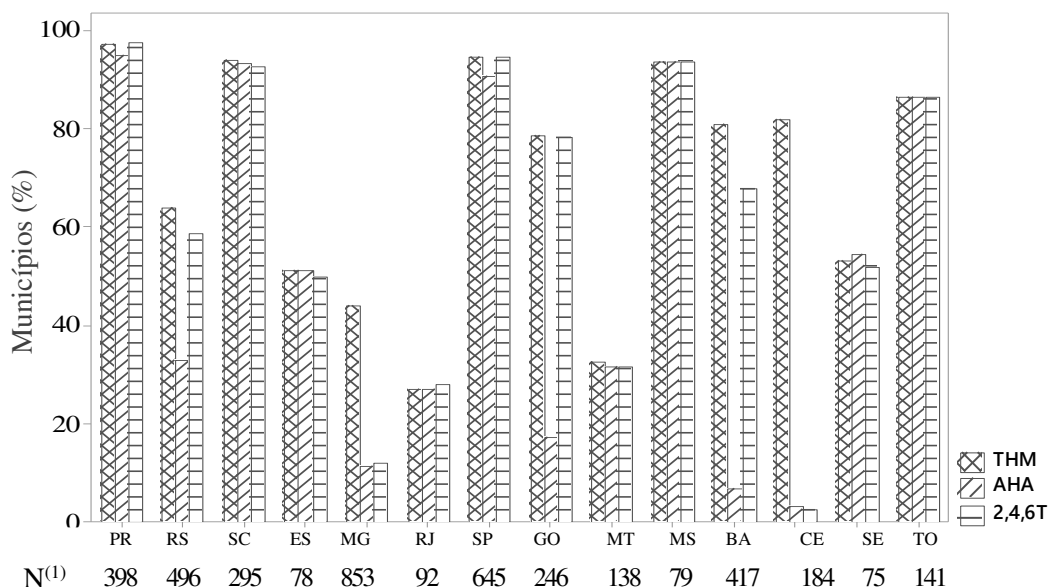


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

A desinfecção da água por ozonização foi registrada no Sisagua em oito estados: Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Desses, apenas três informaram dados de monitoramento do íon bromato em água, sendo eles: Bahia, Minas Gerais e São Paulo. Na Bahia há registro de quatro municípios que utilizam a ozonização: um em SAA e apenas nos anos de 2014 e 2015 e os demais em SAC, sendo que há apenas um dado informado de monitoramento de bromato no estado, referente ao SAA. Em Minas Gerais, uma cidade faz uso do ozônio como desinfetante e se dá em um SAA com informação de dados de monitoramento apenas para o ponto ST, com 33% das informações esperadas. No estado de São Paulo, foram registrados dados de utilização de ozônio para desinfecção apenas em SAC, em dezessete cidades, das quais 71% apresentaram dados de monitoramento de bromato.

A Figura 2 mostra a porcentagem de cidades, por estado, que informaram no Sisagua ao menos um dado de monitoramento de ocorrência de THM, AHA ou 2,4,6-T entre 2014 e 2019. Cabe ressaltar que o Distrito Federal não foi incluído nessa análise por não ser dividido em municípios, sendo, portanto, considerado como apenas uma localidade. Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Tocantins foram os estados que mais se aproximaram da totalidade de municípios com ao menos um dado de monitoramento no período estudado, enquanto Minas Gerais, Rio de Janeiro e Mato Grosso ficaram abaixo de 50%. Observa-se também diferença considerável entre a porcentagem de municípios que informaram dados de THM e 2,4,6-T, mas não de AHA, nos estados do Rio Grande do Sul, Goiás e Bahia, sendo que em MG e CE a diferença se estende ao 2,4,6-T.

Figura 2 - Porcentagem de municípios que informaram ao menos um dado de ocorrência de THM, AHA e 2,4,6-T no Sisagua, 2014 a 2019



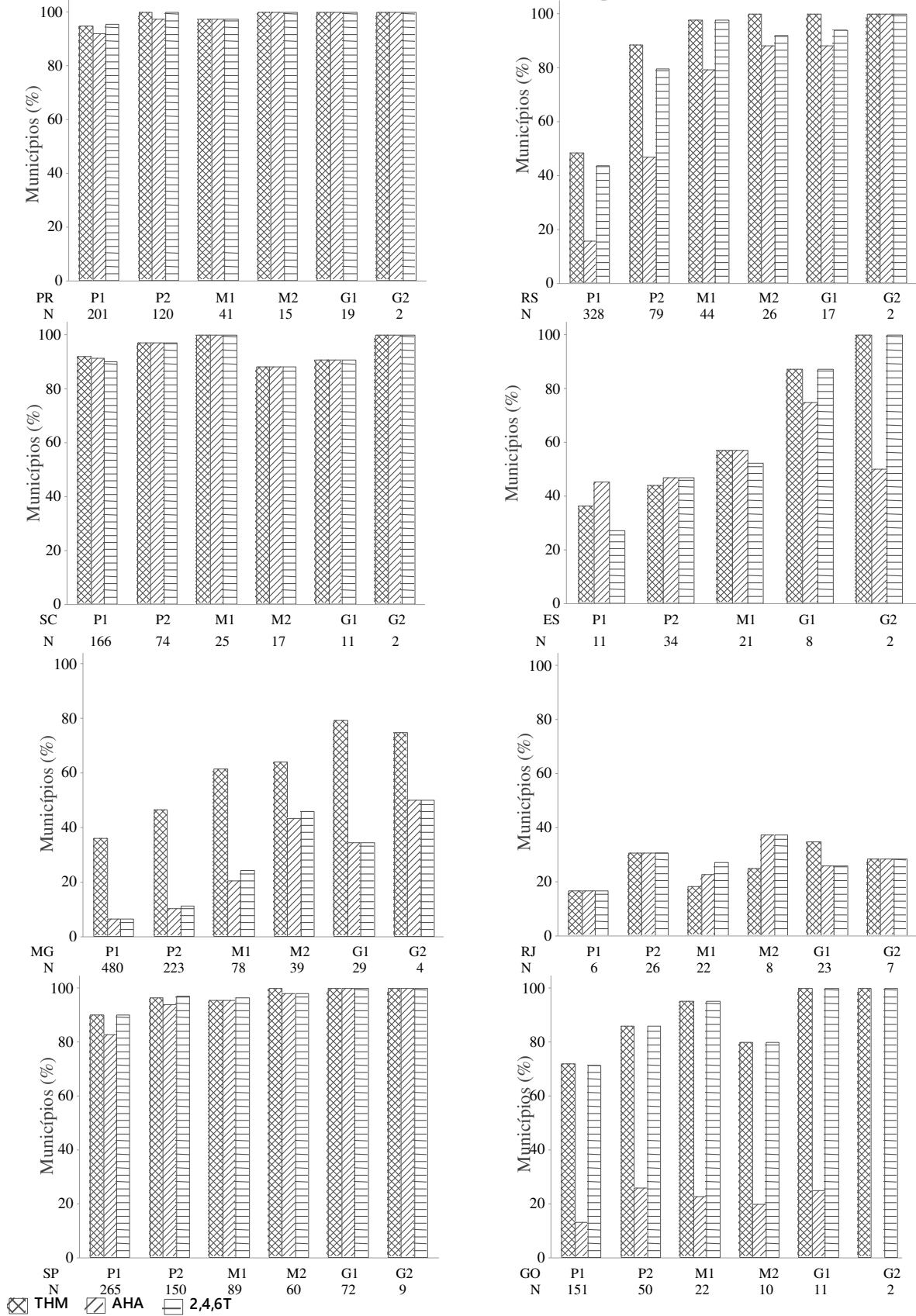
(1): Número total de municípios no estado.

Fonte: elaboração própria a partir de dados do IBGE (2020) e Sisagua (2020).

4.1.2. Inserção de dados de THM, AHA e 2,4,6-T no Sisagua por porte de município

Os municípios de cada estado foram divididos em seis grupos a fim de verificar se há diferenças entre a quantidade de municípios, por porte populacional, que informaram dados de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T no Sisagua: P1 (P1 < 10 mil hab.), P2 (10 < P2 < 25 mil hab.), M1 (25 < M1 < 50 mil hab.), M2 (50 < M2 < 100 mil hab.), G1 (100 < G1 < 500 mil hab.) e G2 (> 500 mil hab.). Analisando a Figura 3, percebe-se que, no geral, municípios de pequeno porte informaram dados de monitoramento de PSD no Sisagua em menor número. Isso vale até mesmo para os estados em que a quase a totalidade de municípios forneceram informações, como PR, SP e MS, onde as informações de P1 e P2 são ligeiramente inferiores às das demais categorias. Nos estados do ES e MT isso fica mais explícito, onde o percentual de municípios informantes foi inferior a 60% (Figura 3). Cabe ainda destacar que em todos os estados há um número muito maior de municípios de pequeno porte (P1 e P2) que de médio e grande porte, sendo a soma de P1 e P2 superior à soma de M1, M2, G1 e G2. O estado do Rio de Janeiro destaca-se como o único em que o percentual de municípios informantes ficou abaixo de 50%, em todas as categorias.

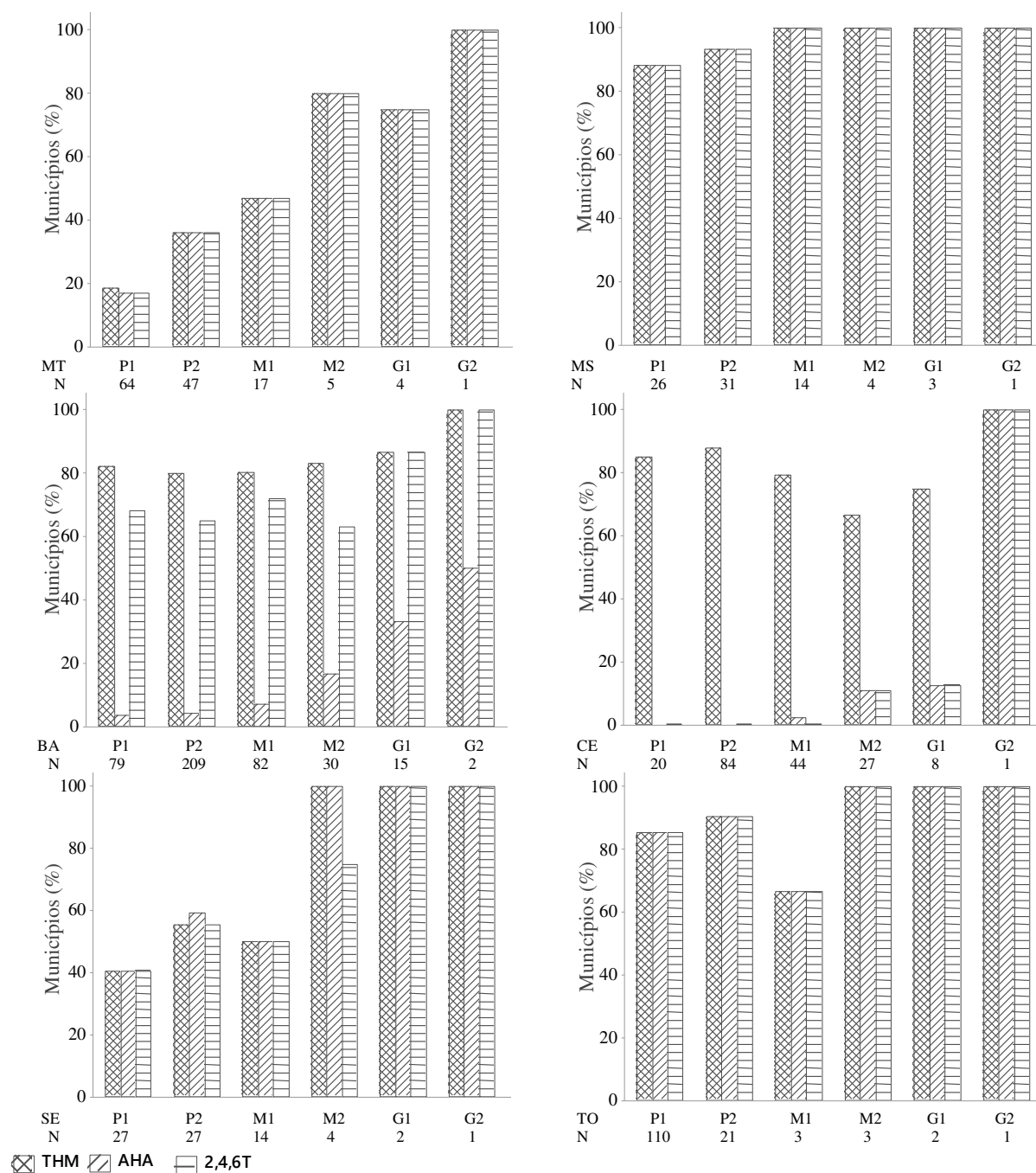
Figura 3 - Percentual de municípios, por porte populacional, que inseriram ao menos um dado de ocorrência de THM, AHA e 2,4,6-T no Sisagua entre 2014 e 2019



N: Número total de municípios no estado em cada porte populacional.

Fonte: elaboração própria a partir de dados do IBGE (2020) e Sisagua (BRASIL, 2020).

Figura 3 – Percentual de municípios, por porte populacional, que inseriram ao menos um dado de ocorrência de THM, AHA e 2,4,6-T no Sisagua entre 2014 e 2019 (continuação)



N: Número total de municípios no estado em cada porte populacional.

Fonte: elaboração própria a partir de dados do IBGE (2020) e Sisagua (BRASIL, 2020).

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados (significativos) dos testes estatísticos aplicados para verificação de diferenças entre os percentuais de municípios que informaram dados de THM, AHA e 2,4,6-T, por porte populacional: teste de Kruskal-Wallis (correspondente à ANOVA), seguido de teste de Dunn para verificação de diferença entre dois grupos de

municípios (testes não paramétricos). Observa-se que para esses três PSD há diferença estatisticamente significativa de municípios informantes por porte populacional. O teste de Dunn indicou diferenças significativas para THM entre municípios de menor porte (P1, P2 e M1) e municípios no grupo G2, além de P1 e G1. As informações de AHA são estatisticamente diferentes apenas entre P1 e G2, enquanto para o 2,4,6-T as diferenças se deram entre municípios de pequeno e médio porte e G2.

Tabela 1 – Resultados significativos dos testes de diferenças entre as porcentagens de municípios, por porte populacional, que informaram dados de THM, AHA e 2,4,6-T no Sisagua, 2014 a 2019.

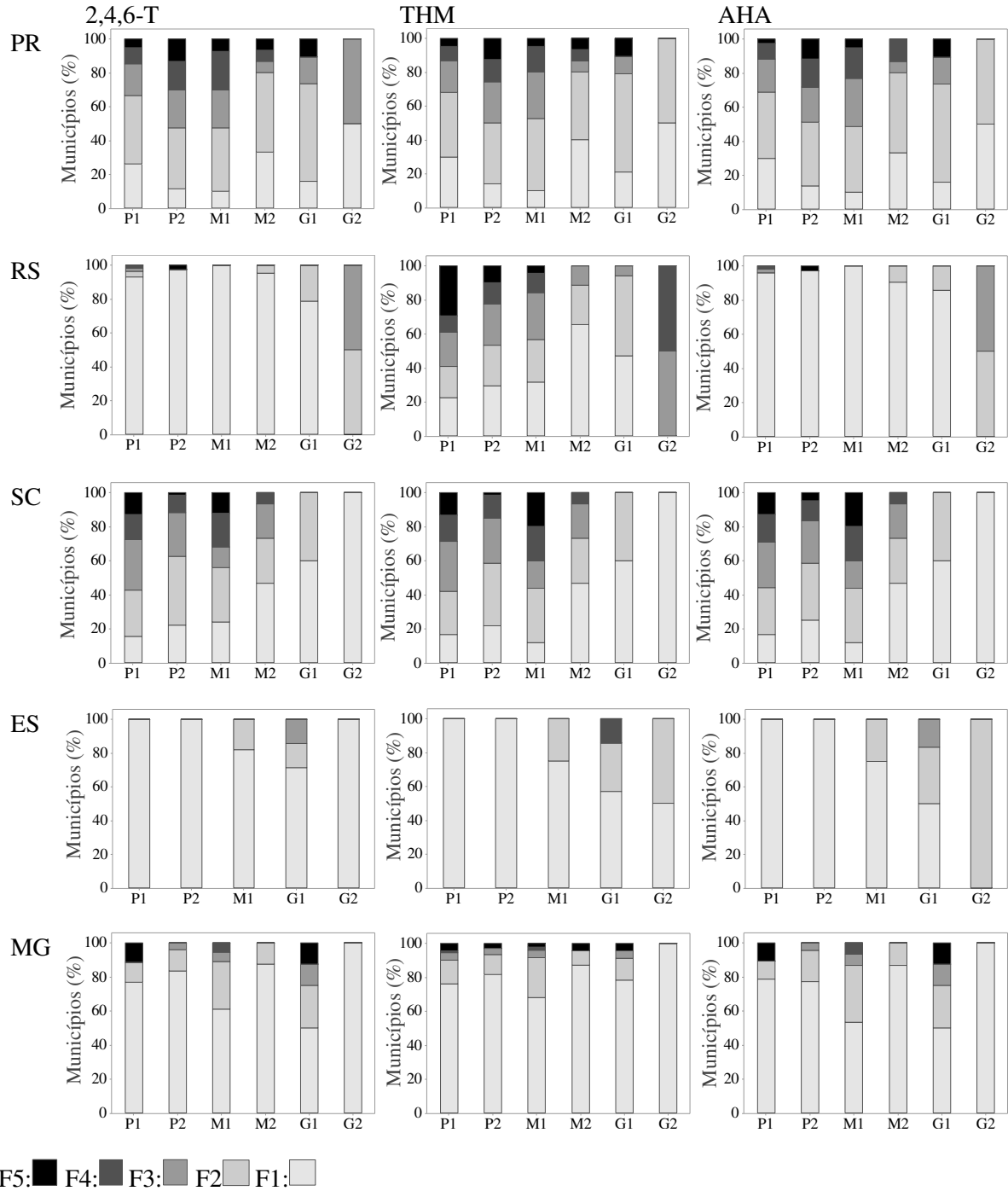
Teste	THM	AHA	2,4,6-T
Kruskal-Wallis	p = 0,001	p = 0,028	p = 0,001
Dunn	P1 x G2 p = 0,0001		P1 x G2 p = 0,0000
	P2 x G2 p = 0,0020	P1 x G2 p = 0,0013	P2 x G2 p = 0,0009
	M1x G2 p = 0,0040		M1x G2 p = 0,0035
	P1 x G1 p = 0,0079		M2 x G2 p = 0,0064

Fonte: elaboração própria a partir de dados do IBGE (2020) e Sisagua (2020).

4.1.3. Cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T por porte de município, por estado

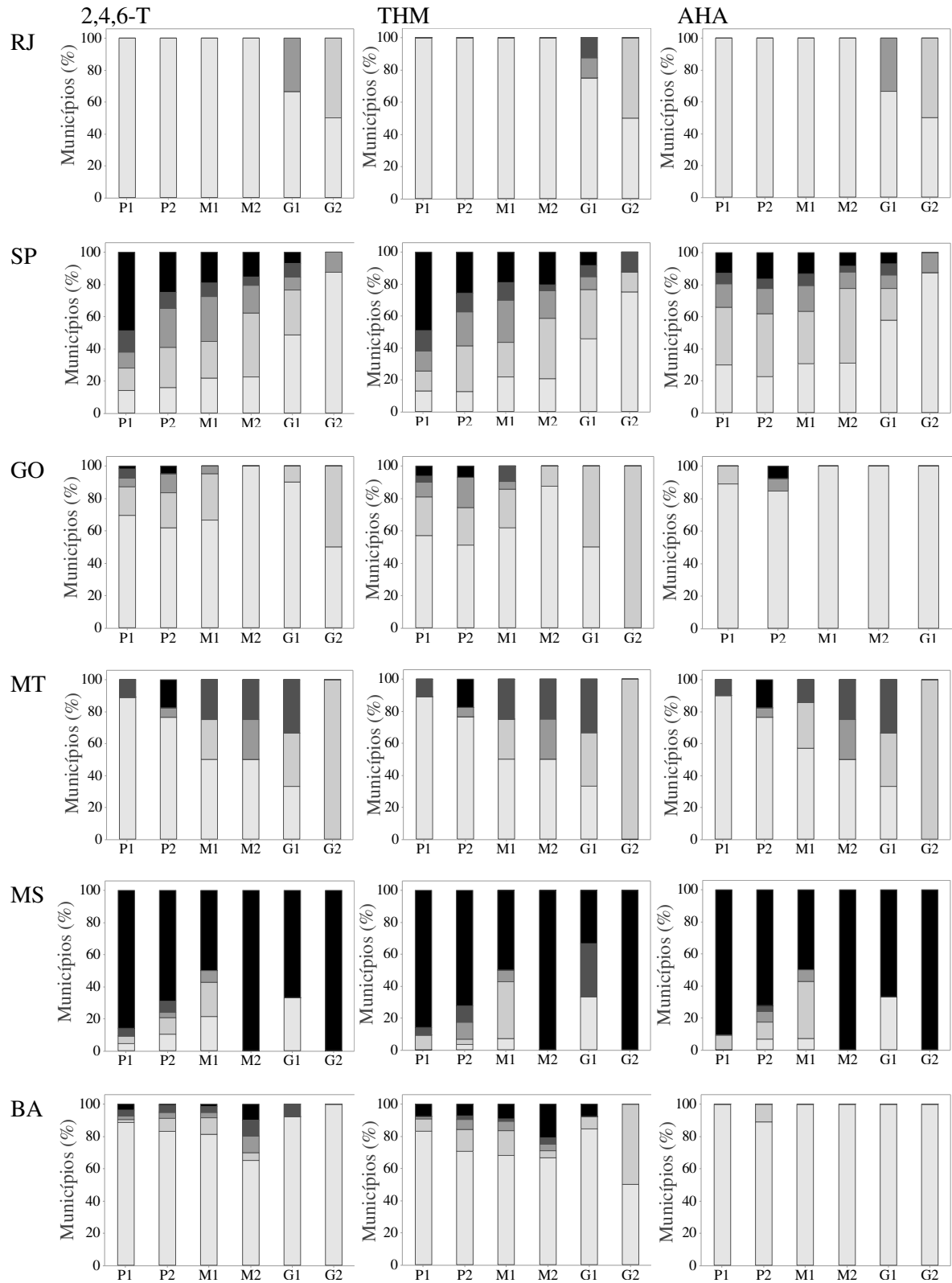
Os percentuais de cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T: razão entre o número de análises (resultados) informados no Sisagua e o número de análises exigidas no plano de amostragem do Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5/2017 em cada SAA estão apresentados na Figura 4. Essa informação foi sistematizada nas seguintes faixas, por porte populacional dos municípios e por estado: F1: 0 – 20%, F2: 20 – 40%, F3: 40 – 60%, F4: 60 – 80% e F5: > 80% (Figura 4).

Figura 4 - Percentuais de municípios que cumpriram as exigências de monitoramento de 2,4,6-T, THM e AHA, por porte populacional e faixa de cumprimento, por estado



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

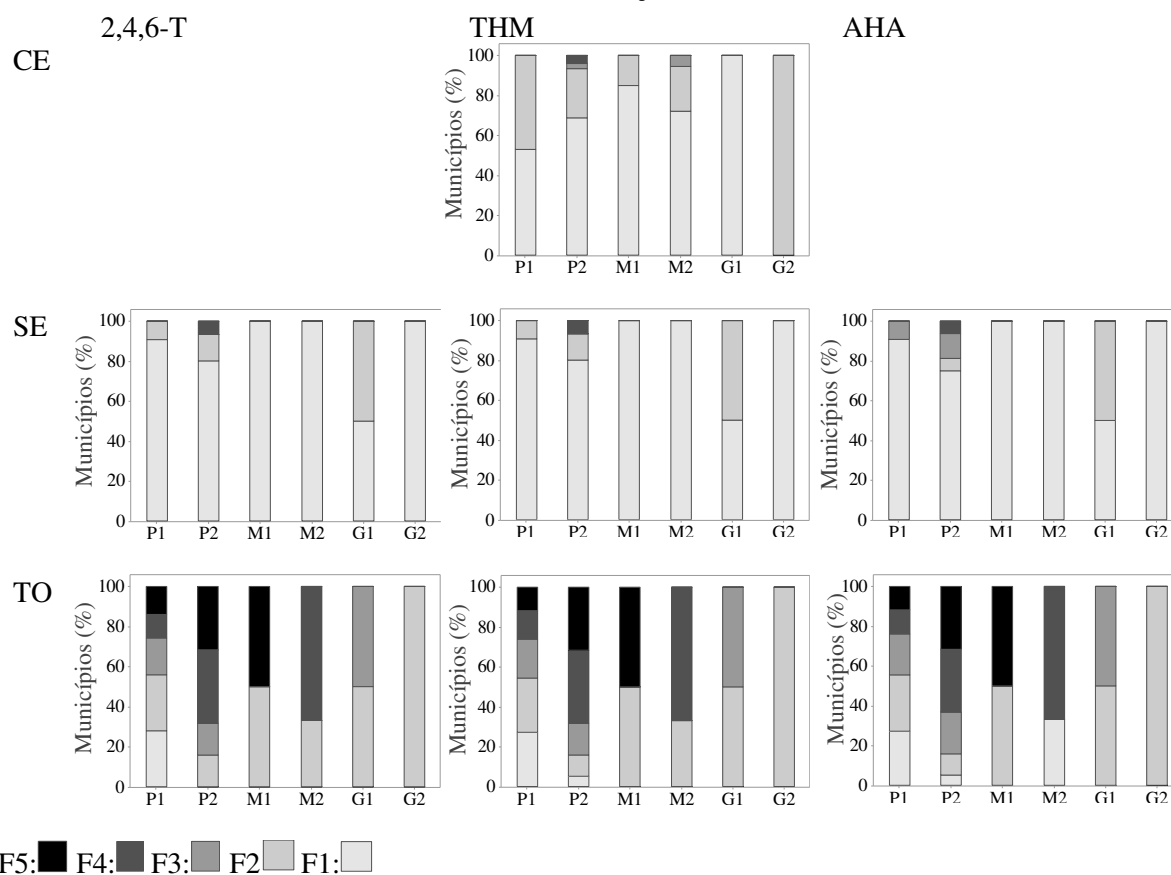
Figura 4 - Percentuais de municípios que cumpriram as exigências de monitoramento de 2,4,6-T, THM e AHA, por porte populacional e faixa de cumprimento, por estado (continuação)



F5: ■ F4: ■ F3: ■ F2: ■ F1: ■

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

Figura 4 - Percentuais de municípios que cumpriram as exigências de monitoramento de 2,4,6-T, THM e AHA, por porte populacional e faixa de cumprimento, por estado (continuação)



Mato Grosso do Sul se destacou como o estado com a maior porcentagem de municípios na faixa F5 (percentual de atendimento às exigências de monitoramento superior a 80%) para os três PSD em todos os portes municipais. No estado de São Paulo, percentuais elevados de atendimento (F5) concentram-se nos municípios de pequeno porte e no monitoramento de 2,4,6-T e THM. No Tocantins, os maiores percentuais de atendimento das exigências de monitoramento dos três PSD se deram em municípios de pequeno e médio porte (P1, P2 e M1). Os estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Ceará e Sergipe não apresentaram municípios com informação na faixa F5.

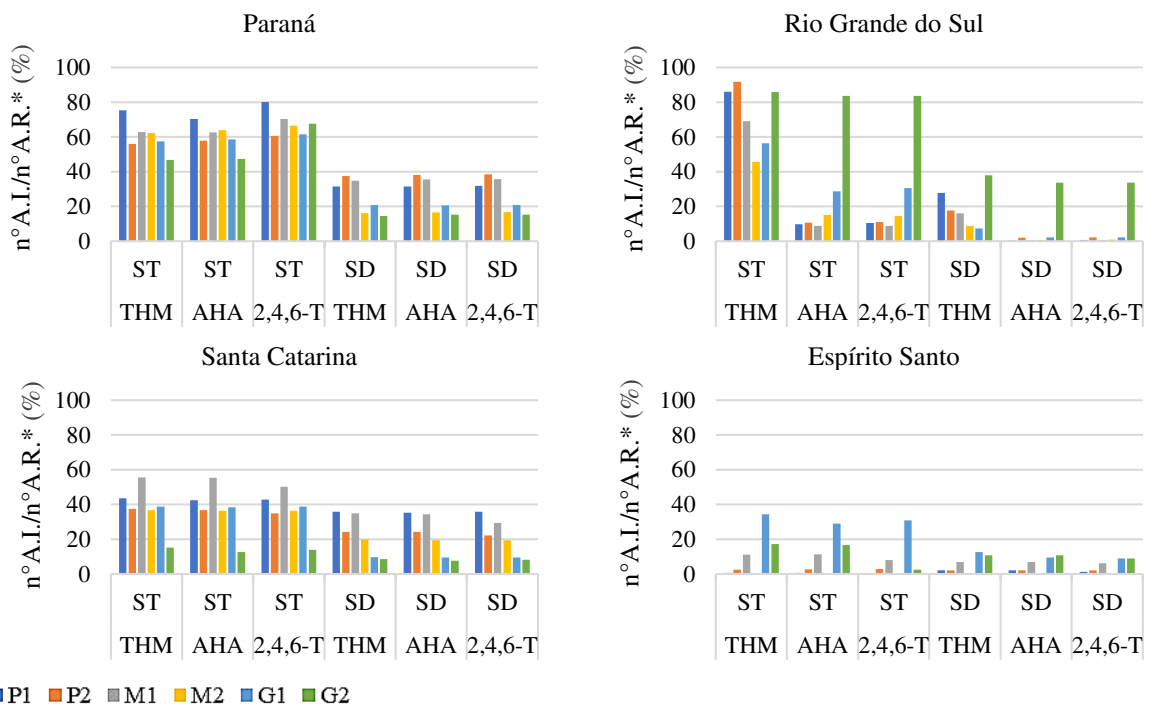
A avaliação do porte populacional como fator interferente no cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T foi ainda investigada por meio de testes estatísticos: análise de variância com o teste de Kruskal-Wallis considerando percentual de informação superior a 60% (F4 mais F5); o grupo G2 não foi incluído nesta análise pelo fato de que nessa faixa populacional apenas nos estados do Mato Grosso (AHA), Mato Grosso do Sul (2,4,6-T), Rio Grande do Sul e São Paulo (THM) houve valores diferentes de zero. Os

resultados mostraram que as diferenças entre P1, P2, M1, M2 e G1 não são estatisticamente significativas: $p = 0,876$ para THM; $p = 0,874$ para AHA; $p = 0,736$ para 2,4,6-T ($\alpha = 0,05$).

4.1.4. Cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T por ponto de amostragem, por porte de município, por estado

A porcentagem de dados de THM, AHA e 2,4,6-T informados (em relação ao exigido) para os dois pontos de amostragem de PSD - saída do tratamento (ST) e sistema de distribuição (SD) - está representada na Figura 5. Nota-se que o monitoramento na ST é realizado de forma bem mais próxima ao exigido pela norma do que o de SD. Destacam-se os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. O primeiro, por cumprir as exigências de monitoramento na ST em cidades de porte P1, P2 e G1, apesar do baixo percentual em municípios de porte G2. O segundo, por cumprir as exigências em municípios de todos os portes na ST. As exigências de monitoramento de PSD no SD foram cumpridas em percentuais de 40% em ao menos um porte de município apenas nos estados de Mato Grosso do Sul e Tocantins. Os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Sergipe apresentaram, em qualquer porte de município, percentuais abaixo de 40% nos dois pontos de amostragem (ST e SD), salvo exceções: municípios de porte G1 em Minas Gerais e G2 na Bahia para THM na ST e municípios de porte P1 e M1 em Santa Catarina.

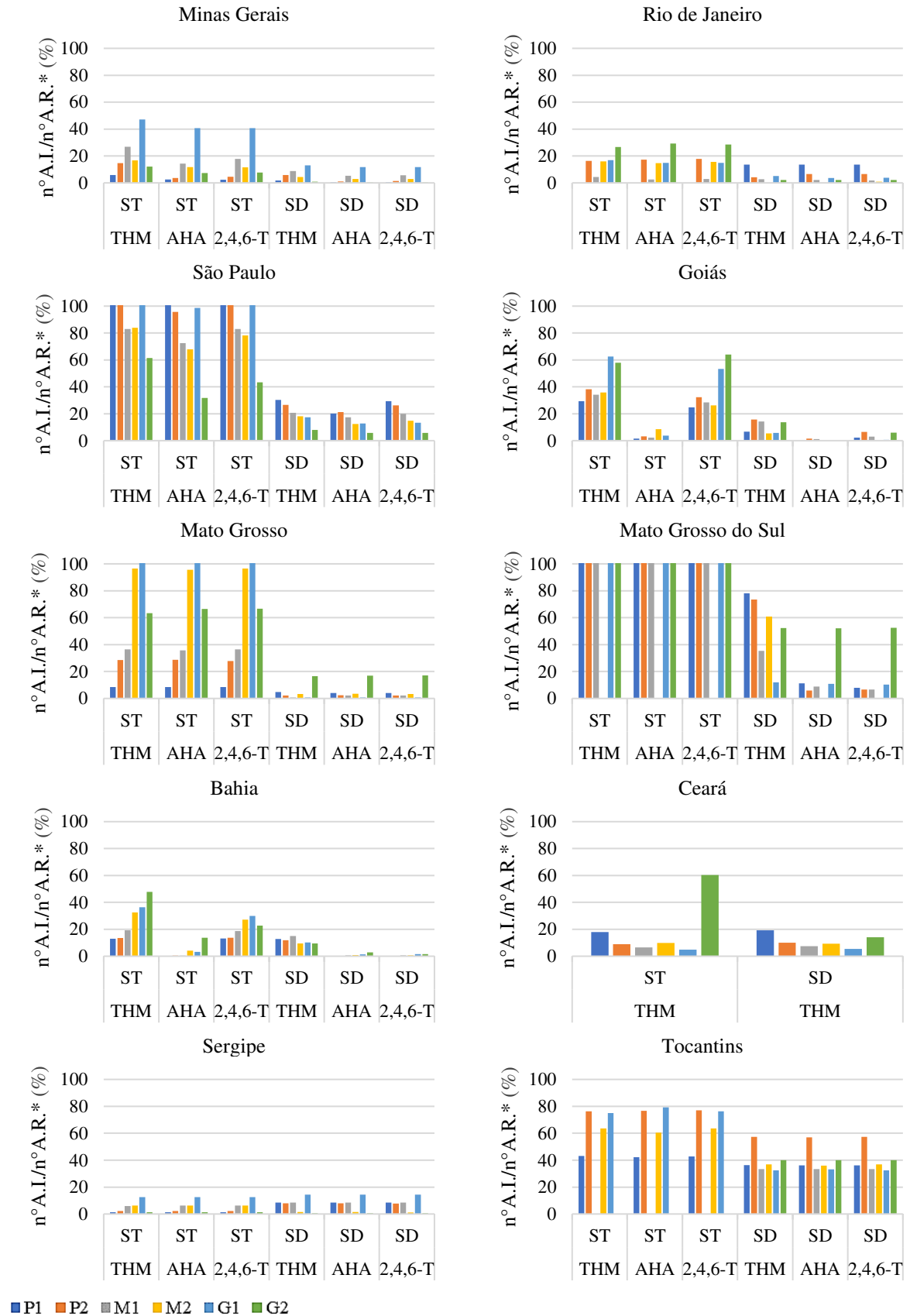
Figura 5 - Cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T na saída do tratamento (ST) e sistema de distribuição (SD), por estado e porte de município



* n° A.I./n° A.R.: número de amostras informadas/ número de amostras requeridas.

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisaga (BRASIL, 2020).

Figura 5 - Cumprimento das exigências de monitoramento de THM, AHA e 2,4,6-T na saída do tratamento (ST) e sistema de distribuição (SD), por estado e porte de município (continuação)



4.1.5. Caracterização do banco de dados de THM, AHA e 2,4,6-T quanto a qualidade dos dados informados (identificação e remoção de erros)

O banco de dados do Sisagua para monitoramento da ocorrência de produtos secundários da desinfecção foi submetido a escrutínio para efeito de verificação e remoção de inconsistências, de acordo com os critérios descritos no item 3.1.2. Não foram encontrados dados inconsistentes referentes ao monitoramento de clorito e de bromato. Por outro lado, a Tabela 2 traz os resultados da porcentagem de dados desconsiderados por estado e por grupo de porte populacional dos municípios para THM, AHA e 2,4,6-T. Os dados desconsiderados se encontram melhor detalhados no Apêndice A, subdivididos por ponto de monitoramento e porte populacional de municípios para cada estado brasileiro.

Tabela 2 – Porcentagem de dados desconsiderados de 2,4,6-T, AHA e THM em SAA, por estado e por grupo de porte de municípios

Estado	Porte	2,4,6-T	AHA	THM	Estado	Porte	2,4,6-T	AHA	THM
PR	P1	23,85	24,05	9,76	RS	P1	26,22	1,87	2,86
	P2	25,41	25,61	9,91		P2	22,35	4,93	0,00
	M1	24,04	23,51	9,53		M1	29,45	2,13	14,12
	M2	15,87	17,44	10,50		M2	26,02	7,32	-
	G1	16,73	15,65	7,75		G1	14,63	7,80	6,62
	G2	11,97	15,20	0,32		G2	0,92	0,74	0,00
SC	P1	0,79	1,66	1,71	ES	P1	10,00	2,78	2,86
	P2	1,14	2,64	1,68		P2	7,14	2,13	0,00
	M1	1,87	2,25	3,86		M1	10,08	10,73	14,12
	M2	0,19	1,22	0,40		M2	-	-	-
	G1	0,57	0,00	1,53		G1	0,16	5,22	6,62
	G2	0,00	4,50	1,56		G2	2,08	1,67	0,00
MG	P1	0,00	3,87	38,53	RJ	P1	0,00	0,00	0,00
	P2	4,83	5,93	32,96		P2	0,00	0,00	1,22
	M1	3,45	0,71	19,75		M1	0,00	5,13	3,08
	M2	4,80	3,50	14,32		M2	0,00	0,00	13,33
	G1	1,25	0,59	2,33		G1	0,00	0,00	0,14
	G2	13,51	0,00	0,00		G2	0,00	0,00	1,50
SP	P1	4,20	10,61	23,08	GO	P1	2,21	1,49	66,39
	P2	4,75	6,90	7,25		P2	2,23	3,66	12,91
	M1	1,20	3,91	3,88		M1	0,38	0,00	14,95
	M2	1,90	3,02	5,14		M2	0,00	3,33	6,08
	G1	0,54	1,59	2,54		G1	0,32	0,00	15,80
	G2	0,15	0,36	0,11		G2	1,94	-	3,33
MT	P1	9,09	12,90	8,33	MS	P1	0,00	0,36	0,25
	P2	6,16	0,68	0,69		P2	4,08	3,96	0,99
	M1	0,47	9,22	11,06		M1	0,00	0,50	0,22
	M2	1,53	1,54	1,41		M2	0,00	0,68	0,00
	G1	0,00	7,86	0,87		G1	0,00	0,95	0,00
	G2	0,50	0,30	0,93		G2	0,21	0,10	12,11
BA	P1	0,00	0,00	0,00	CE	P1	-	-	0,00
	P2	0,15	0,00	1,23		P2	-	-	0,00
	M1	0,49	0,00	0,76		M1	-	-	0,00
	M2	0,00	0,00	0,61		M2	-	-	0,01
	G1	0,39	0,00	0,88		G1	-	-	0,00
	G2	8,33	0,00	4,62		G2	-	-	0,00

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

Tabela 2– Porcentagem de dados desconsiderados de 2,4,6-T, AHA e THM em SAA, por estado e por grupo de porte de municípios (continuação)

Estado	Porte	2,4,6-T	AHA	THM	Estado	Porte	2,4,6-T	AHA	THM
SE	P1	3,45	0,00	0,00	TO	P1	0,83	1,07	0,74
	P2	1,27	1,23	2,53		P2	0,00	0,72	0,24
	M1	0,00	0,00	0,00		M1	0,00	0,00	0,00
	M2	0,00	4,35	4,35		M2	0,00	0,00	0,00
	G1	6,52	1,96	0,00		G1	0,00	0,00	0,00
	G2	0,00	0,00	0,00		G2	0,00	0,00	0,00

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

Foi ainda verificada a possibilidade de o porte do município ser fator contribuinte para a ocorrência de inconsistências na base de dados, utilizando análise de variância de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$). Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas entre os dados excluídos por portes populacionais para 2,4,6-T ($p = 0,548$), AHA ($p = 0,474$) ou THM ($p = 0,376$).

Por sua vez, a análise de variância demonstrou existirem diferenças entre estados ($p = 0,0000$) para os três subprodutos. O teste de comparações para o 2,4,6-T apontou diferenças significativas entre os estados do Paraná e: Rio de Janeiro ($p = 0,0000$), Tocantins ($p = 0,0000$), Mato Grosso do Sul ($p = 0,0001$), Bahia ($p = 0,0014$); Rio Grande do Sul e: Rio de Janeiro ($p = 0,0000$), Tocantins ($p = 0,0001$), Mato Grosso do Sul ($p = 0,0003$). As comparações entre os dados de AHA apontaram diferenças significativas entre Paraná e: Rio de Janeiro ($p = 0,0000$), Tocantins ($p = 0,0000$), Bahia ($p = 0,0000$), Sergipe ($p = 0,0004$), Goiás ($p = 0,0005$), Mato Grosso do Sul ($p = 0,0015$); Bahia e: Rio Grande do Sul ($p = 0,0014$), São Paulo ($p = 0,0021$). A base de dados do THM apontou diferenças significativas entre Ceará e: Goiás ($p = 0,0000$), Minas Gerais ($p = 0,0004$), Paraná ($p = 0,0007$); Tocantins e: Goiás ($p = 0,0002$), Minas Gerais ($p = 0,0012$), Paraná ($p = 0,0022$); Goiás e Sergipe ($p = 0,0011$).

Observam-se ainda extremos: de um lado estados, como PR e RS (neste caso, somente em reação a 2,4,6-T) com, comparativamente, números elevados de dados excluídos; de outro, estados com quantidade bem baixas de dados desconsiderados, como, por exemplo, Tocantins e Rio de Janeiro.

4.2. Ocorrência de produtos secundários da desinfecção no Brasil

4.2.1. Ocorrência de clorito e bromato no Brasil

O Sisagua registra dados de ocorrência de bromato no Brasil apenas em três estados: Bahia, Minas Gerais e São Paulo, tendo, porém, sido detectado em todas as amostras analisadas (Tabela 3). Na Bahia e em Minas Gerais, bromato foi detectado apenas, respectivamente, no

sistema distribuição e na saída do tratamento, sempre dentro do padrão estabelecido no Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5/2017 (VMP igual a 0,01 mg/L). São Paulo, por sua vez, apresentou resultados, em SAC, para ponto de captação (PC), saída do tratamento (ST) e pontos de consumo (Pcs), observando-se aumento de porcentagem de dados quantificados na saída do tratamento em relação ao ponto de captação; em pontos de consumo apenas duas amostras foram analisadas e ambas apresentaram resultado “menor que LQ”. Os valores quantificados do bromato nesse estado também estiveram dentro do padrão, porém, em uma amostra no ponto de captação a concentração coincidiu com o VMP (0,01 mg/L).

Tabela 3 - Ocorrência de bromato no Brasil, dados do Sisagua, 2014 a 2019

UF	PA	N ⁽¹⁾	Porcentagem de ocorrência (%)			LD praticado (mg/L)		LQ praticado (mg/L)		Concentração (mg/L)					
			LD ⁽²⁾	LQ ⁽³⁾	Q ⁽⁴⁾	N ⁽¹⁾	moda	N ⁽¹⁾	moda	Nq ⁽⁵⁾	Min ⁽⁶⁾	Q1 ⁽⁷⁾	Med ⁽⁸⁾	Q3 ⁽⁹⁾	Max ⁽¹⁰⁾
BA	SD	1	0	0	100	-				1			0,01		
MG	ST	8	0	25	75	2	0,01-0,005	46	0,01	6	0,001	0,001	0,002	0,0035	0,005
SP SAC	PC	47	0	91	9					4	0,001	0,002	0,006	0,009	0,010
	ST	8	0	13	88	4	0,0005	8	0,001	6	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	Pcs	2	0	100	0										

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (2020).

(1) número de dados considerados total; (2) menor que o limite de detecção; (3) menor que o limite de quantificação; (4) Quantificados; (5) Número de dados quantificados; (6) mínimo; (7) primeiro quartil; (8): mediana; (9) terceiro quartil;(10) Máximo. ST: saída do tratamento; PA: ponto de amostragem; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; Pcs: ponto de consumo.

A ocorrência de bromato no ponto de captação pode indicar contaminação do manancial e, salvo uma exceção, essas amostras são de água subterrânea. Também no estado de São Paulo, Lourencetti, Prattes e Burkert (2015) analisando a água de 37 poços da cidade de Adamantina, encontraram uma amostra com concentração de bromato igual a 0,01 mg/L; os autores trataram isso como possibilidade de contaminação pontual, mas o poço em questão não era utilizado para abastecimento público.

A ocorrência de clorito em águas tratadas no Brasil, segundo a base de dados do Sisagua, está apresentada na Tabela 4. Em geral (ou no país como um todo), clorito foi detectado em concentrações muito abaixo do VMP (1,0 mg/L) vigente no período do presente estudo e até mesmo do atualmente em vigor (0,7 mg/L) (BRASIL, 2021), com exceção de uma amostra no ponto de captação em São Paulo onde o clorito foi quantificado em 1,0 mg/L (Tabela 4).

Tabela 4 - Ocorrência de clorito no Brasil, dados do Sisagua, 2014 a 2019

UF	PA	Porcentagem por faixa de ocorrência (%)				LD praticado (mg/L)		LQ praticado (mg/L)		Ocorrência (mg/L)					
		N ⁽¹⁾	LD ⁽²⁾	LQ ⁽³⁾	Q ⁽⁴⁾	N ⁽¹⁾	moda	N ⁽¹⁾	moda	Nq ⁽⁵⁾	Min ⁽⁶⁾	Q1 ⁽⁷⁾	Med ⁽⁸⁾	Q3 ⁽⁹⁾	Max ⁽¹⁰⁾
PR SAA	ST	1	0	100	0	-	-	1	0,05	-	-	-	-	-	-
	PC	38	34	53	13					5	0,05	0,055	0,09	0,17	0,24
RS SAA	ST	46	37	57	7	27	0,0002	94	0,04	3	0,05	0,05	0,11	0,2	0,2
	SD	17	18	82	0					-	-	-	-	-	-
SC SAA	ST	2	0	0	100	-	-	3	0,5	2	0,5	-	0,5	-	0,5
SC SAC	ST	1	0	100	0					-	-	-	-	-	-
MG SAA	PC	4	25	0	75					3	0,04	0,04	0,15	0,15	0,15
	ST	32	50	31	19	2	0,04	21	0,04	5	0,04	0,04	0,04	0,095	0,15
	SD	8	13	75	13					1	0,0276		0,0276		0,0276
SP SAA	PC	13	0	62	38					5	0,005	0,005	0,06	0,1	1
	ST	46	13	61	26					12	0,02	0,02	0,02	0,04	0,1
	SD	14	0	93	7	9	0,075	181	0,1	1	0,1	-	0,1	-	0,1
SP SAC	PC	129	20	70	10					11	0,001	0,065	0,1	0,1	0,15
	ST	77	32	58	10					7	0,003	0,03	0,1	0,1	0,1
	Pcs	29	7	86	7					2	0,1		0,125		0,15
GO SAA	PC	6	50	50	0					-	-	-	-	-	-
	ST	6	50	50	0					-	-	-	-	-	-
GO SAC	PC	1	0	100	0	10	0,58	9	0,1756	-	-	-	-	-	-
	ST	1	0	100	0					-	-	-	-	-	-
	Pcs	1	0	100	0					-	-	-	-	-	-
MT SAA	ST	4	0	0	100	2	0,01	4	0,02	4	0,01	0,0125	0,02	0,0275	0,03
MS SAA	PC	1	0	0	100	-	-	1	0,1	1	0,1		0,1		0,1
SE SAA	PC	2	100	0	0					-	-	-	-	-	-
	ST	5	80	20	0	-	-	4	0,2	-	-	-	-	-	-
	SD	3	0	100	0					-	-	-	-	-	-
TO SAA	PC	2	0	100	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ST	1	0	100	0					-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (2020).

(1) número de dados considerados total; (2) menor que o limite de detecção; (3) menor que o limite de quantificação; (4) Quantificados; (5) Número de dados quantificados; (6) mínimo; (7) primeiro quartil; (8): mediana; (9) terceiro quartil;(10) Máximo. ST: saída do tratamento; PA: ponto de amostragem; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; Pcs: ponto de consumo.

Como referido no item 4.1.1, dados de monitoramento de clorito acima de 80% do requerido no plano de amostragem de norma foram registrados apenas em São Paulo e Rio Grande do Sul, na saída do tratamento; em sistemas de distribuição a amostragem foi inferior a 30% do esperado em todos os estados. Nota-se na Tabela 4 que o percentual de quantificação

de clorito na saída do tratamento em SP (SAA) e RS (base de dados mais representativa em função do requerido pela norma) foram baixas, respectivamente 26 e 7%. Percentuais mais elevados (superior a 60%) de ocorrência de clorito na faixa “quantificados” foram registrados apenas em UF e pontos de amostragem com número de dados informados inferior a quatro (na saída do tratamento em SC e MT; ponto de captação em MG e MS).

4.2.2. Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol no Brasil

A presença de 2,4,6-triclorofenol (2,4,6-T) no Brasil, com base nos registros do Sisagua, está apresentada nas Figuras 6 a 20 em função de percentuais de ocorrência de dados: (i) menores que LD; (ii) menores que LQ, (iii) quantificados; e (iv) maiores que VMP. As figuras mostram também os valores da mediana e moda de LD e LQ praticados por estado e porte populacional dos grupos de municípios. A distribuição dos dados quantificados de concentração está apresentada em gráficos do tipo *box-plot*, por grupo de porte populacional de municípios e pontos de amostragem.

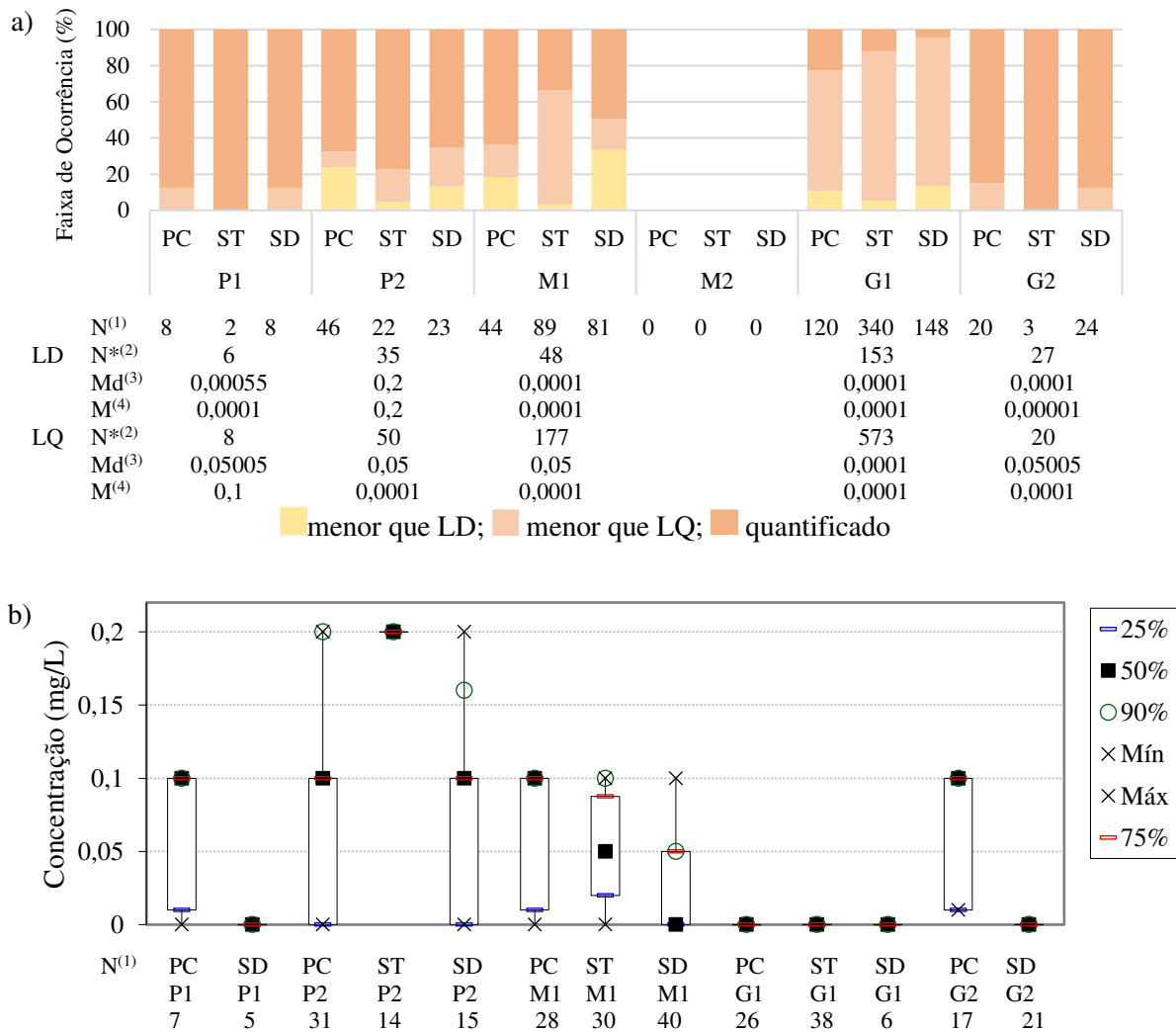
Os resultados de medianas e modas de LQ e LD praticados no Brasil possibilitam a avaliação de o quão próximo, ou não, ao VMP se dá a ocorrência de 2,4,6-T no país – no caso, os resultados indicaram, em sua grande maioria, valores muito abaixo do VMP. Apenas os estados de Minas Gerais e São Paulo apresentaram dados em solução alternativa coletiva (SAC) em um número de cidades que possibilitou a análise de ocorrência de 2,4,6-T por grupos de porte de cidades; nos demais estados apenas dados de SAA foram considerados. Casos (pontos de monitoramento em algum dos grupos de porte de município) em que não houve dados válidos estão apresentados nas figuras com o espaço vazio e indicação de ausência de dados (N = 0). Embora tenha sido quantificado em todos os estados brasileiros, o 2,4,6-T foi encontrado em valores superiores ao VMP (0,2 mg/L) em apenas dois (Goiás e Santa Catarina). Os resultados serão melhor discutidos nos itens a seguir.

4.2.2.1. Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na Região Sudeste

A Figura 6 traz informações de ocorrência de 2,4,6-T no estado do Espírito Santo. Nota-se que a ocorrência de “detecção” (“menor_LQ” e “quantificado”) é maior que a de “não detecção” (“menor_LD”). O registro de resultados quantificados foi superior a 60% dos dados em todos os portes municipais e pontos de amostragem, com exceção de G1 e M1 na saída do tratamento (ST) e sistema de distribuição (SD) (Figura 6a). Apesar de não haver quantificação de 2,4,6-T em concentrações acima do VMP (0,2 mg/L) no Espírito Santo, em cidades do grupo

de porte populacional P2 valores máximos iguais a 0,2 mg/L foram reportados, sendo que na ST todos os 14 dados quantificados foram iguais ao VMP (Figura 6b). Há, portanto, indícios de alerta de riscos potenciais à saúde e, por conseguinte, necessidade de averiguação das possíveis causas de um problema, ou mesmo de consistência dos dados informados.

Figura 6 - Ocorrência de 2,4,6-T no Espírito Santo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



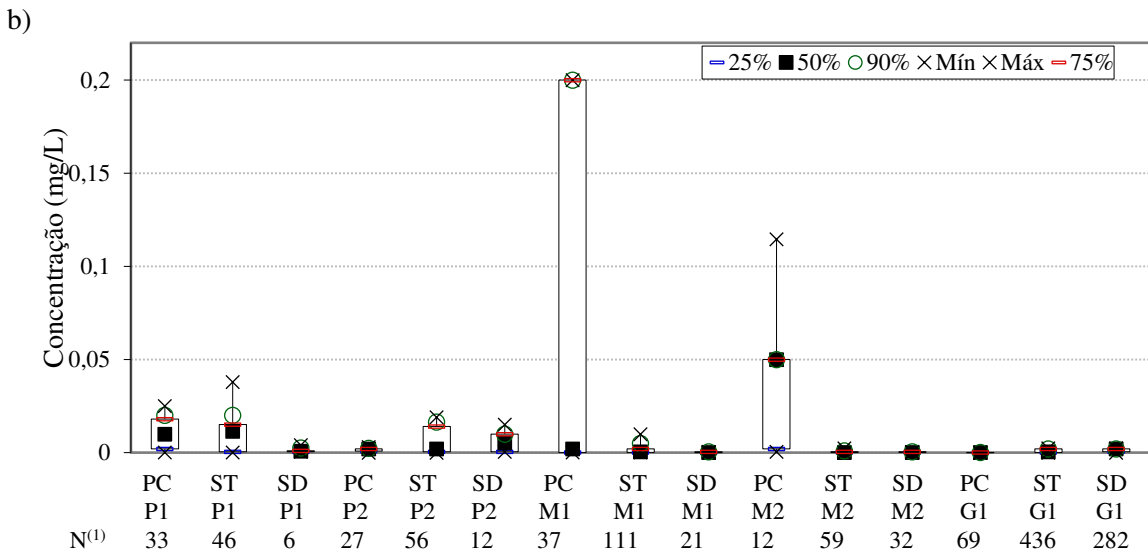
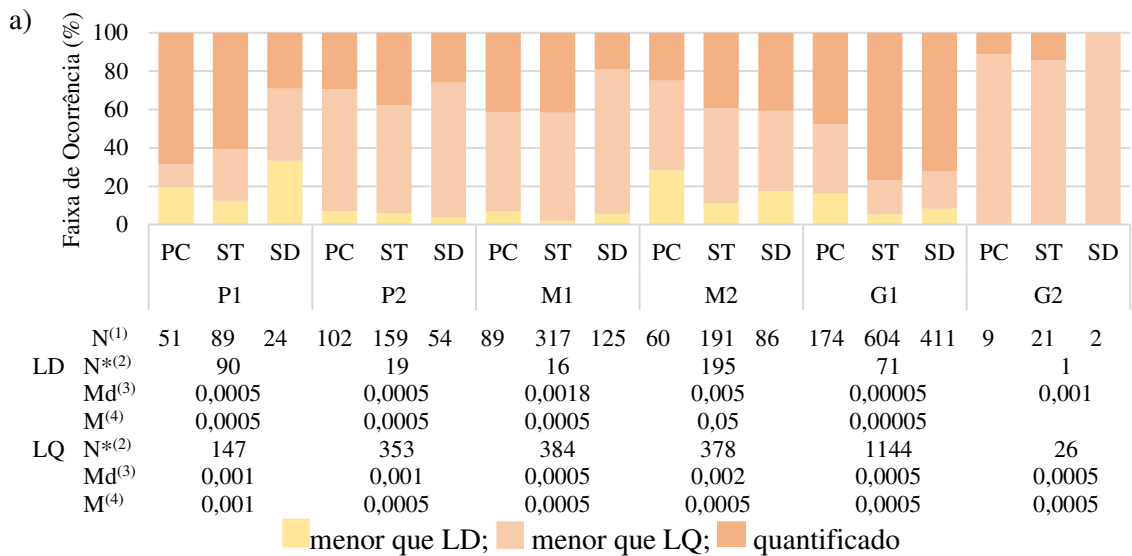
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

O monitoramento de 2,4,6-T em Minas Gerais foi realizado tanto em SAA quanto em SAC (Figuras 7 e 8). A detecção do 2,4,6-T em SAA foi superior a 67% em todos os pontos de monitoramento e grupos de portes municipais (Figura 7a). Apesar dos resultados quantificados

representarem até 70% dos dados (Figura 7a), os valores encontrados foram inferiores a 0,05 mg/L, com exceção do ponto de captação em municípios de porte M1 e M2. O valor máximo encontrado em PC M2 foi 0,115 mg/L enquanto em PC M1 o máximo foi igual ao VMP estabelecido pela norma de potabilidade da água (0,2 mg/L).

Figura 7 - Ocorrência de 2,4,6-T em SAA de Minas Gerais por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



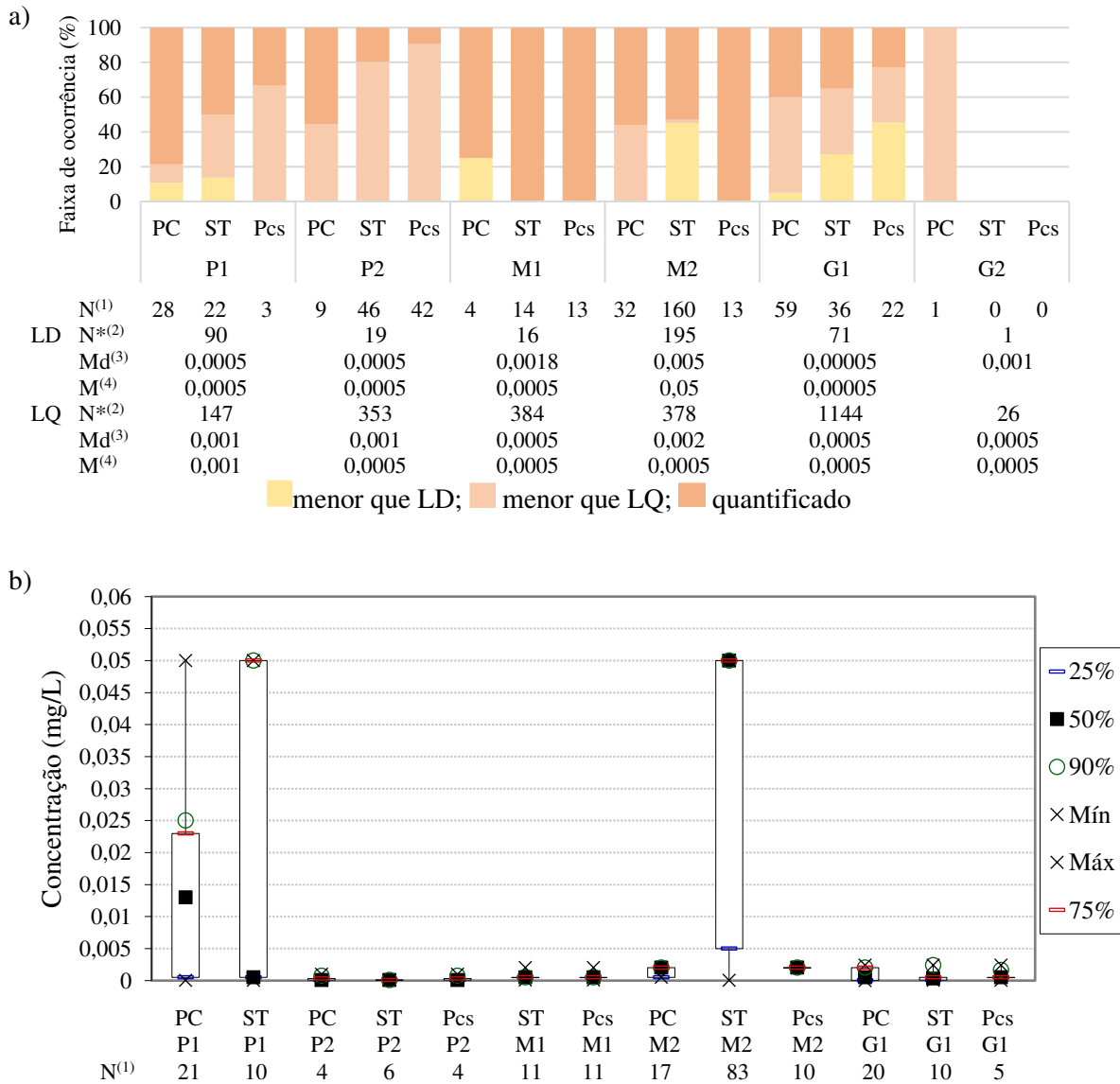
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A ocorrência de 2,4,6-T em SAC no estado de Minas Gerais está apresentado na Figura 8. Nota-se na Figura 8a que a detecção desse composto foi superior a 55% em todos os pontos

de amostragem e grupos de porte populacional. O percentual de quantificação foi superior a 50% dos dados em municípios de porte médio M1 e M2, além de ponto de captação em P1 e P2 e saída do tratamento em P1. Contudo, mesmo com um elevado percentual de dados quantificados, não houve detecção do composto acima do VMP (0,2 mg/L). Observa-se na Figura 8b que o máximo reportado em SAC no estado de Minas Gerais foi igual a 0,05 mg/L em PC P1, ST P1 e ST M2. Nos demais pontos as concentrações reportadas para a ocorrência de 2,4,6-T não ultrapassou 0,005 mg/L.

Figura 8 - Ocorrência de 2,4,6-T em SAC de Minas Gerais por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019

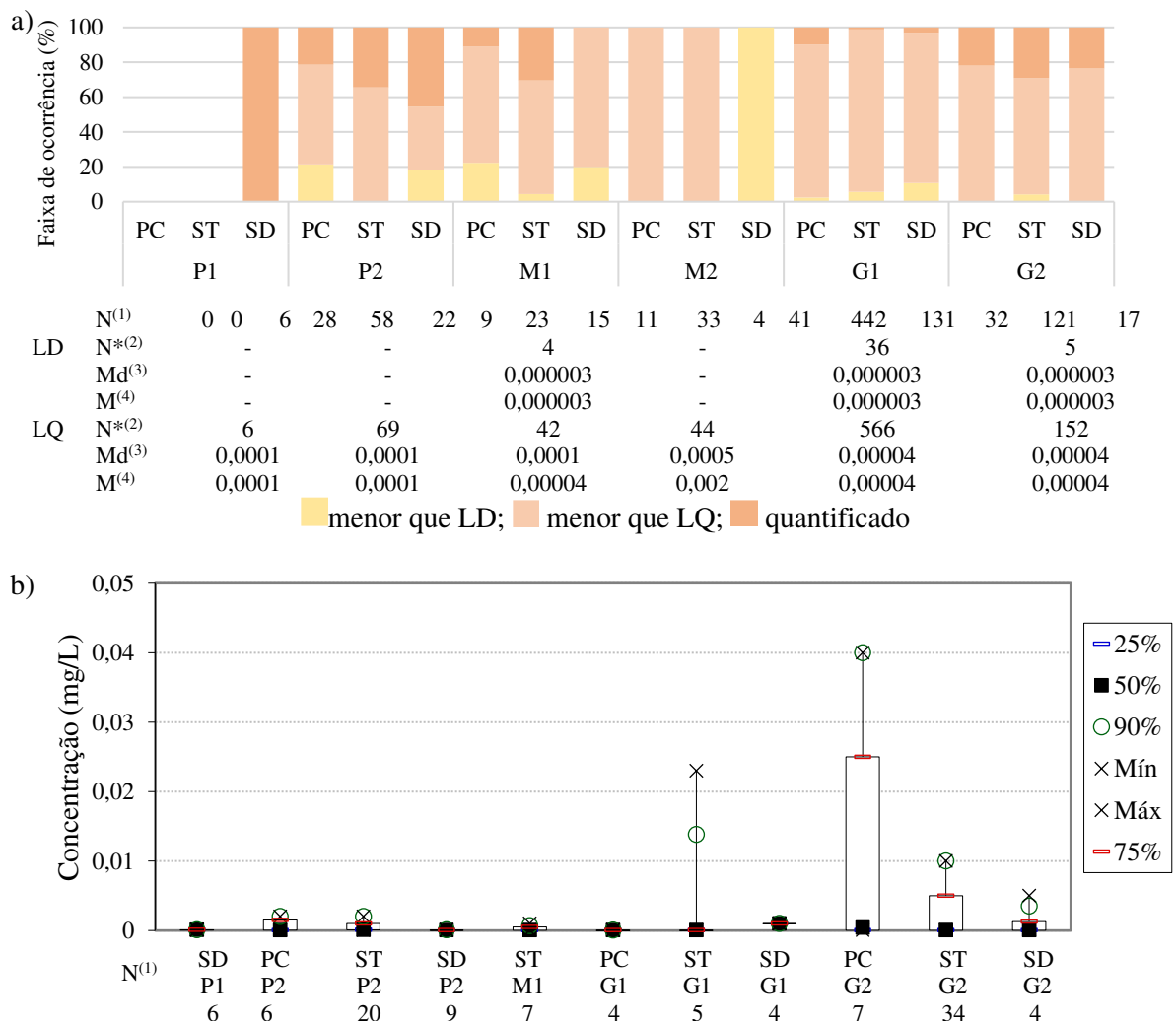


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; Pcs: ponto de consumo; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

No Rio de Janeiro, o percentual de dados de ocorrência de 2,4,6-T quantificados foi inferior a 45%, exceto em municípios de porte P1 no SD, onde todas as seis amostras analisadas foram quantificadas. Cabe destacar que os valores de LQ e LD usuais na região permitem a detecção e quantificação de 2,4,6-T em concentrações bem abaixo do VMP da norma (Figura 9a). As concentrações de 2,4,6-T não ultrapassaram 0,04 mg/L no estado como um todo (máximo reportado em municípios de porte G2 no ponto de captação) (Figura 9b), e 0,002 mg/L em municípios de porte P1, P2 e M1.

Figura 9 - Ocorrência de 2,4,6-T no Rio de Janeiro por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019

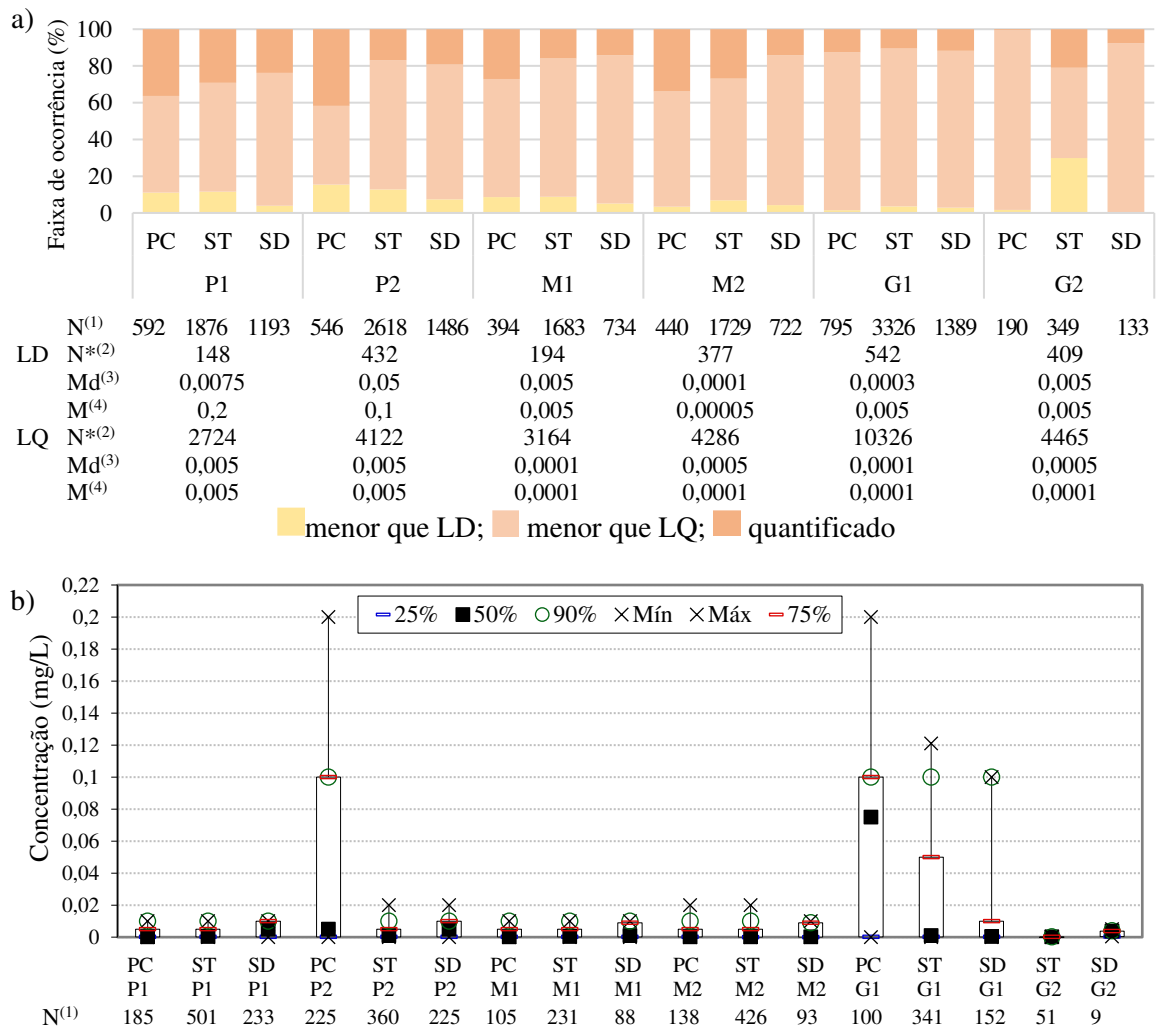


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A ocorrência de 2,4,6-T no estado de São Paulo está apresentada nas Figuras 10 (SAA) e 11 (SAC), onde se percebe detecção superior a 85% dos dados de monitoramento, exceto em municípios de grande porte G2 na saída do tratamento (ST) em SAA e em municípios de pequeno porte P2 em ponto de consumo (Pcs) em SAC. O percentual de resultados quantificados no estado variou entre 5 e 40% do total dos dados em ambos os tipos de abastecimento de água, com exceção de G2 em ponto de captação (PC) em SAA, onde a quantificação foi de apenas 0,53% dos dados (Figura 10a; Figura 11a).

Figura 10 - Ocorrência de 2,4,6-T em SAA de São Paulo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



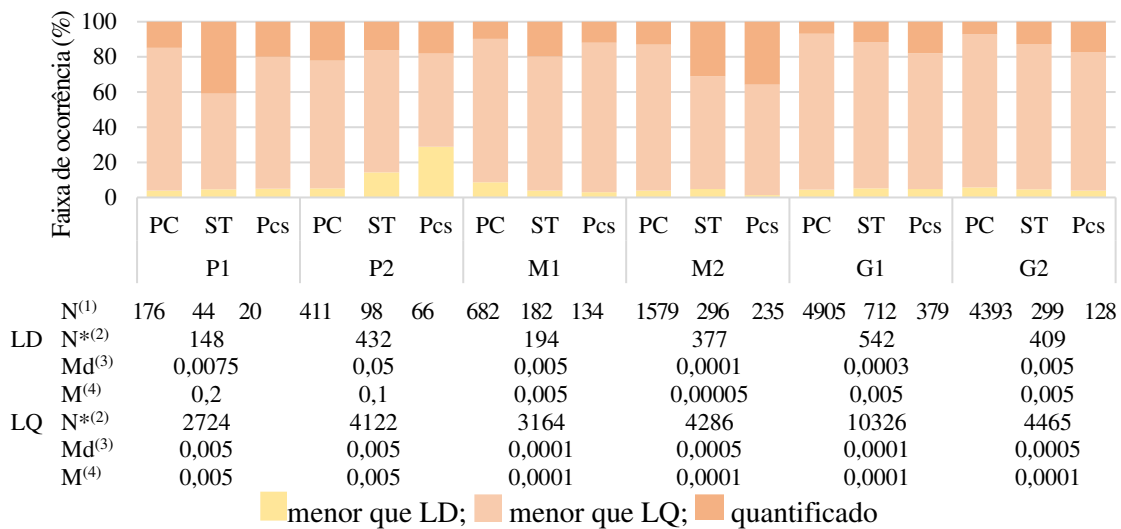
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

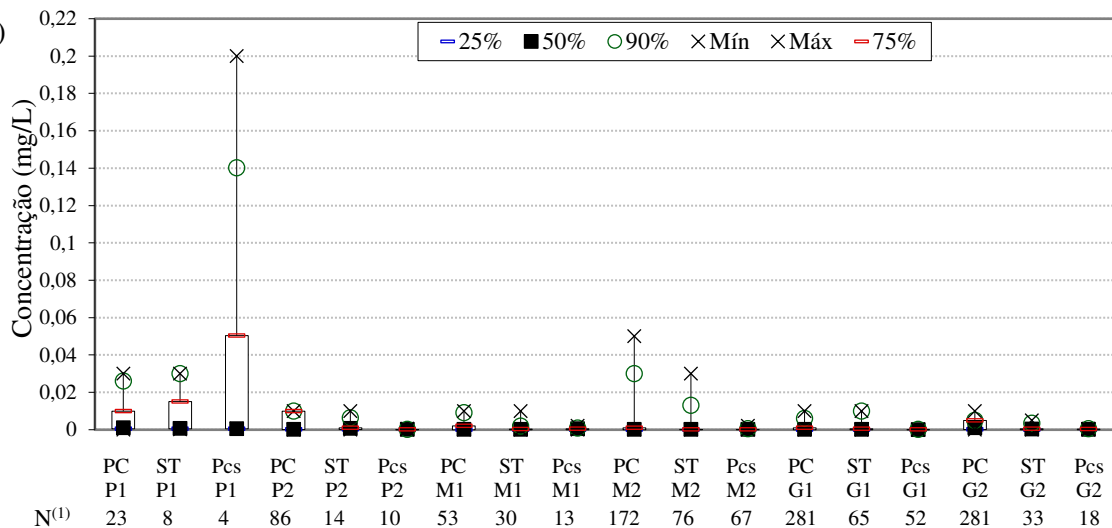
A distribuição dos dados quantificados em São Paulo está apresentada na Figura 10b para SAA e na Figura 11b para SAC. As medianas das concentrações de 2,4,6-T encontrados no estado foram da ordem de nanogramas por litro (Apêndice B); os valores máximos foram inferiores a 0,05 mg/L, com exceção de pontos de captação em P2 e G1 em SAA (Figura 10b) e de ponto de consumo em P1 em SAC (Figura 11b), onde o máximo foi igual a 0,2 mg/L, além de G1 ST e SD em SAA, respectivamente com 0,12 mg/L e 0,1 mg/L (Figura 10 b).

Figura 11 - Ocorrência de 2,4,6-T em SAC de São Paulo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019

a)



b)



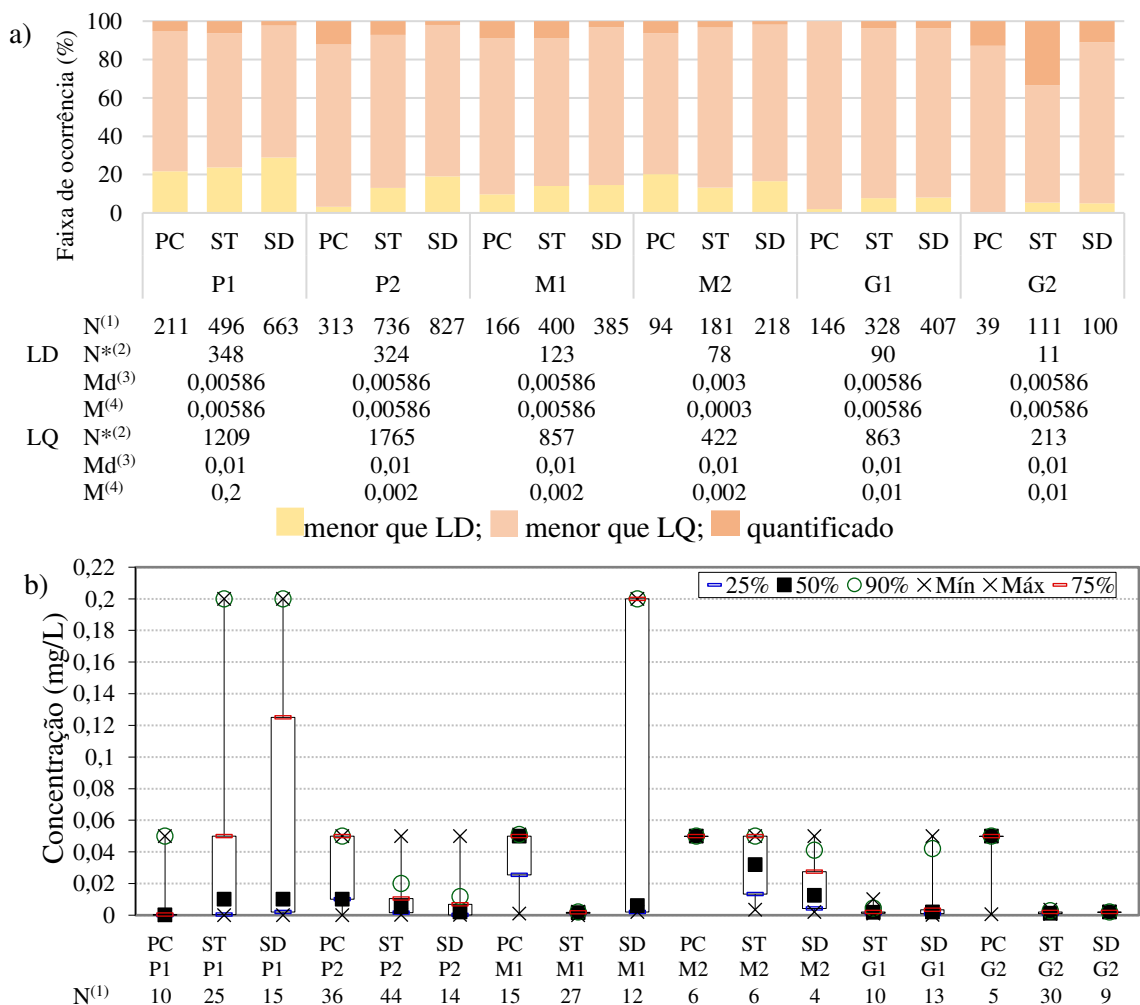
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; Pcs: ponto de consumo; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.2.2. Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na Região Sul

A ocorrência 2,4,6-T no Paraná está apresentada na Figura 12. O composto foi detectado em mais de 71% dos dados em todos os pontos de amostragem e grupos de porte populacional (Figura 12a). O percentual de quantificação no estado variou entre 2% e 33%, com exceção do ponto de captação (PC) em municípios de porte grande G1, onde o 2,4,6-T não ocorreu em valores superiores ao limite de quantificação (Figura 12a). As concentrações de 2,4,6-T quantificadas no estado do Paraná foram inferiores a 0,06 mg/L com exceção de pontos de saída do tratamento e de sistemas de distribuição em municípios de pequeno porte P1 (ST P1 e SD P1), além de sistemas de distribuição em municípios de médio porte M1 (SD M1). Nesses três pontos, apesar de a mediana não ultrapassar 0,02 mg/L, foram reportados valores máximos de 0,2 mg/L (Figura 12b), especialmente em SD M1 (25% dos dados).

Figura 12 - Ocorrência de 2,4,6-T no Paraná por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019

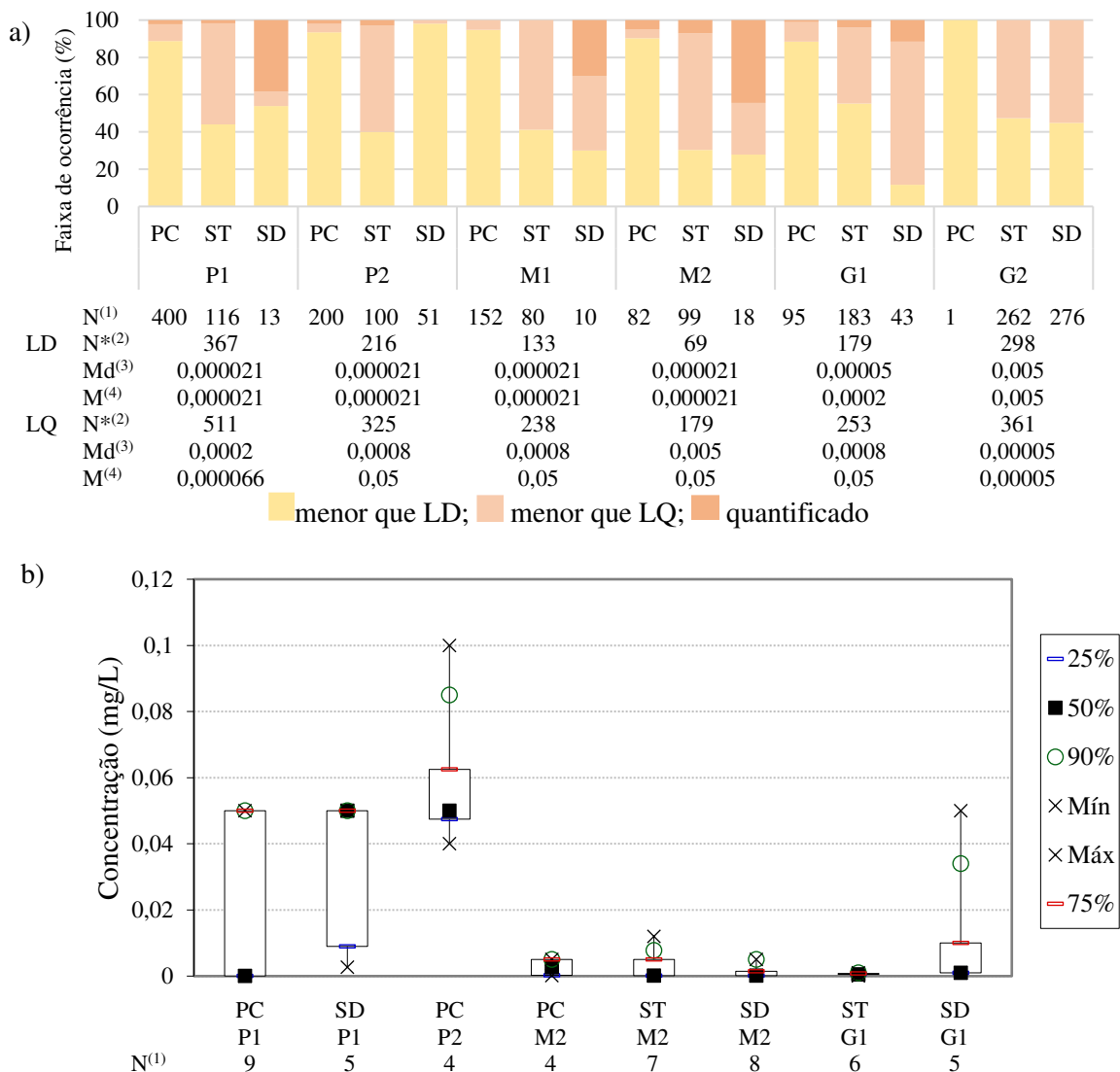


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

No Rio Grande do Sul, a porcentagem de dados inferiores ao LD foi bastante elevada se comparada aos demais estados da região Sul: no ponto de captação, em todos os portes de cidade, ao menos 90% dos dados estiveram abaixo do LD, enquanto nos demais pontos variou entre 10 e 60% (Figura 13a). As concentrações quantificadas no estado ficaram muito abaixo do VMP estipulado pela norma de potabilidade da água no Brasil (0,2 mg/L), não ultrapassaram 0,06 mg/L na saída do tratamento e no sistema de distribuição, e 0,1 mg/L no ponto de captação (Figura 13b). Essa baixa ocorrência de 2,4,6-T pode ser indicativo da baixa presença de fenóis na região.

Figura 13 - Ocorrência de 2,4,6-T no Rio Grande do Sul por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019

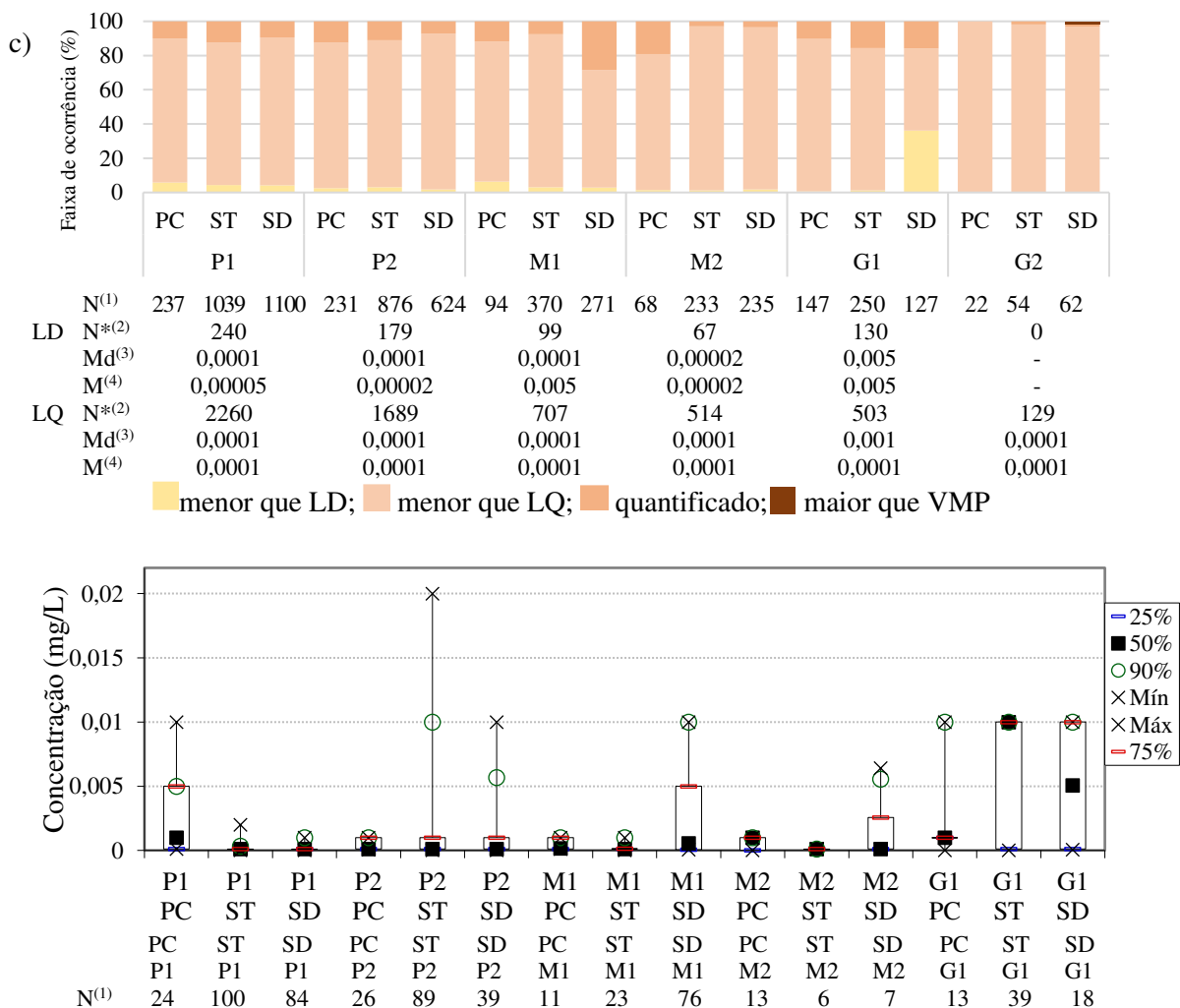


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Em Santa Catarina, a detecção de 2,4,6-T foi superior a 94% em todos os pontos de amostragem e grupos de porte populacional, com exceção do sistema de distribuição em municípios de grande porte G1 (Figura 14a). Entre os valores de concentração reportados no estado, o VMP foi ultrapassado apenas em uma única amostra, no sistema de distribuição (SD) no grupo G2 (cidade de grande porte) (Apêndice B). Contudo, cabe destacar, que no grupo G2 de Santa Catarina foram quantificados apenas um dado na saída do tratamento (ST) e dois dados no SD, o que impossibilitou uma análise estatística da ocorrência. Os demais dados de ocorrência quantificados foram muito abaixo do máximo permitido pela norma (0,2 mg/L) sendo que o máximo não superou 0,02 mg/L (Figura 14b).

Figura 14 - Ocorrência de 2,4,6-T em Santa Catarina por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



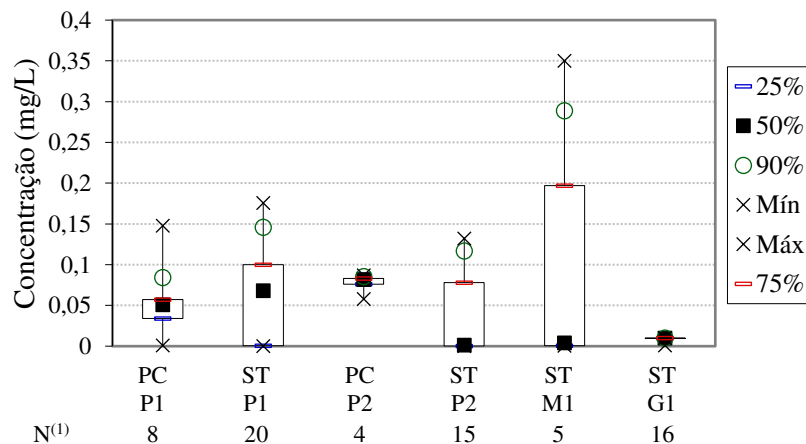
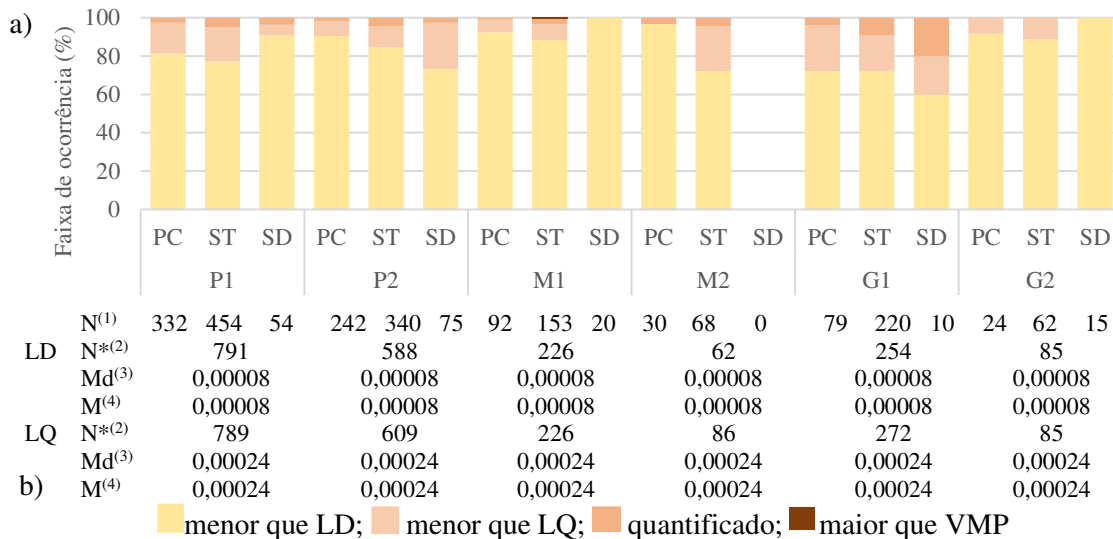
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.2.3. Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na Região Centro-Oeste

A exemplo da Região Sul, na Região Centro-Oeste um estado se destaca pela elevada porcentagem de dados menores que LD. Em Goiás, em todos os pontos de amostragem a não detecção de 2,4,6-T foi maior ou igual a 60%, chegando a 100% no sistema de distribuição (SD) de cidades do grupo G2 (Figura 15a). Contudo, nesse estado houve resultados de concentrações de 2,4,6-T superiores ao VMP (0,2 mg/L), no ponto de monitoramento ST em cidade de porte médio do grupo M1 (Figura 15b). O valor máximo quantificado na ST em M1 foi de 0,35 mg/L, com terceiro quartil igual a 0,197 mg/L (Figura 15b) e os demais resultados inferiores a 0,005 mg/L. Esses dois resultados mais elevados (0,35 mg/L e 0,197 mg/L) podem ser devidos à contaminação pontual (ou ainda à imprecisão de medida), haja vista a baixa porcentagem de ocorrência de dados quantificados em M1 ST.

Figura 15 - Ocorrência de 2,4,6-T em Goiás por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019

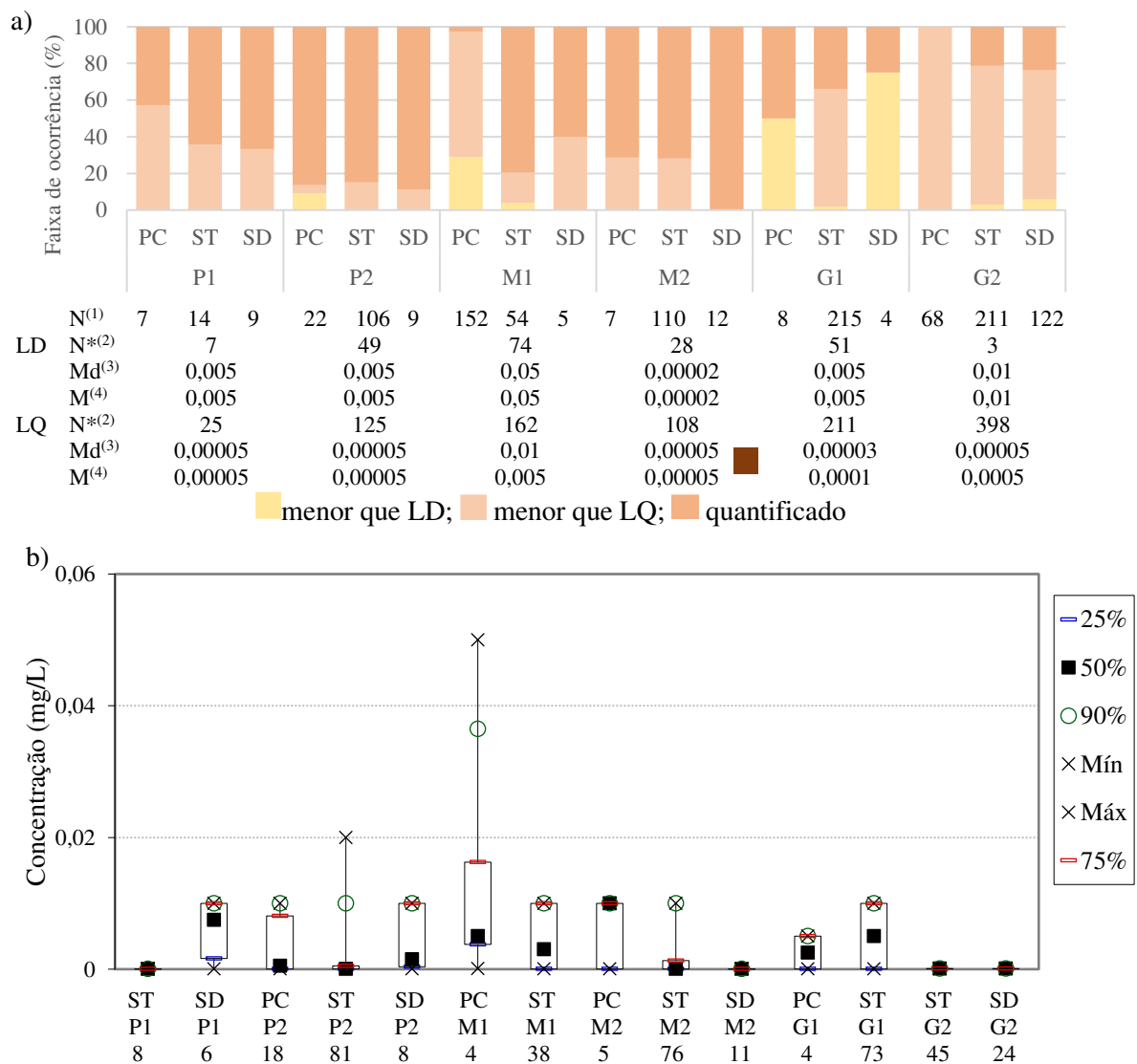


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

No Mato Grosso, a detecção de 2,4,6-T se deu em percentuais mais elevados, se comparado a Goiás, em todos os pontos de amostragem e grupos de porte populacional de cidades, com exceção do PC em M1 e G1, além de SD em G1. A porcentagem de quantificação variou entre 20% e 80% (Figura 16a). Contudo, as concentrações reportadas foram, em sua maioria, inferiores a 0,02 mg/L; apenas no ponto de captação em cidades de porte M1 houve quantificação acima desse valor, mas o máximo reportado não ultrapassou 0,06 mg/L (Figura 16b).

Figura 16 - Ocorrência de 2,4,6-T em Mato Grosso por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019

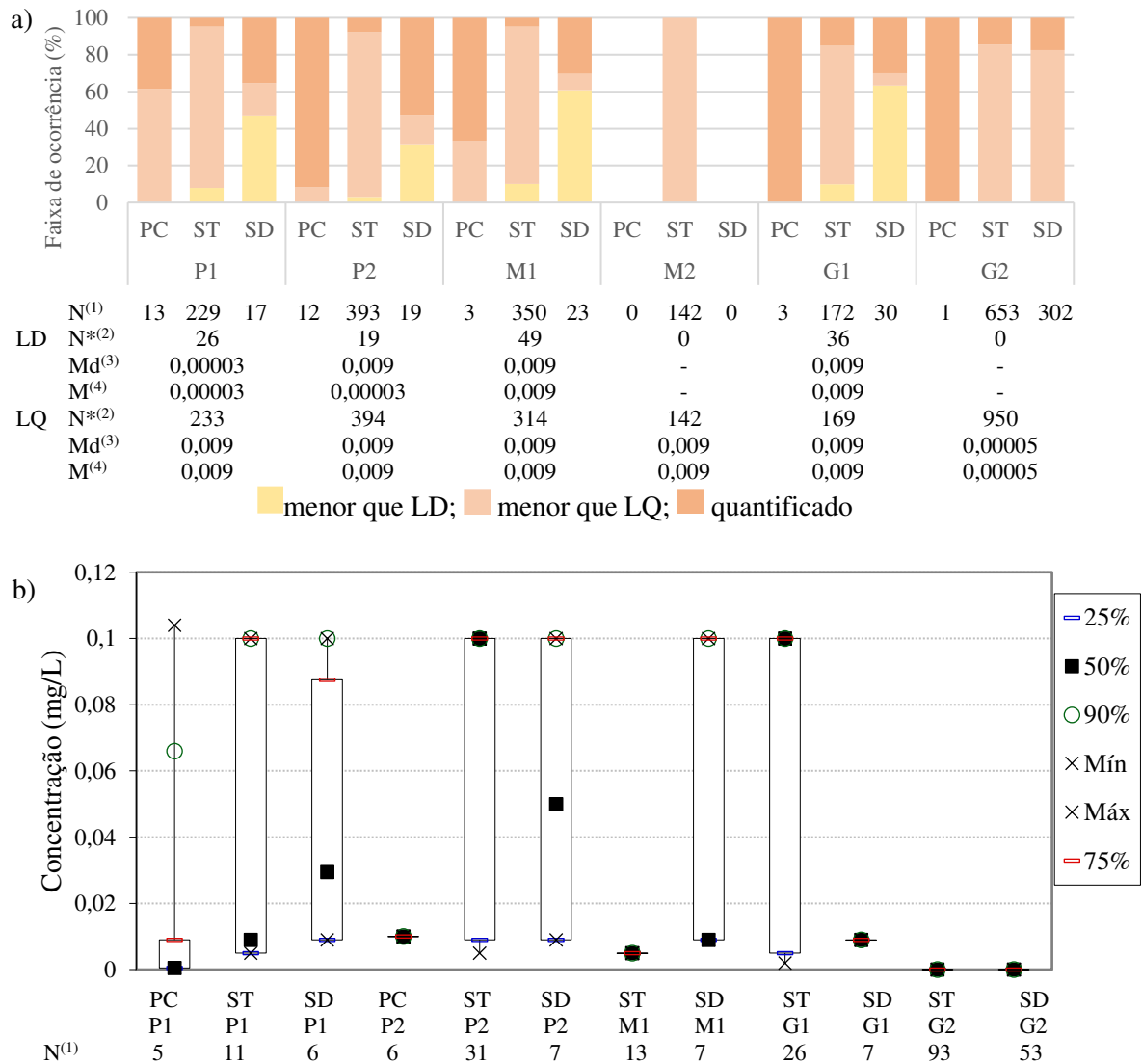


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

No Mato Grosso do Sul também foram registrados elevados percentuais de detecção em todos os pontos de amostragem, com exceção dos dados nos sistemas de distribuição dos grupos P1, M1 e G1 (Figura 17a), porém em concentrações sempre inferiores a 0,1 mg/L (Figura 17b).

Figura 17 - Ocorrência de 2,4,6-T em Mato Grosso do Sul por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

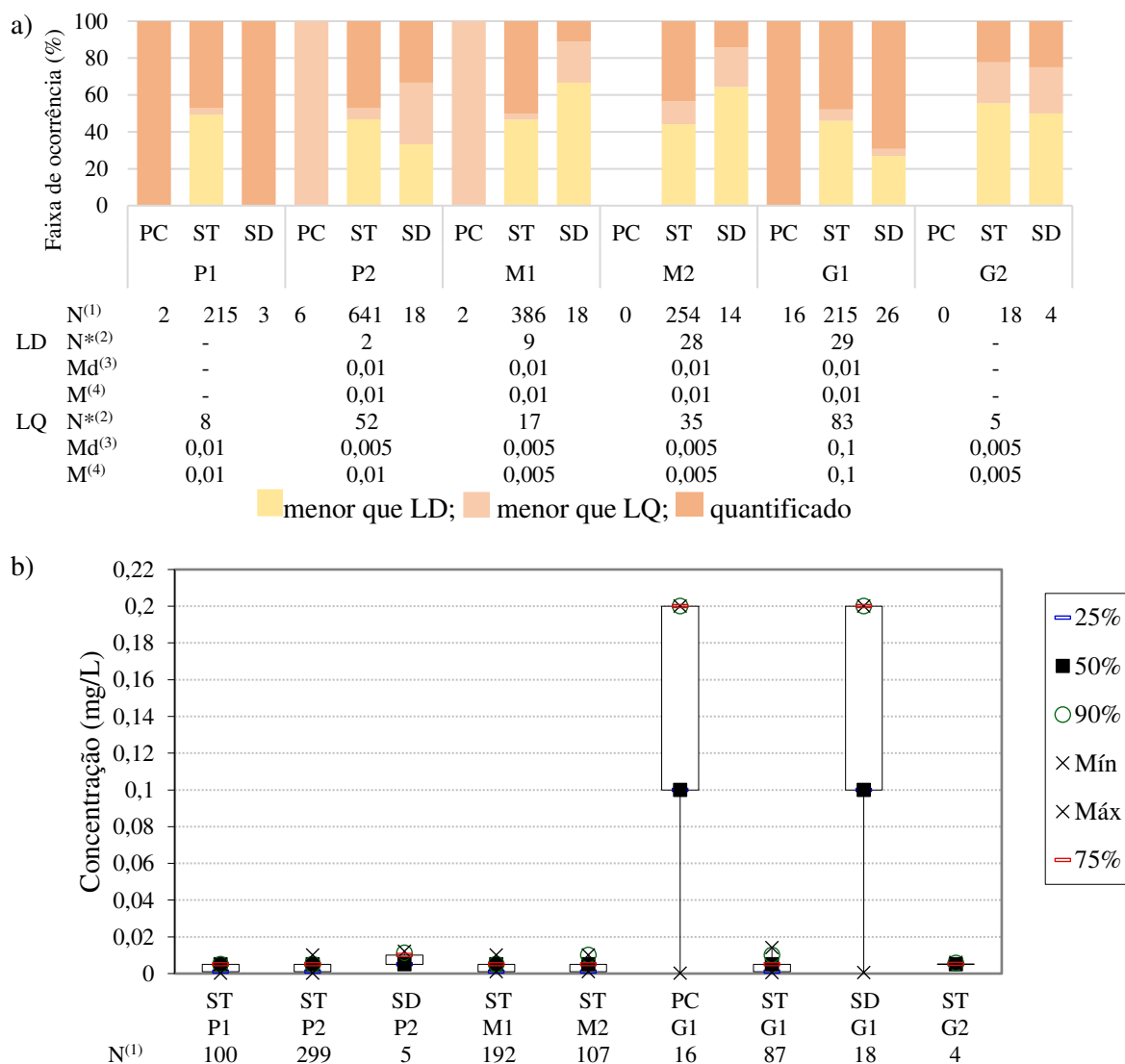
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.2.4. Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na região Nordeste

O 2,4,6-T foi detectado em todas as poucas análises realizadas (N = 2 ou 3) em pontos de captação na Bahia e Sergipe (Figura 18a e Figura 19a). Na Bahia, nos demais pontos de

amostragem, a detecção variou entre 35 e 70% (Figura 18a). Ainda na Bahia, valores máximos até 0,2 mg/L foram encontrados em PC e SD de cidades de grande porte (G1). Nos demais pontos de amostragem e grupos de porte municipais todos os valores de concentração reportados foram menores que 0,02 mg/L (Figura 18b).

Figura 18 - Ocorrência de 2,4,6-T na Bahia por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



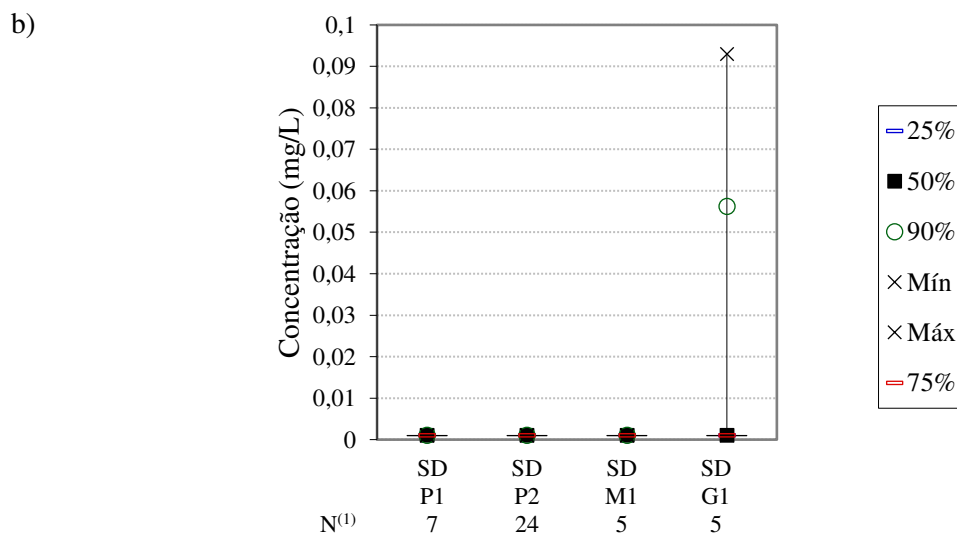
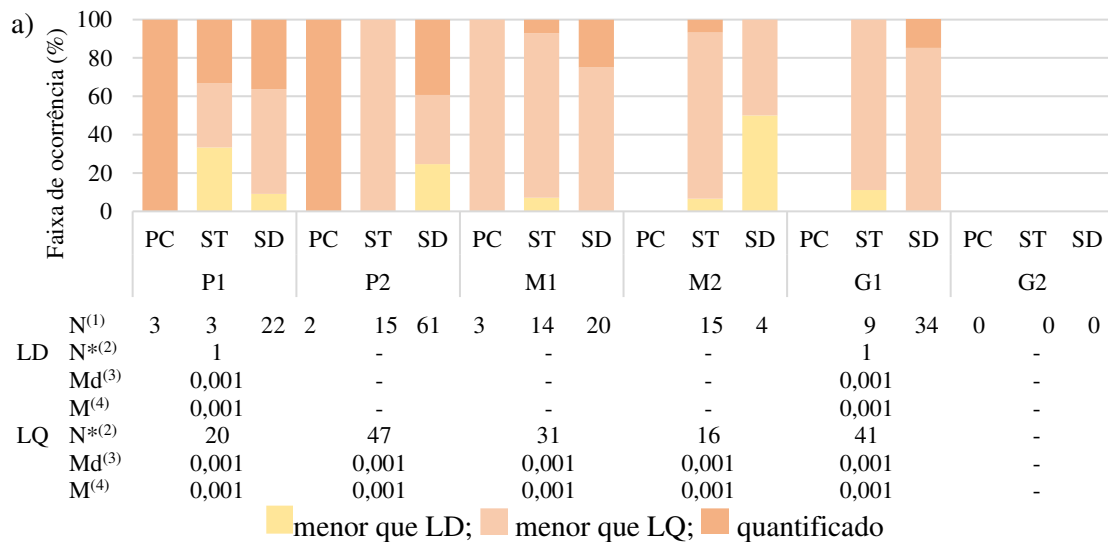
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Em Sergipe, nos pontos de amostragem de saída do tratamento e sistema de distribuição a detecção de 2,4,6-T variou entre 50 e 95% das amostras analisadas (Figura 19a). Os valores

reportados no estado foram, em sua maioria, inferiores a 0,01 mg/L, chegando a 0,093 mg/L em municípios de grande porte G1 no sistema de distribuição (Figura 19b). Em cidades de médio porte 1 o 2,4,6-T foi quantificado em apenas uma amostra, com 0,2 mg/L (Apêndice B), indicando possível contaminação pontual, ou problema analítico.

Figura 19 - Ocorrência de 2,4,6-T em Sergipe por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



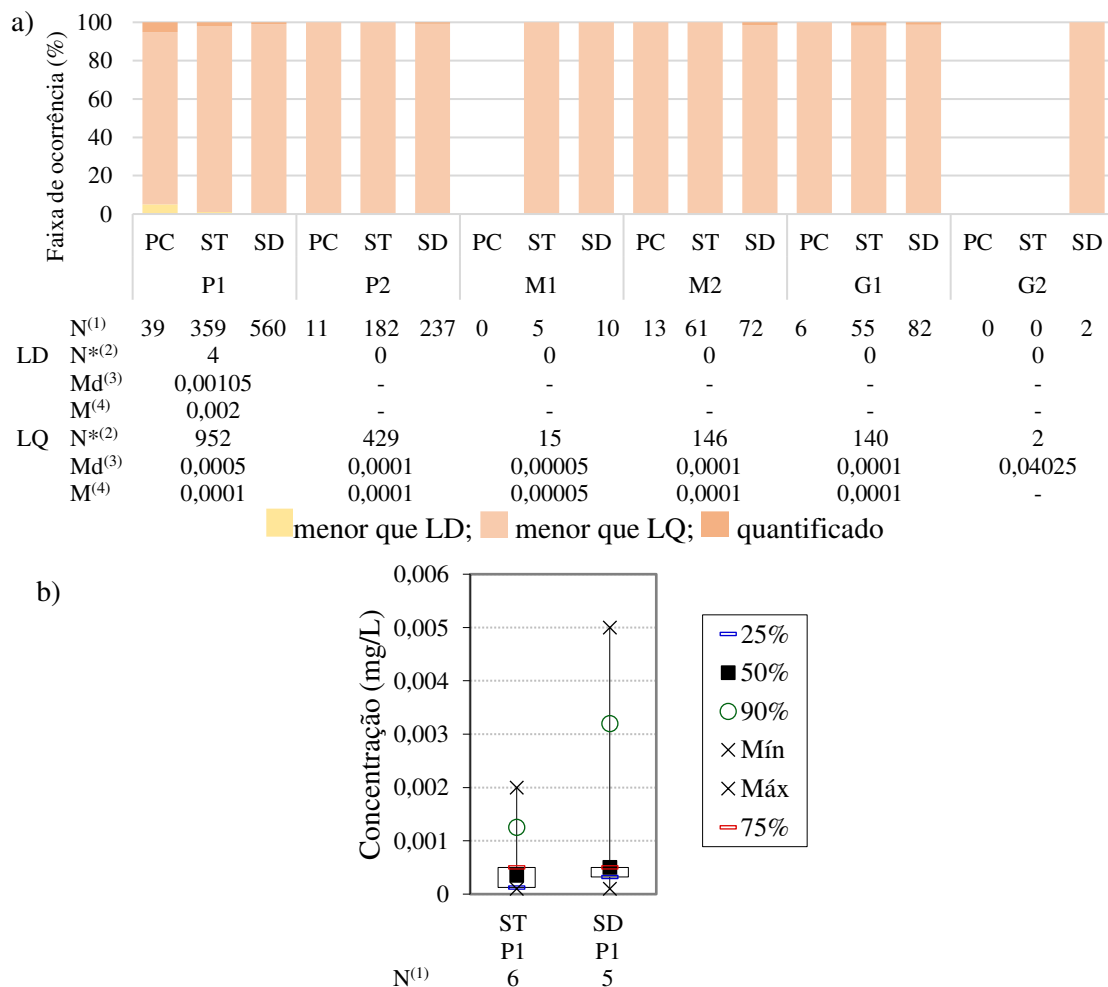
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.2.5. Ocorrência de 2,4,6-triclorofenol na região Norte

Na Região Norte, a presença de 2,4,6-T em um número considerável de municípios ocorreu apenas em Tocantins. Apesar da detecção em todos os pontos de monitoramento e porte populacional que apresentaram dados, a quantificação foi pequena – o percentual de resultados “menor_LQ” corresponde a mais de 90% em todos os pontos de monitoramento (Figura 20a); cabe ressaltar que os limites de quantificação adotados na região se encontram muito abaixo do VMP (Figura 20a), indicando que a ocorrência se dá em valores também muito abaixo do máximo permitido. O valor máximo de ocorrência no estado não superou 0,08 mg/L (Apêndice B), sendo que apenas em municípios de pequeno porte P1, na saída do tratamento e no sistema de distribuição, houve mais de dois valores quantificados de 2,4,6-T, porém o máximo não superou 0,005 mg/L (Figura 20b).

Figura 20 - Ocorrência de 2,4,6-T em Sergipe por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.2.6. Síntese da avaliação da ocorrência de 2,4,6-triclorofenol no Brasil

A presença de 2,4,6-T em água bruta é, à primeira vista, inesperada, pois este composto ocorre mais usualmente em água tratada, como subproduto da cloração de água que contenha fenol (MINISTRY OF HEALTH, 2018; WHO, 2022). Contudo, a ocorrência em água bruta, pode ser decorrente de contaminação industrial ou de uso agrícola, pois o 2,4,6-T pode ser utilizado na produção de tetra e pentaclorofenol, como germicida, antifungo, cola e conservante de madeira (MINISTRY OF HEALTH, 2019). Também pode ser subproduto da reação de hipoclorito com ácidos fenólicos, como biocidas ou como degradação de produtos de herbicidas fenoxi (WHO, 2022). De fato, em estudos realizados por Carmo (2000), onde foi avaliada a presença de clorofenóis em água no reservatório de Salto Grande, em São Paulo, os resultados apontaram concentração de clorofenóis na faixa de 0,010 a 0,022 µg/L na água. O reservatório encontrava-se hipereutrofizado com contribuição de poluentes de origem doméstica, industrial, além de lixiviados de áreas agrícolas. Entre os contaminantes de origem industrial, havia a presença de fenóis possibilitando, portanto, a formação de clorofenóis.

O 2,4,6-T é moderadamente solúvel em água (400 a 500 mg/L) e apresenta baixa pressão de vapor. Sua mobilidade no solo é baixa (Koc entre 150 e 2200). Em ambiente aquático, o 2,4,6-T pode dissociar-se em 2,4,6-triclorofenolato ou ser biodegradado, com tempo de meia vida entre 3 e 70 dias (MINISTRY OF HEALTH, 2019). Portanto, tudo indica que o 2,4,6-T apresenta baixo potencial de remoção da água por volatilização, mas que a sorção em sedimentos ricos em matéria orgânica, biodegradação podem constituir mecanismos importantes de limitação da presença desse composto na água.

A estatística descritiva dos valores de concentrações quantificadas no país, segundo a base de dados do Sisagua, está apresentada no Apêndice B. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022), a concentração de clorofenóis em água potável é geralmente menor que 0,001 mg/L. Contudo, no Brasil, os dados de monitoramento indicaram valores de medianas acima dessa referência da OMS em ao menos um ponto de amostragem em todos os estados, com exceção do Sergipe, Tocantins, Rio de Janeiro, e em SAC em São Paulo (Apêndice B). Porém, concentrações acima do VMP não se mostraram frequentes no Brasil.

O resultado de teste estatístico (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$) indicou que o porte do município não é fator estatisticamente significativo na determinação da porcentagem de quantificação de 2,4,6-T na saída do tratamento ($p = 0,847$) e no sistema de distribuição ($p = 0,07$).

A ocorrência de 2,4,6-T se deu de forma bem diferenciada nos diversos estados do país. A fim de analisar se essas diferenças são estatisticamente significativas, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis, com resultado positivo entre as porcentagens de quantificação na saída do tratamento ($p < 0,000$). Em seguida, o teste de comparações de Dunn indicou diferenças significativas na ST entre: (i) Mato Grosso e: Tocantins ($p = 0,0000$), Rio Grande do Sul ($p = 0,0001$), Sergipe ($p = 0,0009$), Goiás ($p = 0,0012$); (ii) Bahia e: Tocantins ($p = 0,0000$), Rio Grande do Sul ($p = 0,0004$), Goiás ($p = 0,0026$), Sergipe ($p = 0,0019$); e (iii) Minas Gerais e: Tocantins ($p = 0,0001$), Rio Grande do Sul ($p = 0,00006$). Sabe-se que a formação de 2,4,6-T no tratamento de água depende da presença de fenol na água, logo as diferenças de ocorrência do composto nos diferentes estados do país podem ser devido a presença do fenol em maiores ou menores quantidades.

4.2.3. Ocorrência de ácidos haloacéticos no Brasil

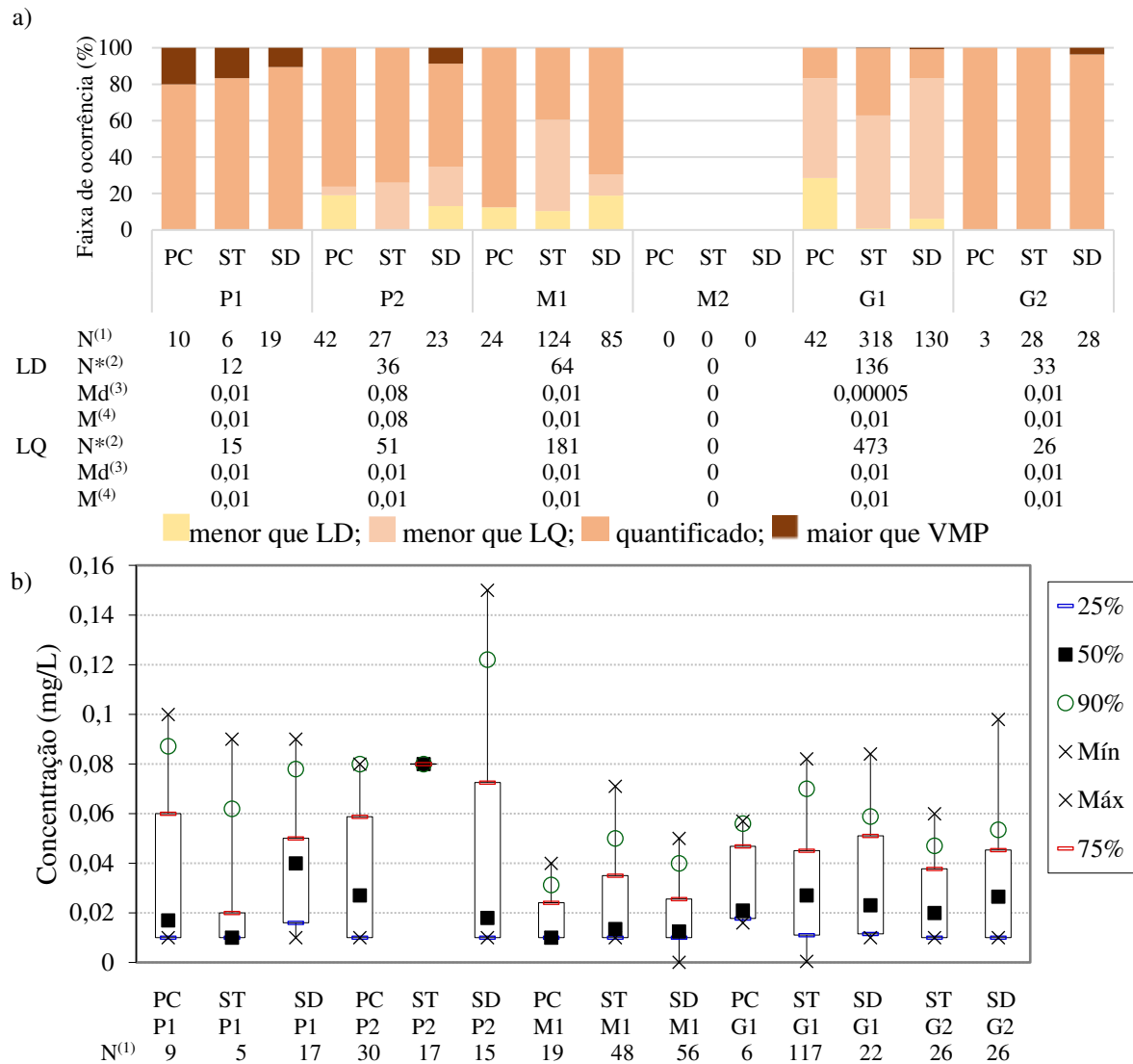
Nas Figuras 21 a 35 apresentam-se os dados do Sisagua (2014-2019) de ocorrência de ácidos haloacéticos (AHA) em mananciais e em água tratada, organizados em termos percentuais das seguintes categorias, por ponto de amostragem e porte de município: (i) menor que LD; (ii) menor que LQ; (iii) quantificado; e (iv) maior que VMP. As figuras mostram ainda os valores da mediana e da moda de LD e LQ praticados por estado e porte populacional dos grupos de municípios. Estados onde não houve dados para algum ponto de amostragem de um ou mais portes municipais estão apresentados nas figuras com o espaço vazio e indicação de ausência de dados ($N = 0$). A estatística descritiva dos valores de concentração de AHA quantificados está apresentada no Apêndice C; os dados quantificados foram também apresentados em gráficos do tipo *box-plot*, no intuito de melhor visualização da distribuição das concentrações reportadas de AHA.

Apenas os estados de Minas Gerais e São Paulo apresentaram dados referentes a solução alternativa coletiva (SAC) em número de cidades tal que possibilitou a análise de ocorrência de AHA por grupos de porte de cidades; nos demais estados apenas dados de SAA foram considerados. De forma geral, espera-se que AHA continuem sendo formados ao longo da rede de distribuição, enquanto houver disponibilidade de cloro residual livre, como discutido no item 2.3.4. Nesse sentido, o teste de Mood ($\alpha=0,05$) para medianas foi aplicado para verificar se as diferenças entre as medianas das concentrações reportadas em pontos na saída do tratamento (ST) e em sistema de distribuição (SD) são estatisticamente significativas; esses resultados serão apresentados para cada grupo de porte municipal de cada um dos estados.

4.2.3.1. Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Sudeste

A detecção de AHA no Espírito Santo foi acentuada, entre 70 e 100% dos dados em todos os pontos de amostragem, com quantificações também elevadas, à exceção de cidades de grande porte do grupo G1 (Figura 21a). Valores de concentração superiores ao VMP (0,08 mg/L) foram registrados em todos os pontos de amostragem das cidades do grupo P1, no sistema de distribuição em cidades dos grupos P2 e G2 e na saída do tratamento e em sistemas de distribuição do grupo G1.

Figura 21 – Ocorrência de ácidos haloacéticos no Espírito Santo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação(a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

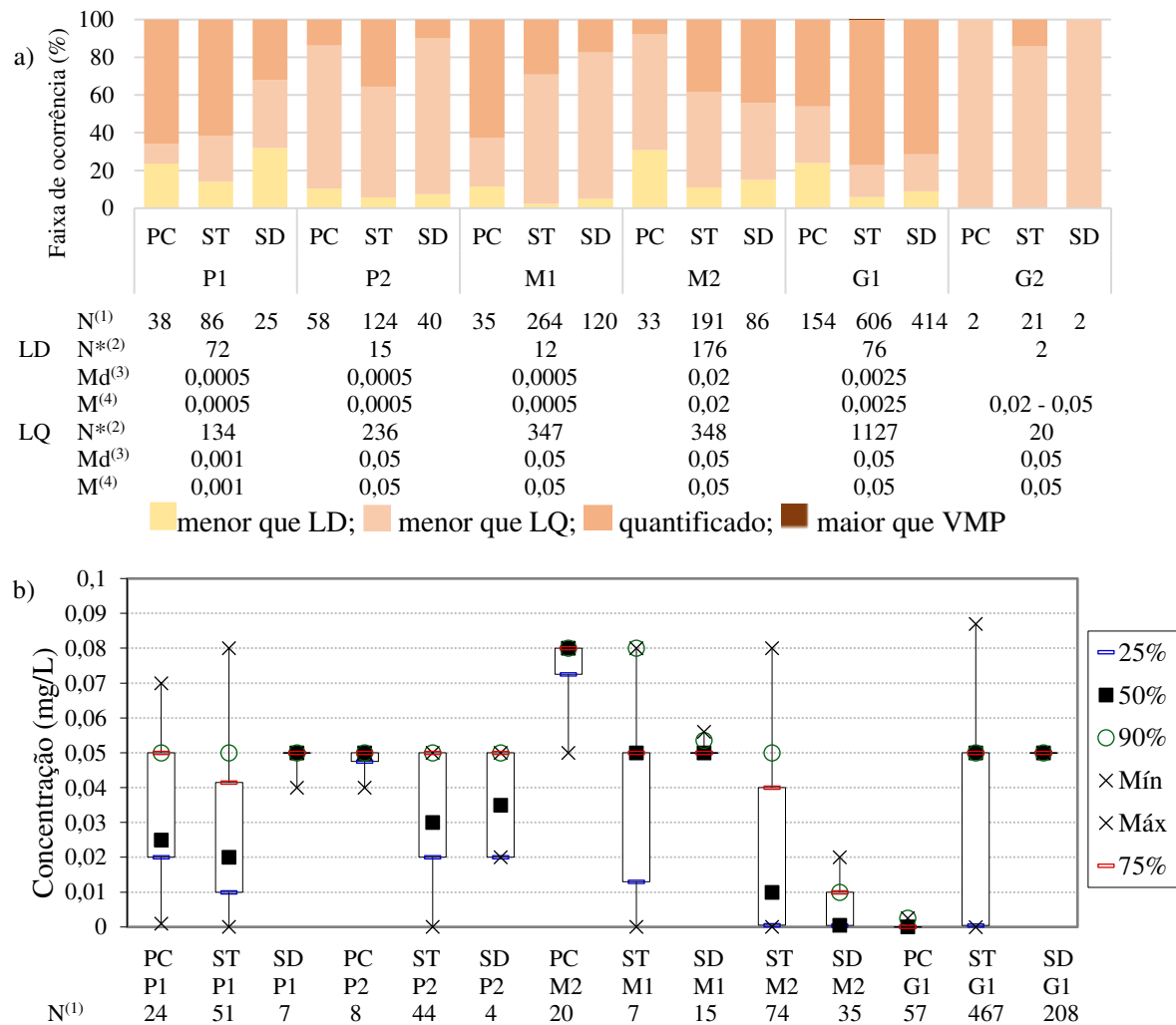
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Na Figura 21b observa-se que em quase todos os pontos onde houve detecção acima do VMP, os valores quantificados estiveram abaixo de 0,11 mg/L. Exceção acontece em P2 SD, com valor máximo de 0,15 mg/L. Os dados quantificados na saída do tratamento do grupo P2 foram todos iguais a 0,08 mg/L (Figura 21b). Foi justamente nesse grupo que a diferença entre as medianas na saída do tratamento e no sistema de distribuição se mostrou estatisticamente significativa ($p = 0,000$). Nota-se na Figura 21b que apesar de aproximadamente 25% dos dados em sistemas de distribuição de P2 serem superiores ao VMP, a mediana é inferior à de P2 ST.

Em Minas Gerais, AHA foram detectados em 65 a 100% dos dados em todos os pontos de amostragem de SAA (Figura 22a). Percentuais de quantificação superiores a 50% foram registrados nos grupos P1, M1 e G1, mas em concentrações inferiores ao VMP da norma brasileira (0,8 mg/L), com exceção de G1 ST (Figura 22a). Na realidade, como se pode observar na Figura 22b, ao menos 75% dos dados quantificados estiveram abaixo de 0,05 mg/L em todos os pontos de amostragem, exceto em pontos de captação do grupo M1 de cidades de porte médio. Destaca-se, ainda que em G1 PC, apesar da quantificação de AHA em 46% dos dados, as concentrações encontradas foram muito inferiores ao VMP, não ultrapassando 0,01 mg/L (Figura 22b). Contudo, nota-se na Figura 22b que valores máximos iguais ao VMP (0,08 mg/L) foram reportados no ponto de captação em municípios de porte P1, bem como em saídas do tratamento em municípios de porte pequeno (P1) e médio (M1 e M2), além da saída do tratamento em G1, onde houve quantificação de AHA em valor máximo de 0,087 mg/L (superior ao VMP). Portanto, apesar de ocorrer em baixa frequência, há casos de presença de AHA na água em concentrações próximas ao máximo permitido pela norma em cidades de porte P1, M1, M2 e G1, na saída do tratamento.

As diferenças de ocorrência de AHA entre pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição em SAA de Minas Gerais foram estatisticamente significativas em grupos de municípios de porte P1 ($p = 0,000$), M1 ($p = 0,005$), M2 ($p = 0,042$) e G1 ($p = 0,000$). Contudo, ao contrário do esperado (maiores concentrações de AHA no sistema de distribuição), a mediana em M2 ST foi maior que a de M2 SD.

Figura 22 - Ocorrência de ácidos haloacéticos em SAA em Minas Gerais por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019

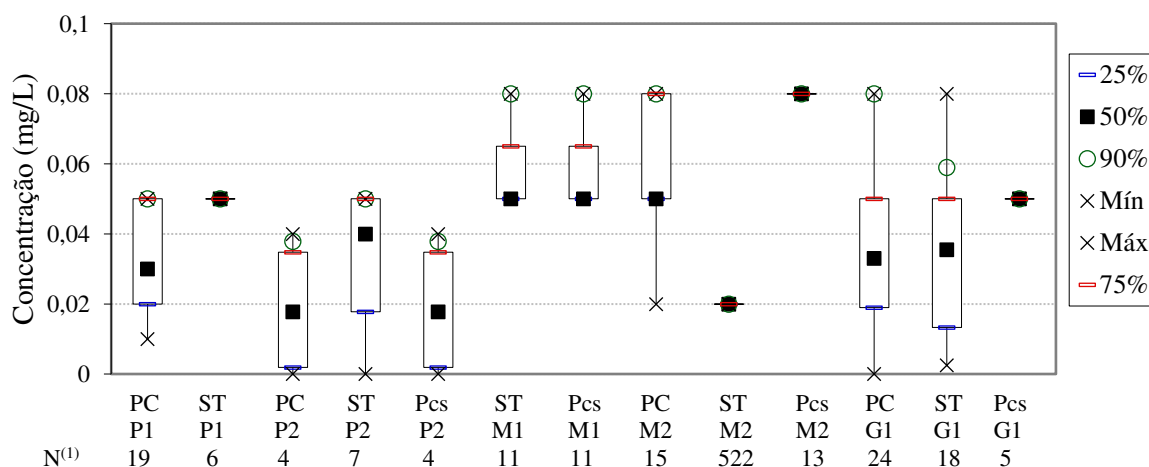
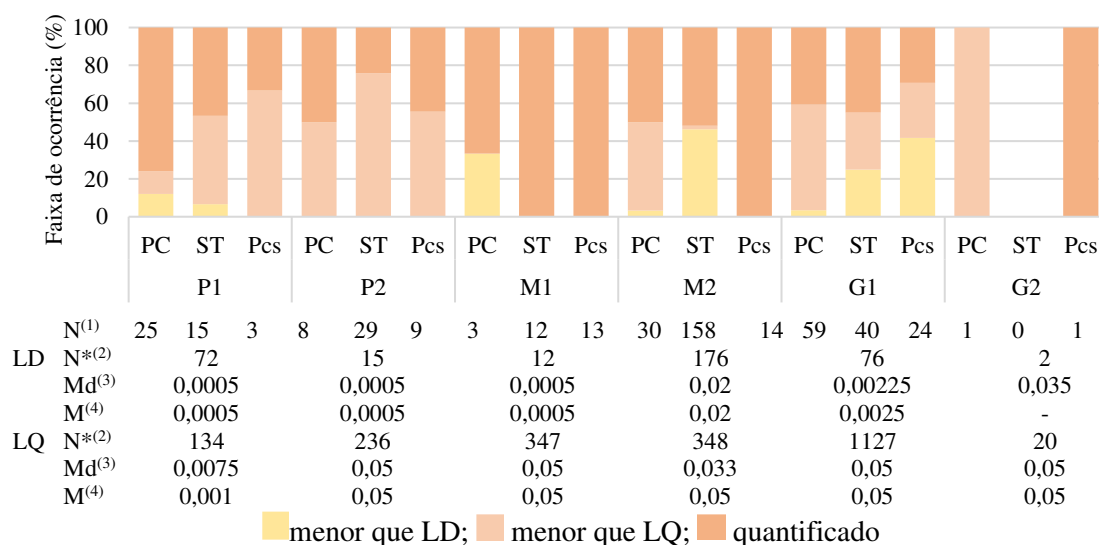


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Em SAC em Minas Gerais, os AHA se apresentaram em percentuais de quantificação superiores a 25% (100% na saída do tratamento e em pontos de consumo no grupo M1) (Figura 23a). Apesar de os AHA não terem sido quantificados em concentrações superiores ao VMP (0,08 mg/L), valores máximos iguais a 0,08 mg/L foram reportados em pontos de captação de M1 (Apêndice C) M2 e G1, na saída do tratamento em M1 e G1 e em pontos de consumo de M1, M2 e G2 (Figura 23b).

Figura 23 - Ocorrência de ácidos haloacéticos em SAC em Minas Gerais por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

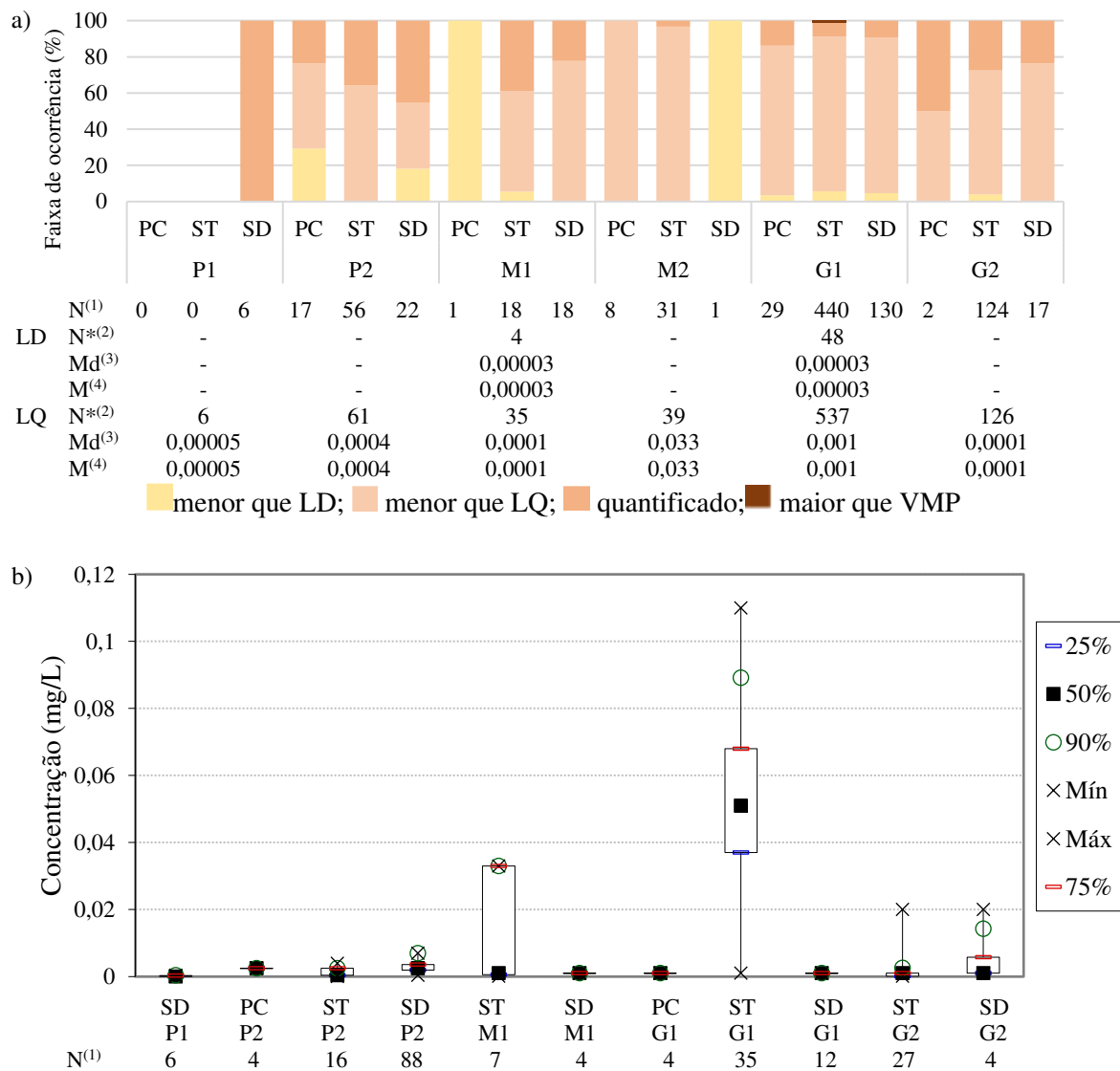
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; Pcs: ponto de consumo; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A diferença entre as medianas das concentrações de AHA na saída do tratamento e em pontos de consumo reportadas em SAC no estado de Minas Gerais foi estatisticamente significativa em municípios de médio porte M2 ($p = 0,000$) e grande porte G1 ($p = 0,27$), com medianas mais elevadas no ponto de consumo (Figura 23b).

No estado do Rio de Janeiro, AHA foram detectados em percentuais superiores a 65% em praticamente todos os pontos de amostragem; a exceção se deu nos grupos M1 PC e M2 SD, onde não houve detecção no único dado de monitoramento de ambos os grupos. A quantificação foi superior a 40% nos grupos P1 SD, P2 SD e G2 PC, porém no último houve apenas dois dados de monitoramento (Figura 24a). Quantificação de AHA acima do VMP

ocorreu em: G1 ST, com valor máximo igual a 0,11 mg/L; em M1 ST o máximo foi igual a 0,033 mg/L; em ST e SD de municípios do porte G2 o máximo foi de 0,02 mg/L; nos demais pontos de amostragem, o máximo não atingiu 0,01 mg/L (Figura 24b). Os valores da moda e da mediana de LD e LQ praticados no estado são muito inferiores ao VMP para AHA na norma de potabilidade da água (0,08 mg/L). Portanto, os resultados indicam que no estado do Rio de Janeiro a ocorrência de AHA, de forma geral, se deu em valores muito inferiores àqueles capazes de causar danos à saúde.

Figura 24 - Ocorrência de ácidos haloacéticos no Rio de Janeiro por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



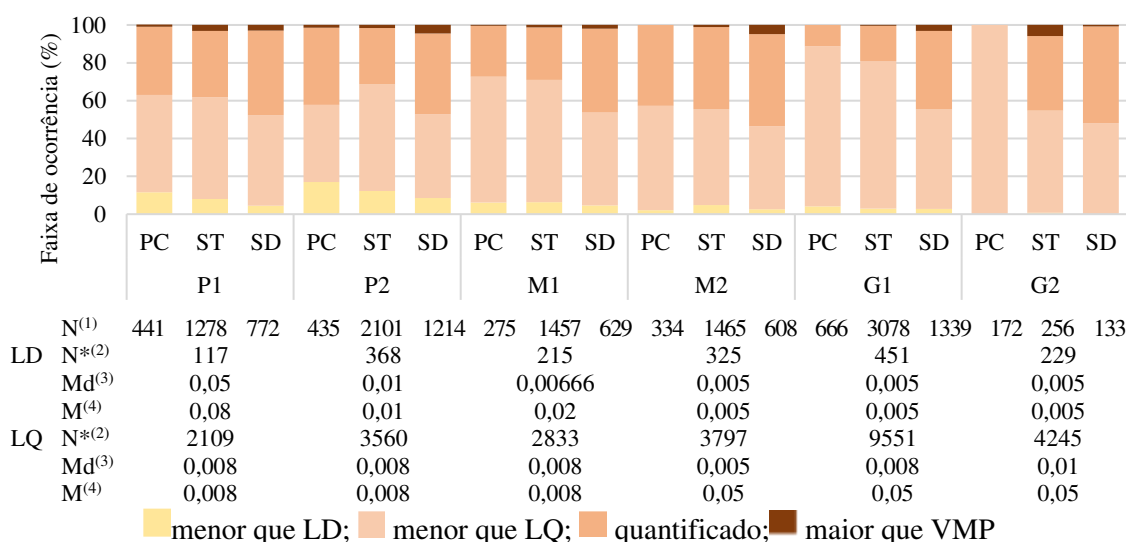
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A diferença entre concentrações de AHA reportadas em pontos de saída do tratamento e de sistemas de distribuição no estado do Rio de Janeiro foi estatisticamente significativa apenas no grupo de municípios de porte G1 ($p = 0,000$). Contudo, assim como aconteceu em M2 de Minas Gerais, a mediana na ST foi maior que a do SD (Figura 24b).

A presença de AHA em SAA no estado de São Paulo foi detectada em percentuais superiores a 82% em todos os pontos de amostragem e portes de cidade. Apesar de os AHA terem ocorrido em valores superiores ao VMP em baixas frequências, isso se deu na maior parte dos grupos de porte populacional e pontos de amostragem. Ocorrência acima do VMP apenas não foi registrada em pontos de captação dos grupos M2, G1 e G2 (Figura 25a). Entre os dados quantificados de AHA, 75% estiveram em valores abaixo de 0,06 mg/L em quase todos os grupos de municípios, com exceção de G2 na saída do tratamento (Figura 25b). Por outro lado, 10% dos dados quantificados foram superiores, ou muito próximos, ao VMP na saída do tratamento em municípios de pequeno porte (P1) e de grande porte (G1 e G2) e no sistema de distribuição em P1, P2, M2 e G1. Concentrações máximas em SAA no estado de São Paulo variaram entre 0,804 mg/L (G2 SD) e 0,13 mg/L (P1 ST), com exceção do ponto de captação em M2 e G1 onde os valores reportados não superaram 0,06 mg/L (Figura 25b).

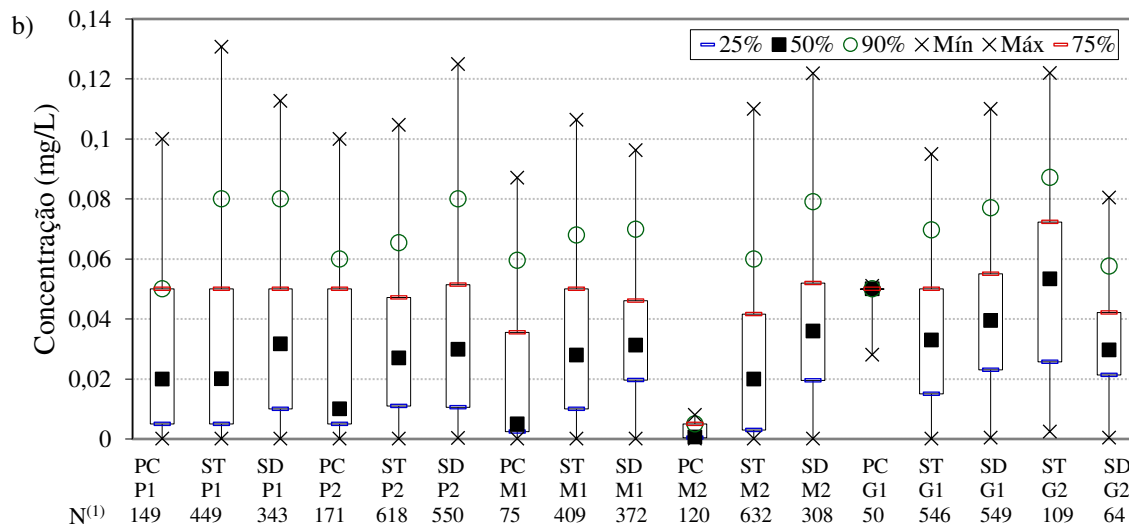
Figura 25 - Ocorrência de ácidos haloacéticos em SAA em São Paulo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Figura 25 - Ocorrência de ácidos haloacéticos em SAA em São Paulo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019 (continuação)



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

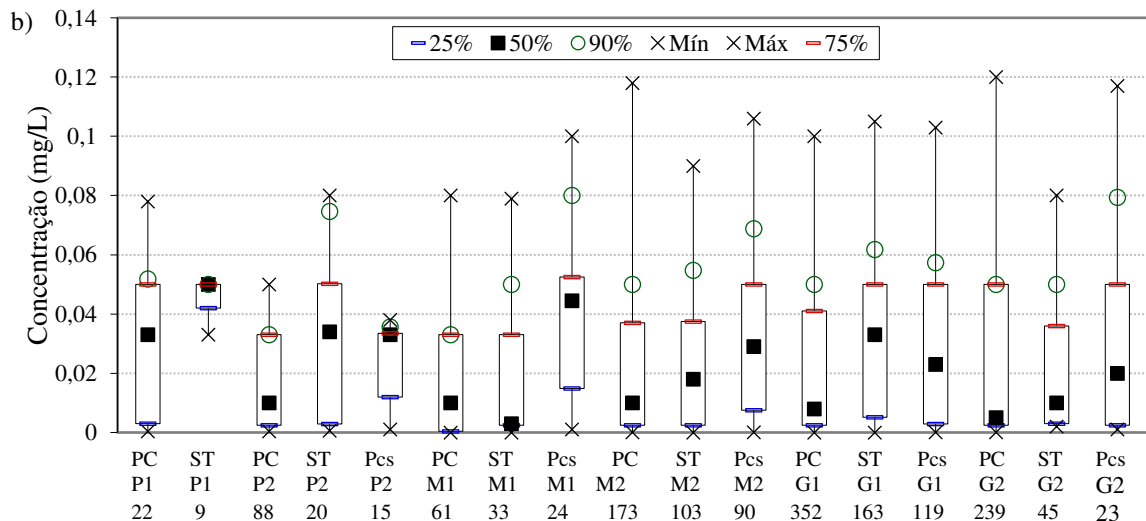
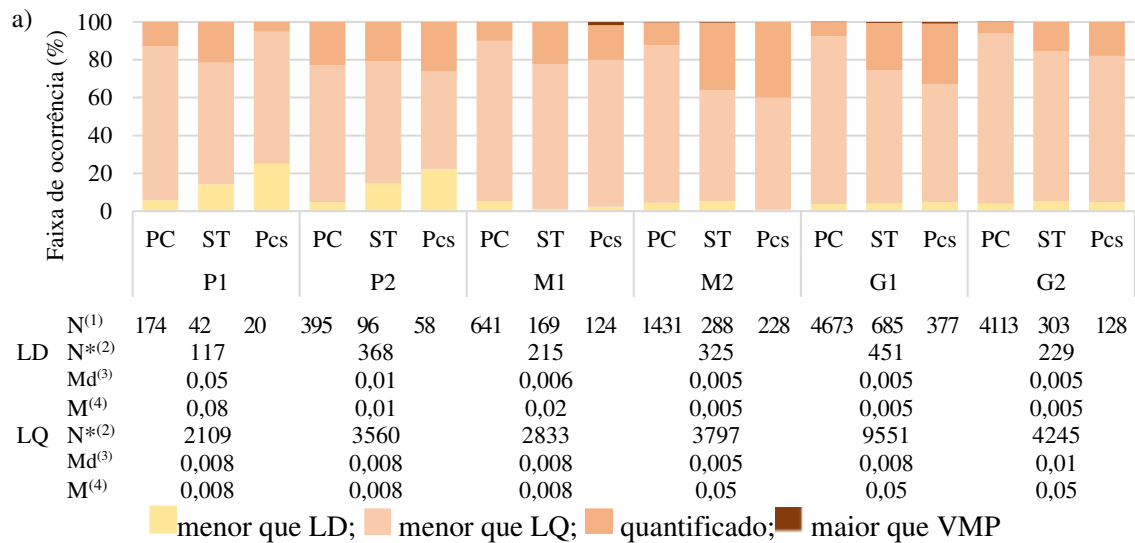
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

As diferenças das concentrações de AHA reportadas em pontos de saída do tratamento e de sistemas de distribuição em SAA de São Paulo foram estatisticamente significativas nos seguintes grupos de porte de municípios: P1 ($p = 0,012$), M1 ($p = 0,024$), M2 ($p = 0,000$), G1 ($p = 0,032$) e G2 ($p = 0,000$). Porém, em G2 a mediana de ST foi maior que a de SD (Figura 25b) ao contrário do esperado, uma vez que o tempo de contato do cloro com a matéria orgânica natural da água favorece a formação de AHA.

Em SAC no estado de São Paulo foi registrada detecção elevada de AHA, superior a 90% dos dados em municípios de médio e grande porte e superior a 75% em municípios de pequeno porte. Por outro lado, a quantificação foi inferior a 40% e valores superiores ao VMP ocorreram apenas em municípios de médio e grande porte (Figura 26a). A distribuição de frequência dos dados quantificados (Figura 26b) revela que em todos os pontos de amostragem 75%, ou mais, desses dados foram inferiores a 0,06 mg/L; porém os valores máximos observados estiveram na faixa entre o VMP (0,08 mg/L) e 0,12 mg/L, com exceção de municípios de porte dos grupos P1, na saída do tratamento, e P2, em pontos de captação e em pontos de consumo (Figura 26b). Em pontos de consumo de grupos de municípios de médio porte M2 e grande porte G2, 10% dos dados quantificados estiveram acima do VMP.

A diferença das medianas das concentrações reportadas em ponto de saída do tratamento e ponto de consumo foi estatisticamente significativa, pelo teste não paramétrico de Mood ($\alpha = 0,05$) para medianas, apenas em municípios de médio porte M1 ($p = 0,013$), com concentrações mais elevadas no ponto de consumo (Figura 26b).

Figura 26 - Ocorrência de ácidos haloacéticos em SAC em São Paulo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; Pcs: ponto de consumo; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.3.2. Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Sul

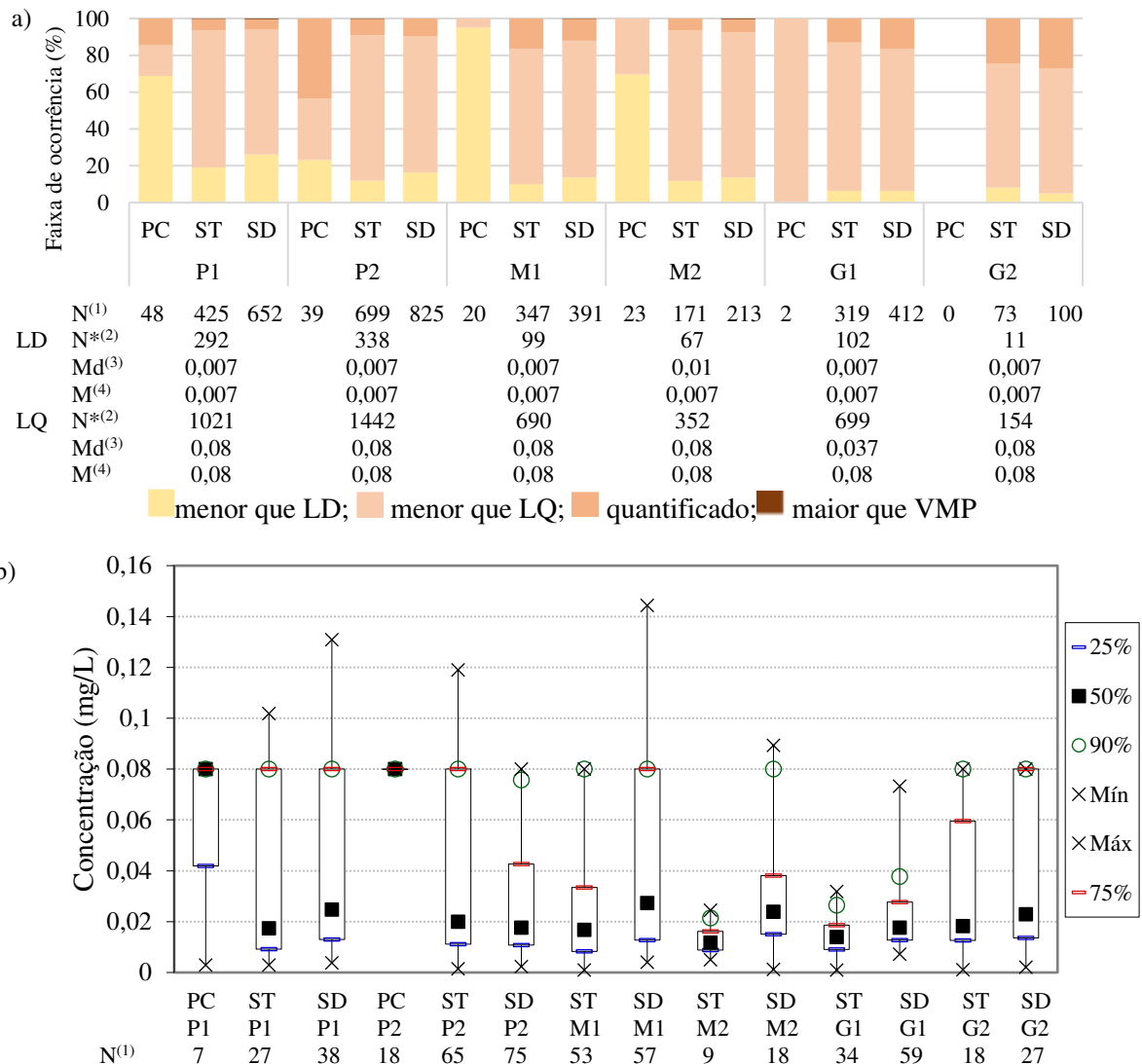
A detecção de AHA em pontos de captação no estado do Paraná foi inferior a 35% nos grupos de municípios P1, M1 e M2; em G1 foram considerados apenas dois dados de monitoramento em pontos de captação (PC), com resultados inferiores ao limite de quantificação (Figura 27a). Nos demais pontos, apesar de a detecção superar 74% dos dados, a quantificação foi inferior a 25%, com exceção de pontos de captação no grupo P2. Valores superiores ao máximo permitido pelo padrão de potabilidade (Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5 / 17) foram reportados na saída do tratamento em P1 e P2, bem como em sistemas de distribuição em P1, M1 e M2, porém em menos de 0,5% do total de dados de monitoramento nos referidos pontos de amostragem e grupos de porte municipais (Figura 27a).

Analisando a distribuição dos dados quantificados apresentada na Figura 27b, a nota-se que: (i) apenas em pontos de saída do tratamento (ST) em municípios de médio porte M2 e grande porte G1 não apresentaram dados de concentração próximos ao VMP (0,08 mg/L); em ambos os pontos o máximo não superou 0,04 mg/L; (ii) concentrações de AHA acima do VMP foram reportadas em mais de 25% dos dados quantificados nos grupos de município de pequeno porte P1 em ST e no sistema de distribuição (SD), pequeno porte P2 em ST e em pequeno porte M1 em SD; (iii) concentrações de AHA acima do VMP foram reportadas em mais de 10% dos dados quantificados em municípios de médio porte M2 no SD; (iv) o valor máximo quantificado no estado foi igual a 0,144 mg/L (Figura 27b).

As distribuições das concentrações de AHA em pontos de amostragem na saída do tratamento e no sistema de distribuição em cada grupo de porte de cidades demonstram medianas e valores máximos em SD superiores a ST, em sua maioria (exceção em P2). Contudo, o teste de Mood para medianas não indicou diferenças estatisticamente significativas entre ambos os pontos em nenhum grupo de porte municipal do estado.

Os resultados demonstram que entre os dados quantificados há ocorrência de AHA em valores próximos ou superiores ao VMP no estado do Paraná na maioria dos cenários aqui analisados. Destaca-se, ainda, que os limites de quantificação (LQ) comumente reportados no estado tem mediana e moda iguais ao VMP (Figura 27a), o que informa apenas que os dados classificados como “Menor que LQ” (onde o LQ correspondente é 0,08 mg/L) estão abaixo do VMP, mas não permite saber o quão abaixo.

Figura 27 - Ocorrência de ácidos haloacéticos no Paraná por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



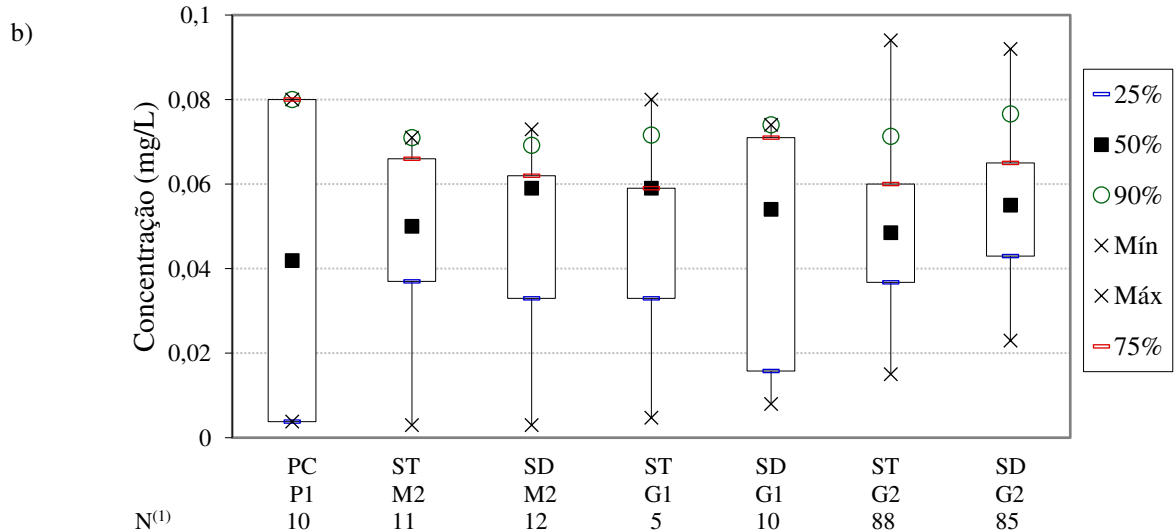
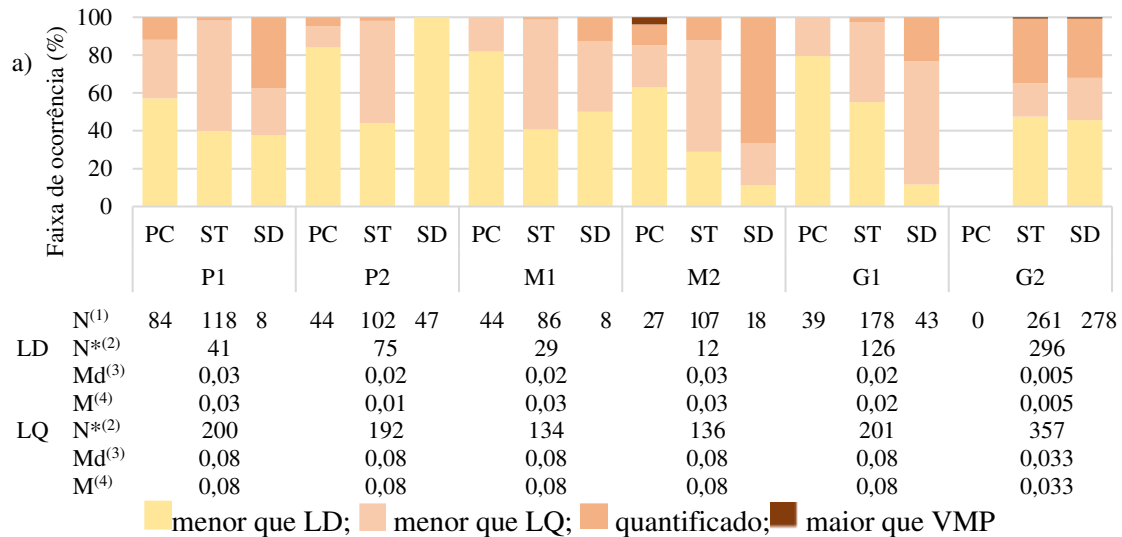
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

O elevado percentual de não detecção de AHA no Rio Grande do Sul se destaca em comparação aos demais estados das Regiões Sul e Sudeste. Nota-se que AHA não foram detectados em no mínimo 50% dos dados de pontos de captação. Nos demais pontos, a não detecção foi superior a 25% dos dados, chegando a 100% em sistemas de distribuição do grupo P2; exceções são encontradas em sistemas de distribuição dos grupos M2 e G1, com 11% de dados não detectados (Figura 28a). Valores de quantificação acima do VMP foram reportados em G2 (ST e SD), com valores máximos próximos a 0,09 mg/L (Figura 28b). Um dado de ponto de captação em M2 também apresentou concentração acima do VMP - em um conjunto de

dados com apenas quatro valores, um deles foi igual a 0,33 mg/L (Apêndice C); como este valor é, em si, pouco usual e destoante do conjunto de dados do estado, não foi inserido na Figura 28b.

Figura 28 - Ocorrência de ácidos haloacéticos no Rio Grande do Sul por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

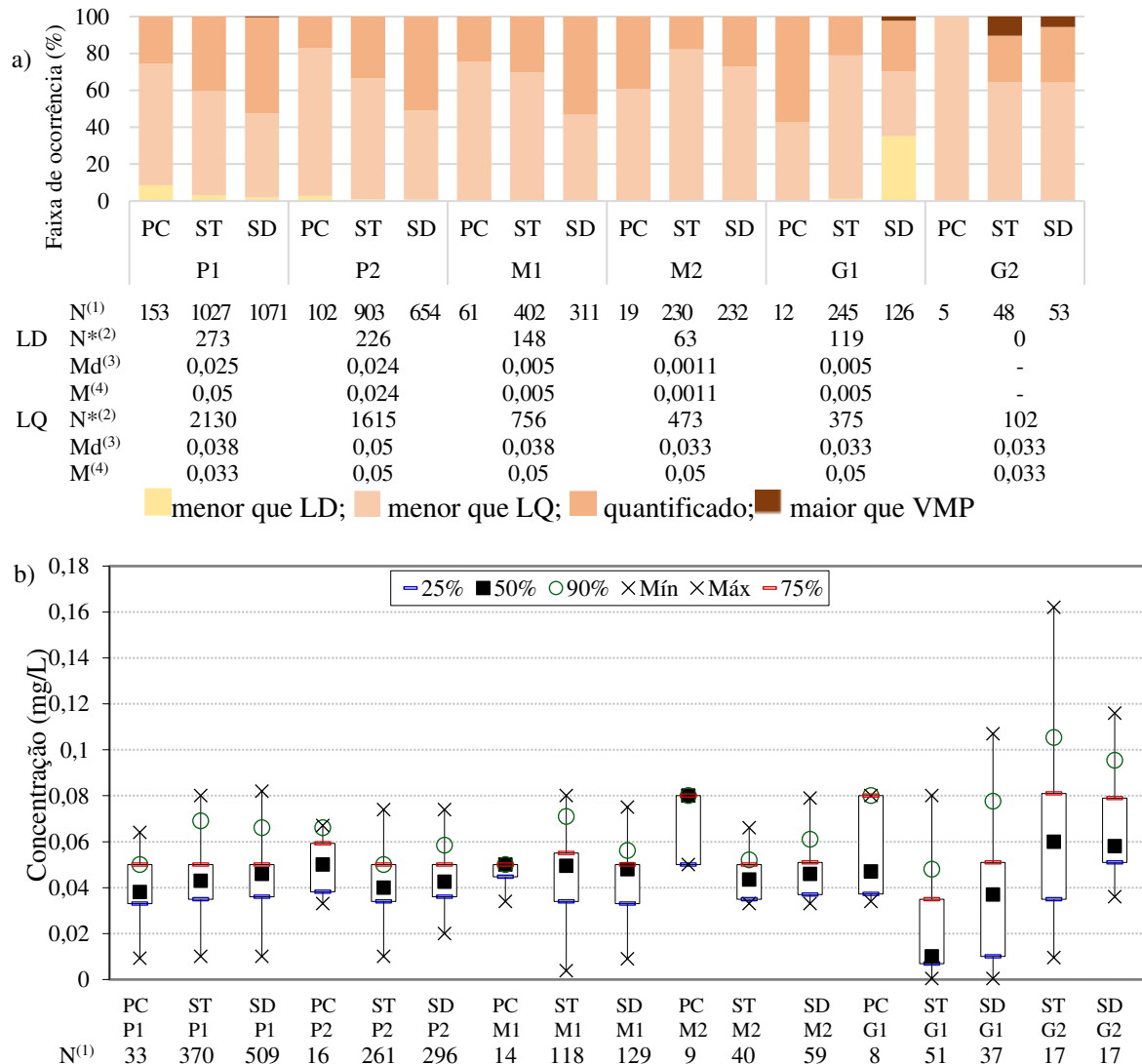
A diferença entre as medianas de pontos de amostragem de ST e SD no estado do Rio Grande do Sul foi analisada nos grupos de porte de cidades M2, G1 e G2 (nos demais portes não houve quantificação de AHA em um número de concentrações suficientes para a realização do teste). O resultado foi estatisticamente significativo apenas em municípios de G2, com maiores valores de mediana e de percentil 90% em SD (Figura 28b).

A detecção de AHA em Santa Catarina foi superior a 90% em todos os pontos de amostragem e grupos de portes populacionais de municípios, com exceção de sistemas de distribuição (SD) no grupo de cidades de grande porte G1, onde a detecção foi de 64% (Figura 29a). Quantificação de AHA acima do VMP ocorreu em SD dos grupos P1 e G1 - em menos de 3 % dos dados (Figura 29a) - e na saída do tratamento (ST) e em SD do grupo G2 - em 5% e 10% dos dados, respectivamente (Figura 29a).

A Figura 29b apresenta a distribuição dos dados quantificados de concentrações de AHA em Santa Catarina. Nota-se que os valores máximos reportados no estado foram superiores a 0,06 mg/L em todos os pontos de amostragem e grupos de porte populacional, com exceção do ponto de captação (PC) em municípios de porte médio M1, onde os dados variaram entre 0,034 mg/L e 0,05 mg/L. Valores de concentração de AHA acima do VMP foram reportados em: (i) municípios de pequeno porte P1 em SD, em baixa frequência, onde o máximo foi igual a 0,082 mg/L; (ii) municípios de grande porte G1 em SD, em 10% dos dados quantificados, com máximo igual a 0,107 mg/L; e (iii) municípios de grande porte G2 em 25% dos dados nos pontos de ST e SD, com máximos iguais a, respectivamente, 0,162 mg/L e 0,116 mg/L. Percebe-se, ainda, que em ST G2 e SD G2 as medianas foram próximas a 0,06 mg/L, então além de apresentarem 25% dos dados superiores ao VMP, outros 25% dos dados quantificados estão presentes em concentrações elevadas, entre 0,06 mg/L e o VMP (0,08 mg/L).

Analisando a Figura 29b é possível perceber que em grupos de cidades de porte P1, P2, M2 e G1 as medianas em pontos de saída do tratamento são inferiores às registrada nos sistemas de distribuição (ainda que ligeiramente em P1, P2 e M2); em M1 e G2 ocorre o contrário. Contudo, o teste de Mood para medianas indicou diferença estatisticamente significativa entre concentrações reportadas em ST e SD em Santa Catarina apenas em cidades de porte G1 ($p = 0,033$).

Figura 29 - Ocorrência de ácidos haloacéticos no Santa Catarina por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

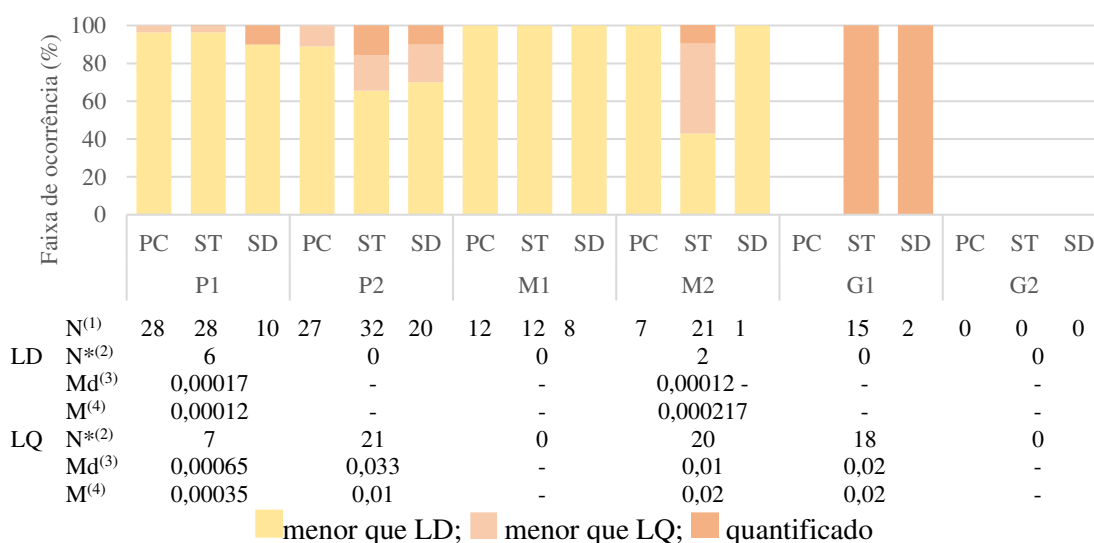
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.3.3. Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Centro-Oeste

A Região Centro-Oeste não apresentou dados quantificados superiores ao VMP em nenhum dos três estados. Em Goiás não houve detecção de AHA em cidades de porte médio do grupo M1, em pontos de captação e em sistemas de distribuição de M2, em mais de 90% dos dados em cidades de pequeno porte do grupo P1 e em mais de 65% do grupo P2. Em cidades de grande porte do grupo G1 houve quantificação de AHA em todos os dados de sistemas de distribuição (15 amostras) e de saída do tratamento (2 amostras) (Figura 30). As concentrações

de AHA reportadas no estado não superaram 0,05 mg/L (Apêndice C). Ressalta-se que apenas no ponto de amostragem de saída do tratamento em P2 e G1 houve mais de quatro dados de quantificação, porém em ambos os casos as concentrações reportadas foram iguais a, respectivamente, 0,01 mg/L e 0,02 mg/L em todas as amostras. Logo, não houve necessidade de representação gráfica das concentrações de AHA reportadas no estado de Goiás.

Figura 30 - Ocorrência de ácidos haloacéticos em Goiás por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019

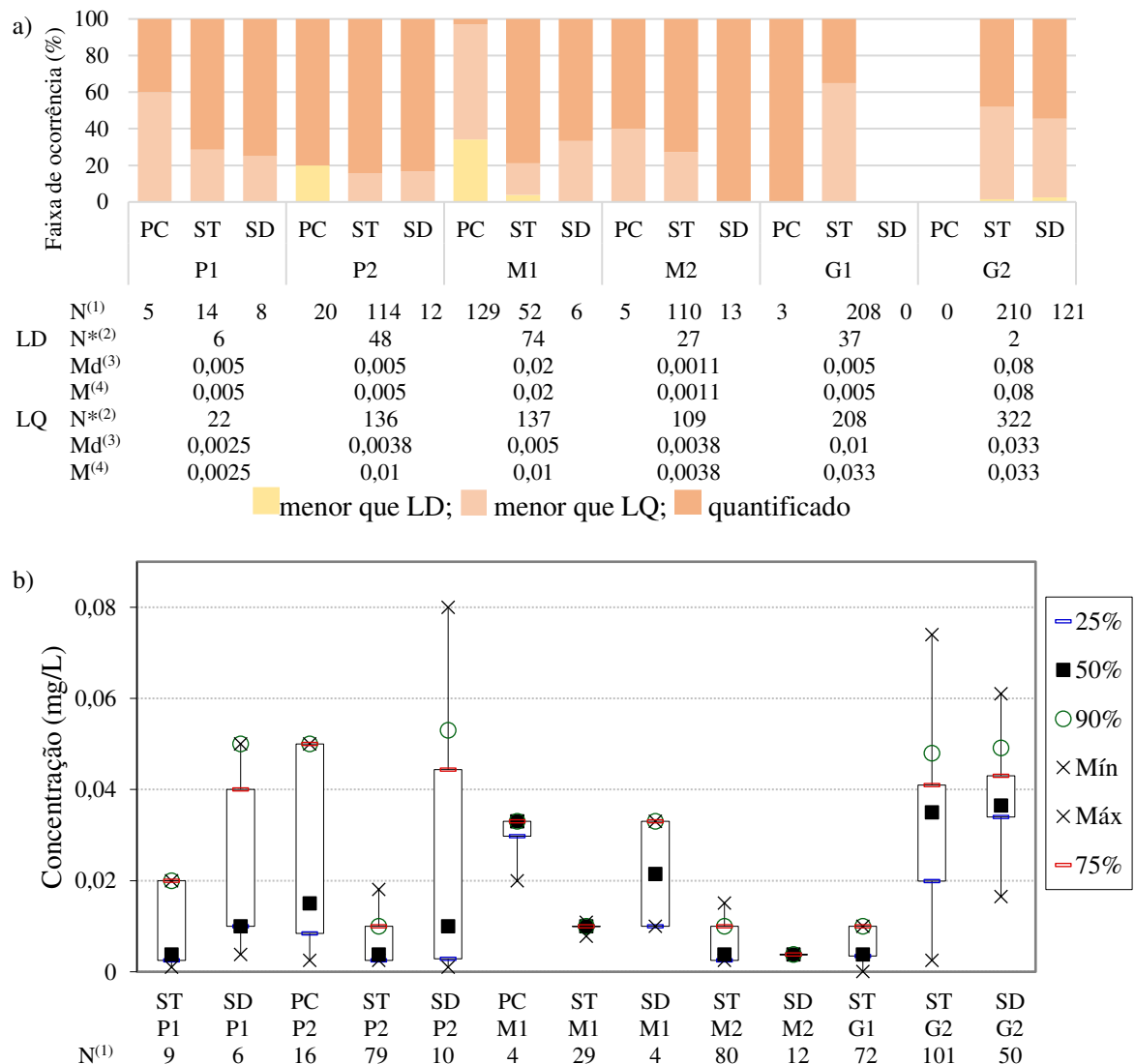


Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação

A presença de AHA no Mato Grosso foi superior a 95% dos dados em todos os pontos de amostragem e grupos de portes de cidade, à exceção do ponto de captação nos grupos P2 e M1 (Figura 31a). A porcentagem de quantificação foi acima de 35%, exceto nos dados de pontos de captação do grupo M1 PC (Figura 31a). Porém, valores máximos próximos ao VMP ocorreram apenas nos grupos P2 (SD) e G2 (SD e ST) - entre 0,06 e 0,08 mg/L (Figura 31b). Em geral, os valores das medianas foram mais elevados no SD do que nas saídas do tratamento, mas diferenças significativas ocorreram apenas em cidades de médio porte M1 ($p = 0,002$) e M2 ($p = 0,004$).

Figura 31 - Ocorrência de ácidos haloacéticos em Mato Grosso por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

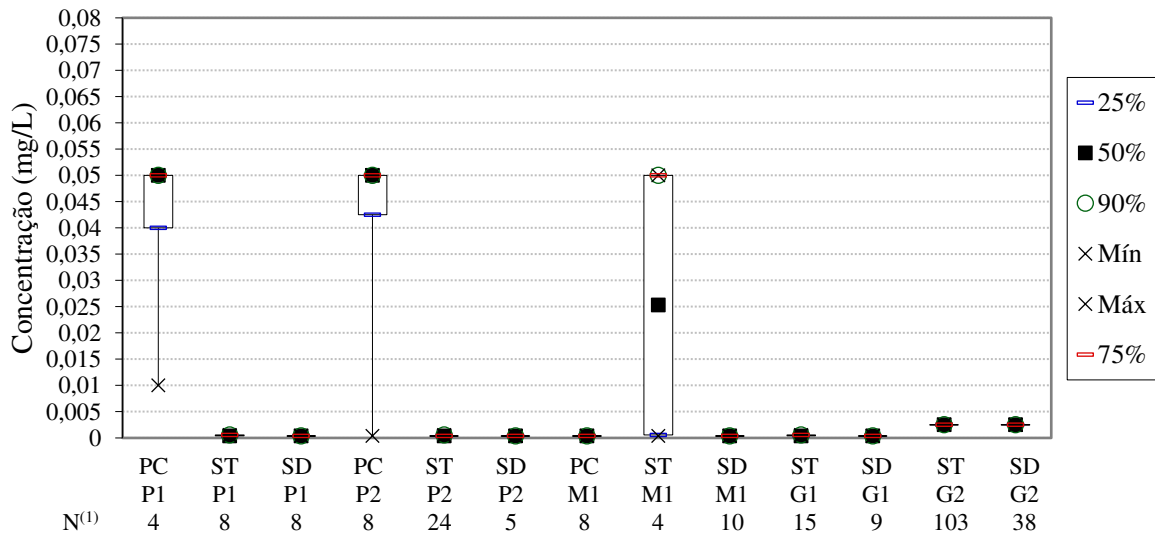
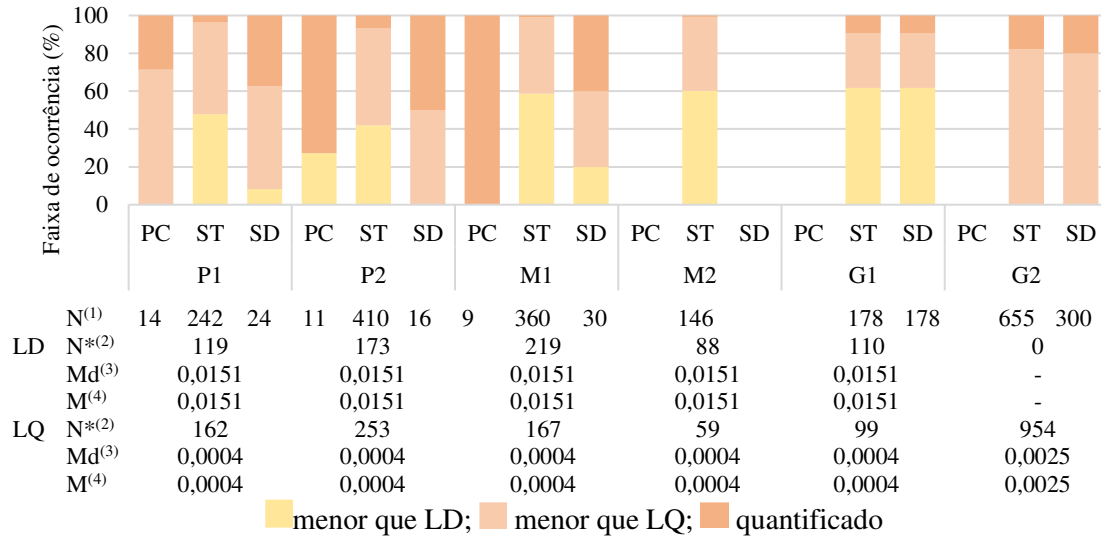
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

No Mato Grosso do Sul, AHA foram quantificados em todos os pontos de amostragem e grupos de municípios, porém não houve registro de concentração acima do VMP (Figura 32a); aliás, a grande maioria dos valores encontrados foram muito inferiores ao VMP (0,08 mg/L), com máximo igual a 0,05 mg/L em pontos de captação dos grupos P1 e P2 e na saída do tratamento no grupo M1. Nos demais pontos de amostragem e grupos de porte municipais os resultados foram inferiores a 0,005 mg/L (Figura 32b).

A diferença entre a ocorrência de AHA em pontos de monitoramento de saída do tratamento e em sistemas de distribuição se mostrou significativa apenas em cidades de médio

porte M1 ($p = 0,002$); porém, ao contrário do esperado, maiores concentrações de AHA foram reportadas na saída do tratamento.

Figura 32 – Ocorrência de ácidos haloacéticos em Mato Grosso do Sul por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção/quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



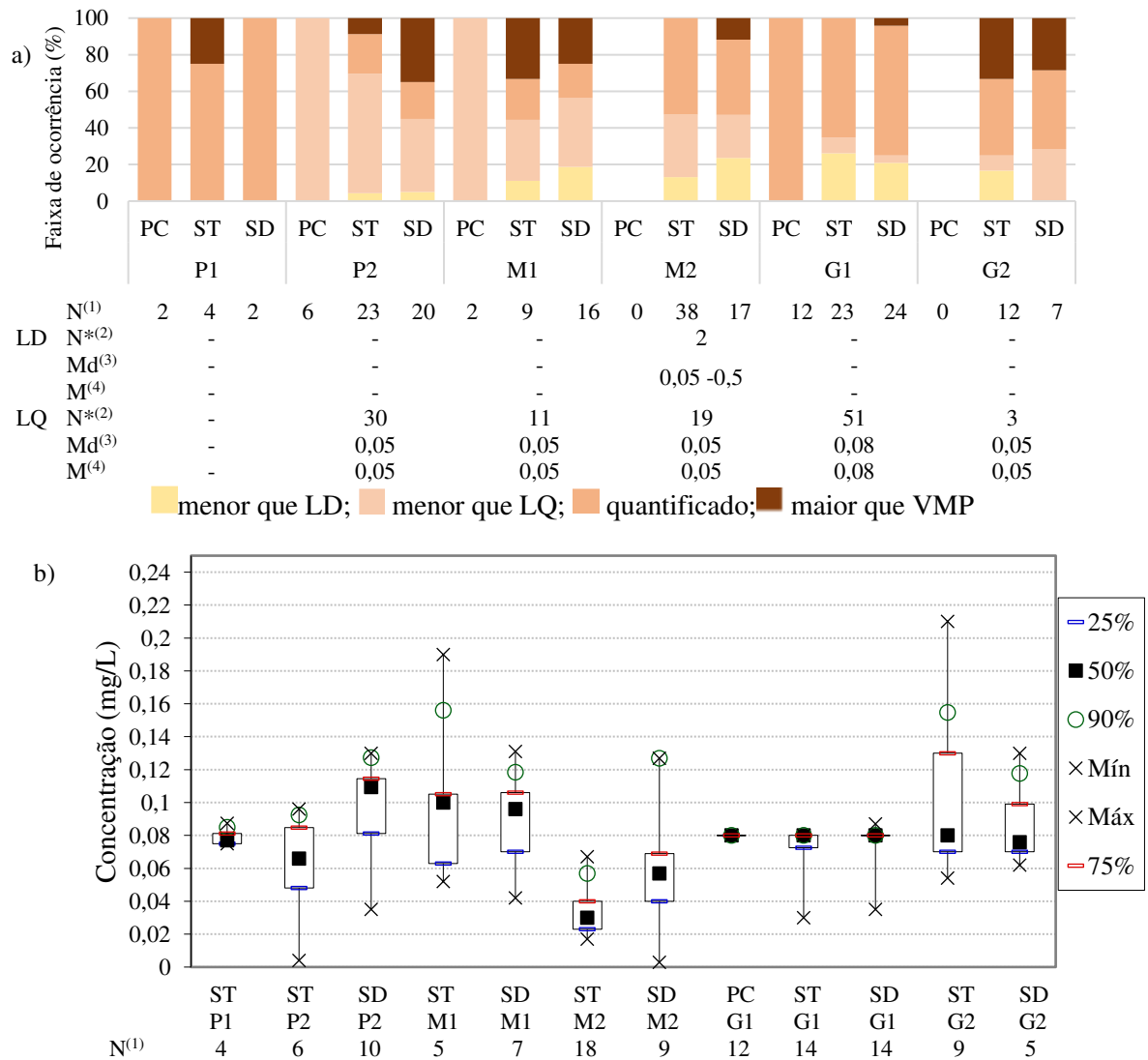
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.3.4. Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Nordeste

AHA foram quantificados em mais de 25% dos dados analisados da Bahia em todos os pontos de amostragem, com exceção dos pontos de captação em P2 e M1, onde a totalidade dos dados ficou abaixo do limite de quantificação (Figura 33a). Valores superiores ao VMP foram reportados nos seguintes casos: na saída do tratamento e em sistemas de distribuição em municípios dos grupos P2, M1 e G2; sistemas de distribuição em municípios dos grupos M2 e G1 (Figura 33a).

Figura 33 - Ocorrência de ácidos haloacéticos na Bahia por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A distribuição dos dados quantificados na Bahia, apresentada na Figura 33b, revela que: (i) nos sistemas de distribuição do grupo P2, bem como na saída do tratamento e em sistemas de distribuição do grupo M1, o valor da mediana se encontra acima do VMP (0,08 mg/L), próximo a 0,1 mg/L; (ii) medianas próximas ao VMP foram reportadas na saída do tratamento e em sistemas de distribuição em municípios de grupos G2; (iii) na saída do tratamento em P1 e nos pontos de amostragem de municípios de grupo G1 ao menos 75% dos valores quantificados foram próximos ao VMP. Destacam-se também os valores máximos, próximos a 0,2 mg/L na saída do tratamento dos grupos M1 e G2 (Figura 33b). Tais casos sugerem a necessidade de análise mais aprofundada das possíveis causas para a ocorrência de AHA em tais níveis no estado visando minimizar a formação desse PSD.

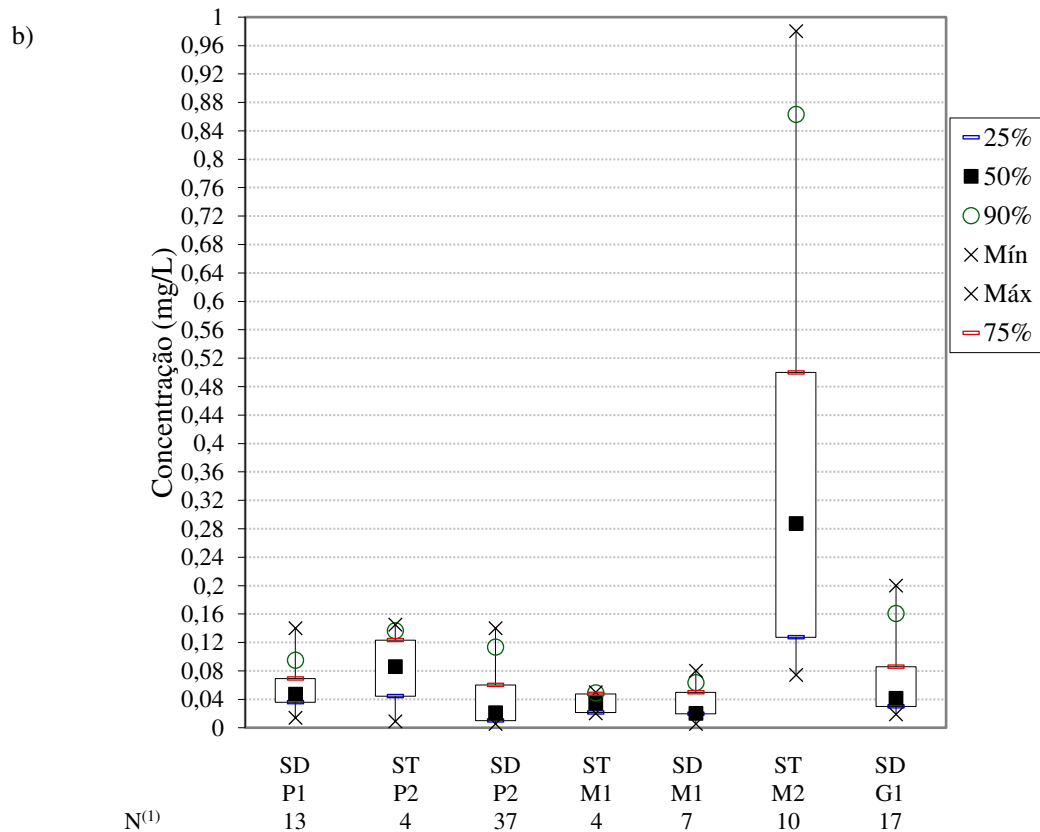
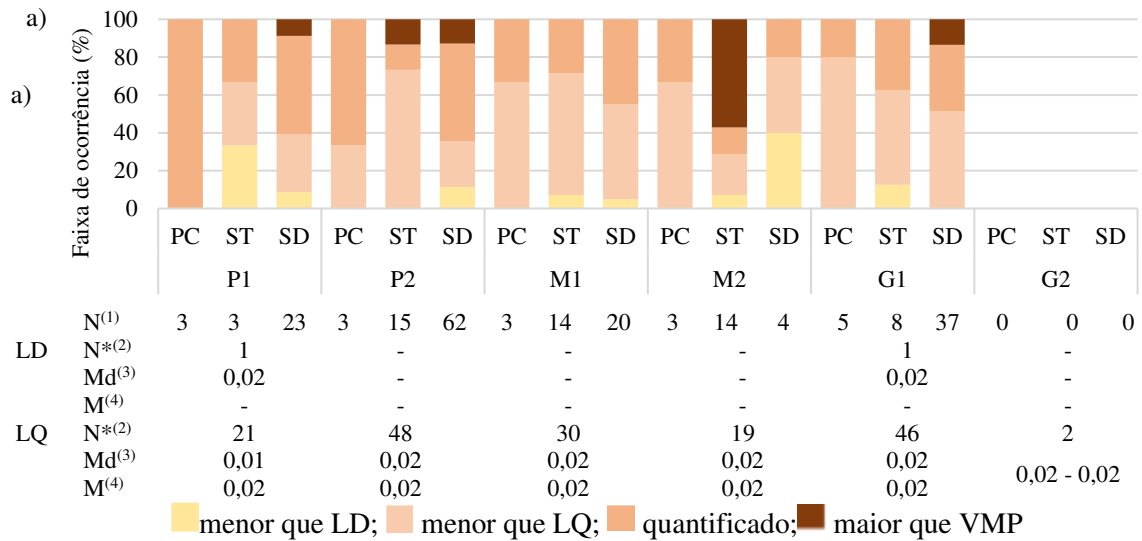
Apenas em pontos de amostragem na saída do tratamento de municípios de médio porte M2 as concentrações reportadas foram sempre inferiores a 0,07 mg/L.

A diferença entre as concentrações reportadas em pontos de saída do tratamento e de sistemas de distribuição indicou diferença estatisticamente significativa apenas no grupo M2 de cidades de médio (p = 0,024). Nesse caso, como esperado, concentrações maiores foram reportadas no sistema de distribuição (Figura 33b).

No estado do Sergipe, apesar da baixa representatividade dos dados (como visto no item 4.1), a quantificação de dados de AHA foi superior a 20% em todos os pontos de amostragem, incluindo dados superiores ao VMP nos sistemas de distribuição dos grupos P1, P2 e G1 e na saída do tratamento em P2 e M2 (Figura 34a).

Na Figura 34b se nota que: (i) no sistema de distribuição de municípios de porte P1 pouco mais de 10% dos dados quantificados foram superiores ao VMP (0,08 mg/L); (ii) em municípios do grupo P2, na saída do tratamento 50% dos dados quantificados de AHA foram superiores ao VMP; no sistema de distribuição esse percentual foi próximo de 25%; (iii) em municípios de médio porte M1, apesar de não haver quantificação acima do VMP, o máximo reportado no SD foi igual ao VMP; (iv) em municípios de G1 no sistema de distribuição mais de 25% dos dados quantificados foram superiores ao VMP, sendo que o valor máximo reportado foi de 0,2 mg/L; (v) chamam a atenção os dados de saída do tratamento do grupo M2, onde a mediana foi próxima de 0,3 mg/L e o valor máximo superou 0,96 mg/L; assim como apontado na apresentação dos resultados do RS, esses valores do grupo M2 são muito elevados em relação ao encontrado no próprio estado e no país.

Figura 34 - Ocorrência de ácidos haloacéticos no Sergipe por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Em suma, nota-se um percentual considerável de dados de concentração de AHA superiores ao VMP, o que sugere a necessidade de análise mais aprofundada das possíveis causas para a ocorrência de AHA em tais níveis no estado visando minimizar a formação desse PSD.

Em tais casos seria indicada uma análise mais aprofundada das possíveis causas para a ocorrência de THM em tais níveis no estado visando a minimização da formação desse PSD.

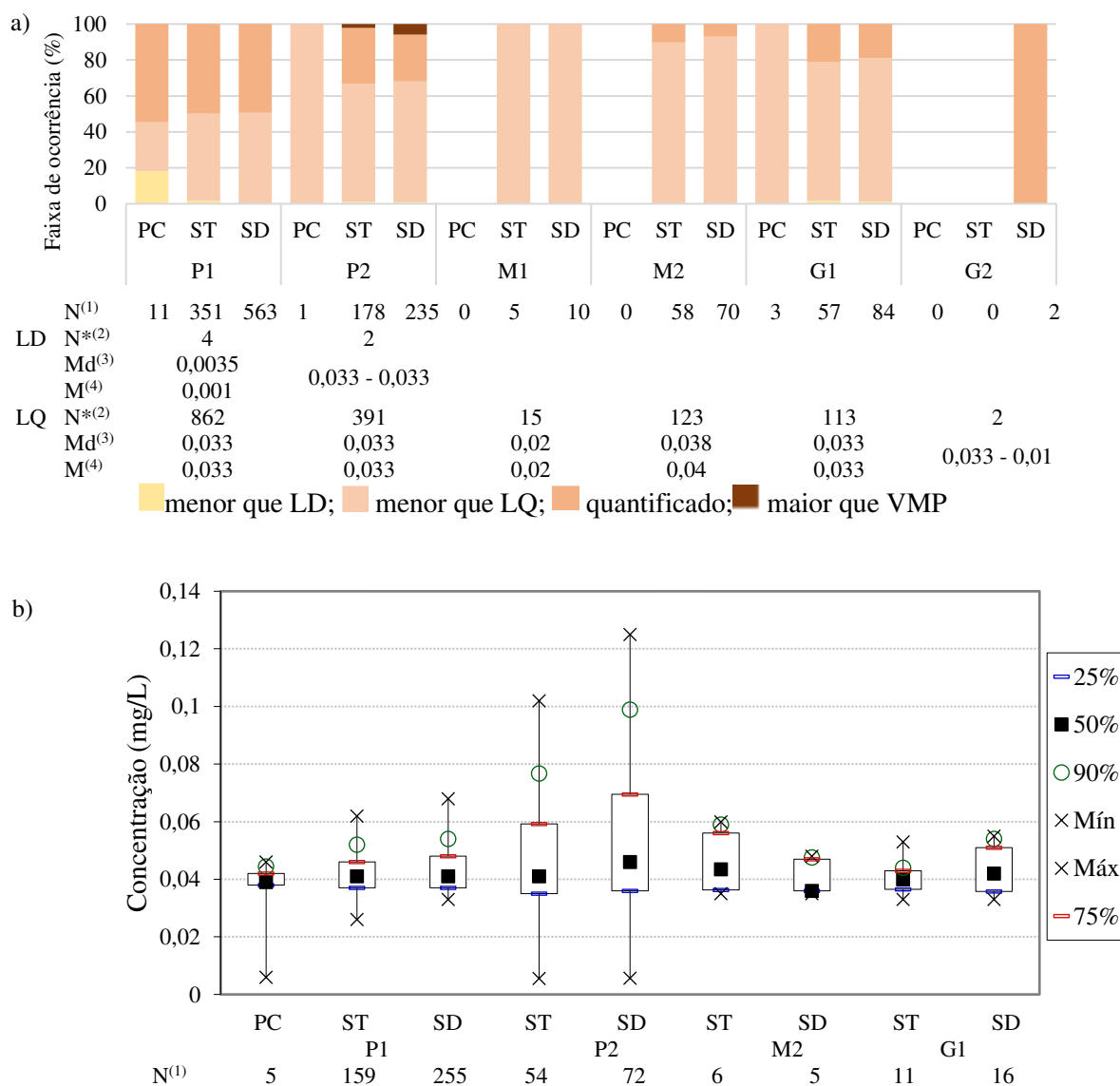
O teste de diferença de medianas entre os pontos de saída do tratamento e em sistema de distribuição foi realizado para apenas para os grupos de municípios de P2 e M1, pois os demais não apresentaram quantidade suficiente de dados em ST e SD que possibilitasse a realização do teste: não houve diferenças estatisticamente significativas.

4.2.3.5. *Ocorrência de ácidos haloacéticos na Região Norte*

No estado de Tocantins, AHA foram detectados na quase totalidade das amostras analisadas, com exceção de pontos de captação no grupo de municípios de pequeno porte P1. Nesse grupo P1 a quantificação foi próxima a 50% dos dados em todos os pontos de amostragem, enquanto nos demais pontos de monitoramento e grupos de porte municipal a quantificação foi inferior a 30%, exceto em G2 (sistema de distribuição), onde apenas dois dados foram reportados, ambos quantificados (Figura 35a). As concentrações reportadas foram inferiores a 0,07 mg/L em quase todos os pontos de amostragem (Figura 35b), sendo as exceções encontradas no grupo P2, na saída do tratamento (ST) e em sistemas de distribuição. AHA em concentrações superiores ao VMP (0,08 mg/L) foram verificadas P2, em aproximadamente 10% e 25% dos dados quantificados, respectivamente na ST e em SD. O valor máximo reportado em P2 ST foi igual a 0,102 mg/L e em P2 SD foi de 0,125 mg/L (Figura 35b).

O teste de Mood para medianas não reportou diferenças significativas entre as concentrações reportadas em pontos de saída do tratamento e em sistema de distribuição em Tocantins.

Figura 35 - Ocorrência de ácidos haloacéticos em Tocantins por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.3.6. Síntese da avaliação da ocorrência de ácidos haloacéticos no Brasil

Apesar de não ser requerido, o monitoramento de AHA em pontos de captação de água para abastecimento é realizado em várias cidades e estados brasileiros. Os dados informados no Sisagua registram que há ocorrência de AHA em água bruta em níveis quantificáveis e, em alguns casos, como nos estados do Espírito Santo e de São Paulo, acima do VMP no padrão de potabilidade da norma brasileira de qualidade da água para consumo humano. Considerando os

AHA como um subproduto da desinfecção, esses resultados poderiam causar estranheza. Todavia, alguns AHA podem ser utilizados industrialmente ou como agroquímicos, como é o caso do ácido monocloroacético e do ácido dicloroacético, ambos com potencial de persistência na água devido à elevada solubilidade e baixa tendência de volatilização (MINISTRY OF HEALTH, 2019). Portanto, eventuais fontes de contaminação à montante do ponto de captação poderiam explicar a ocorrência de AHA em água bruta.

As concentrações de AHA no ponto de captação em alguns grupos de porte de cidades foram superiores às reportadas nos pontos de amostragem de saída do tratamento e, ou sistema de distribuição, como, por exemplo: M1 no Espírito Santo (Figura 21b), M2 em Minas Gerais (SAA) (Figura 22b), M2 em Santa Catarina (Figura 29b), e P1, P2 e M1 no Mato Grosso do Sul (Figura 32b). Esse resultado apontaria para uma possível remoção de AHA no tratamento da água. Estudos em escala de bancada e instalação piloto sugerem que a utilização de carvão ativado pode remover AHA da água. Franco (2018) estudou, em escala de bancada, como alternativa de pós-tratamento, a retenção de AHA em filtro de carvão ativado com amostras de água com concentrações iniciais de AHA iguais a 0,058 mg/L e 0,116 mg/L. As amostras passaram por filtração sob pressão em filtro de velas comercialmente disponíveis e os resultados demonstraram remoção média de AHA iguais a, respectivamente 85% e 76%. Em ensaios realizados em instalação piloto com água bruta proveniente de um reservatório, Silva *et al.* (2012) estudou a remoção de AHA por adsorção em carvão ativado granular. A instalação piloto de dupla filtração foi composta por um filtro ascendente de pedregulho e um filtro descendente de areia seguido de pós-tratamento com carvão ativado granular. Os autores obtiveram remoção de AHA de 77,2% trinta minutos após cloração e 21,5% após vinte e quatro horas de contato da água com o cloro. Os resultados obtidos por Franco (2018) e Silva *et al.* (2012) demonstram que o carvão ativado é uma boa alternativa para remoção de AHA da água. Apesar disso, não é possível afirmar se nas ETAs onde a concentração de AHA no ponto de captação foi superior à na saída do tratamento, houve de fato remoção, pois: (i) o banco de dados não contemplou amostras pareadas de entrada e saída das ETAs; (ii) não foram acessadas informações sobre os processos de tratamento das ETAs, por exemplo, onde eventualmente se utiliza carvão ativado.

Valores típicos de ácido dicloroacético em sistemas de distribuição de água variam de 0,02 mg/L (valores médios) até cerca de 0,1 mg/L, enquanto o ácido monocloroacético pode chegar a até cerca de 0,08 mg/L, com valores médios de cerca de 0,002 mg/L (WHO, 2022). Já o ácido tricloroacético, tem sido detectado em sistemas de distribuição de água supridos por mananciais superficiais em concentrações médias em torno de 0,0053 mg/L e máximas de

0,08 mg/L; em águas subterrâneas, os valores médios e máximos de ácido tricloroacético têm variado em torno de, respectivamente, 0,016 mg/L e 0,17 mg/L; na Austrália o valor máximo detectado para ácido tricloroacético em água clorada foi 0,2 mg/L (WHO, 2022). No Brasil, em estudos realizados por Alvarenga (2010) em três ETAs situadas em região metropolitana e que abastecem em conjunto mais de 6 milhões de pessoas, as concentrações de ácidos haloacéticos total apresentaram média e mediana inferiores a 0,035 mg/L em duas das estações estudadas, tanto na saída do tratamento quanto no sistema de distribuição. Contudo, a terceira ETA que conta com sistema de pré-oxidação com dióxido de cloro ou, eventualmente, cloro gasoso (também utilizado como desinfetante no reservatório de água tratada), AHA foram quantificados com média de 0,065 mg/L e mediana de 0,052 mg/L na saída do tratamento, porém em concentrações médias e mediana acima do VMP no sistema de distribuição, respectivamente, 0,116 mg/L e 0,098 mg/L.

A base de dados do Sisagua mostrou que AHA não foram quantificados em concentrações superiores ao VMP da norma brasileira (0,08 mg/L) apenas nos estados da região Centro-Oeste e em soluções alternativas coletivas (SAC) de Minas Gerais. No Ceará, não houve dados suficientes para análise da ocorrência de AHA nos termos deste estudo (por grupo de porte de cidades e pontos de amostragem). Nos demais estados, apesar da quantificação de AHA acima do VMP, as medianas dos dados de AHA estiveram, em sua maioria, próximas ou inferiores a 0,05 mg/L, com exceção dos estados da Bahia e Sergipe. Na Bahia, em praticamente todos os grupos de cidades, e no Sergipe em menor frequência, foram registrados valores de medianas próximos ou acima do VMP nas saídas de tratamento e, ou nos sistemas de distribuição. Entretanto, no Sergipe, bem como no Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, foram encontrados, em frequências variadas (mas em geral elevadas), valores do percentil 75 e do percentil 90 próximos ou superiores ao VMP de 0,08 mg/L.

Em praticamente todos os estados foram encontrados valores máximos (pontuais, portanto) próximos ou acima do VMP para AHA (0,08 mg/L). O destaque negativo é Sergipe, onde em saídas do tratamento de cidades do grupo M2, o valor máximo foi 0,98 mg/L (mediana = 0,29 mg/L; percentil 75 = 0,5 mg/L; percentil 90 = 0,8 mg/L). O destaque positivo foram Goiás e Mato Grosso do Sul, onde o máximo reportado foi 0,05 mg/L.

As informações das concentrações de AHA, reportadas nos estados para cada ponto de amostragem e grupos porte populacional de cidades, podem ser consultadas no Apêndice C.

Nos locais onde houve detecção de AHA em valores e frequência elevados, seria importante a investigação das causas da formação desse PSD. Entre as medidas que podem ser adotadas a fim de reduzir a formação de AHA se encontram: (i) remoção de precursores da formação de AHA, por exemplo, com otimização do processo de coagulação; (ii) diminuição da dose de desinfetante empregada, porém com a garantia da efetividade da desinfecção (WHO, 2022).

A influência do porte populacional da cidade na ocorrência de AHA acima do VMP, ou em percentuais mais elevados de quantificação, foi testada por meio de análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$). Os resultados indicaram que o porte não é fator estatisticamente significativo para a ocorrência de AHA em valores quantificáveis ($p = 0,992$), ou superiores ao VMP ($p = 0,461$). A hipótese aqui era que em municípios de menor porte a (supostamente) menor capacidade técnica instalada (recursos humanos e materiais) para o tratamento da água poderia favorecer a formação de AHA; mas isso não se confirmou.

A ocorrência de AHA em função da UF foi investigada da mesma forma descrita no parágrafo anterior para o porte populacional do município como variável dependente. Os resultados da análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) indicaram diferença estatisticamente significativa para a porcentagem de dados quantificados de AHA ($p = 0,001$), mas não para o percentual acima do VMP na saída do tratamento ($p = 0,067$). Procedeu-se, então, após a análise de variância de Kruskal-Wallis, ao teste de Dunn, para avaliar diferenças estatisticamente significativas entre os estados para a ocorrência de AHA em valores quantificáveis. Os resultados apontaram diferenças significativas de ocorrência de AHA entre o estado de Mato Grosso e: Rio Grande do Sul ($p = 0,0004$), Goiás ($p = 0,0004$), Paraná ($p = 0,0012$), Mato Grosso do Sul ($p = 0,0022$). A hipótese aqui era que diferenças entre estados pudesse mais uma vez expor menor capacidade técnica instalada para o tratamento da água e, assim, maior potencial formação de AHA; além disso, que expusesse diferenças eventualmente associadas às condições climáticas, pois a temperatura é sabidamente catalisadora da formação de subprodutos da cloração; mas isso não se revelou de forma nítida.

A influência das variáveis de qualidade da água, disponíveis no Sisagua (pH, cor e cloro residual livre (CRL)) na formação de AHA foi verificada por meio de teste de correlação (Spearman, $\alpha = 0,05$): correlação entre, de um lado, a ocorrência, no ponto de amostragem saída do tratamento, de valores de pH, CRL e cor em percentuais de acordo (ou não) com o permitido ou recomendado na norma brasileira de qualidade da água para consumo humano e, de outro lado, percentuais de valores quantificados de AHA ou superiores ao VMP na saída do

tratamento. As faixas de ocorrência das variáveis de qualidade da água aqui consideradas foram: (i) CRL residual livre em faixas de valores acima 5,0 mg/L, entre 2 e 5 mg/L e menor que 0,2 mg/L; (ii) pH maior que 9 ou menor que 6; e (iii) cor aparente maior que 15 uH. Os resultados das faixas de ocorrência dessas variáveis de qualidade da água estão apresentados no Apêndice E. Adicionalmente, o teste foi realizado com os dados de ocorrência de AHA na saída do tratamento e em sistemas de distribuição (porcentagens quantificadas e percentuais acima do VMP), como indicativo do tempo como fator de formação de AHA. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados do teste de correlação de Spearman entre ocorrência de AHA e variáveis de qualidade da água, Sisagua, 2014 a 2019

AHA	Parâmetro estatístico	AHA	pH (%)			CRL (%)	Cor (%)	
		Maior que VMP (SD)	Maior que 9	Menor que 6	Menor que 0,2 (mg/L)	Entre 2 e 5 (mg/L)	Maior que 5 (mg/L)	Maior que 15 (uH)
Maior que VMP (ST)	coeficiente de Spearman	0,612	0,102	-0,055	0,086	0,168	0,291	0,084
	p	0,000	0,461	0,695	0,537	0,225	0,033	0,545
Quantificado (ST)	coeficiente de Spearman	0,711	0,007	-0,179	0,183	0,14	0,328	0,195
	p	0,000	0,953	0,136	0,126	0,246	0,005	0,103

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (2020).

Notam-se correlações significativas ($p = 0,000$) e relativamente elevadas entre percentuais de dados quantificados de AHA (coeficiente de Spearman $r_s \approx 0,6$), bem como dos percentuais maiores que o VMP ($r_s \approx 0,7$), na saída do tratamento e no sistema de distribuição. Isso indica que maior porcentagem de AHA formada na saída do tratamento resulta em maior porcentagem na rede de distribuição.

O pH em água potável deve, preferencialmente, estar próximo da neutralidade, sendo que a norma brasileira admite valores entre 6 e 9. A Tabela 5 mostra que os percentuais de dados quantificados de AHA, ou acima do VMP, não se mostraram estatisticamente correlacionados com valores de pH inferiores a 6 ou superiores a 9. Esperava-se, conforme dados de literatura, que a formação de AHA fosse beneficiada em pH mais baixo (inferior a 6) e prejudicada em pH elevado (superior a 9).

A ocorrência de AHA, dados quantificados ou acima do VMP, nos sistemas de distribuição não se mostrou estatisticamente correlacionada à ocorrência de cloro residual livre (CRL) abaixo de 0,2 mg/L ou entre 2 e 5 mg/L (Tabela 5), mas foi significativa com CRL acima de 5 mg/L. Estes resultados vão de encontro ao esperado, uma vez que quanto maior a concentração do reagente (cloro) maior a formação de AHA. Assim, não é surpresa que valores

tão elevados de CRL (> 5mg/L) tenham se mostrado relacionados à formação de AHA. Cabe notar que 5 mg /L é o VMP de cloro para efeito de proteção saúde e que valores acima deste parecem favorecer a ocorrência de AHA em níveis quantificáveis e mesmo em concentrações superiores ao VMP, que também tem significado de saúde.

Na Tabela 5 nota-se que não houve correlação estatisticamente significativa entre cor acima de 15 uH e a ocorrência de dados quantificados de AHA, ou superiores ao VMP. A cor é um indicador da presença de matéria orgânica natural em água, portanto da presença de precursores da formação de PSD da cloração (AHA e THM). Contudo, a cor verdadeira não é rotineiramente monitorada em ETAs no Brasil, mas sim a cor aparente (que embute interferência de turbidez), por ser este o parâmetro componente do padrão organoléptico de potabilidade.

Como abordado no item 2.3, espera-se que a temperatura seja um fator que influencie na formação de THM e AHA, ou seja, temperaturas mais elevadas seriam favoráveis à formação desses PSD. As temperaturas médias históricas dos estados aqui abordados (entre 1961 e 1990) e as temperaturas mínimas e máximas entre os anos de 2014 e 2019 estão apresentadas no Apêndice F. De forma geral, maiores variações da temperatura média entre meses de verão e inverno aconteceram nos estados da região Sul do Brasil, além dos estados do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Nos estados de Goiás e na Bahia, nos meses de junho e julho, também são observadas temperaturas médias baixas (Apêndice F).

Na Tabela 6 apresentam-se dados de ocorrência de AHA, em termos de medianas, nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro e março) e inverno (junho, julho, agosto e setembro) nos estados brasileiros; apresentam-se ainda os resultados do teste estatístico (teste de Mood) para verificação de diferenças entre as medianas (valor de p). O estado de Goiás não apresentou dados quantificados o suficiente para que a análise fosse realizada.

Percebe-se na Tabela 6 que as diferenças foram estatisticamente significativas nos seguintes estados: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, São Paulo e Sergipe. Tem-se, portanto, que apesar de ser esperada uma ocorrência de AHA maior no verão que no inverno no estado do Rio Grande do Sul, devido a sua elevada amplitude térmica entre meses de verão e inverno, isso não foi observado. Nos estados de Mato Grosso e Sergipe, apesar da maior regularidade das temperaturas médias durante os meses de verão e de inverno, houve diferenças estatisticamente significativas. Nota-se ainda que, nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, apesar do teste indicar diferenças estatisticamente significativas entre os meses de verão e inverno, maiores concentrações medianas foram encontradas em

meses de menor temperatura. Portanto, possivelmente, nos estados do Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Sergipe, Paraná e Mato Grosso do Sul existem outros fatores além da temperatura influenciando a formação de AHA, como, por exemplo: a presença/ausência de precursores, pH e dose de desinfetante aplicada. Os resultados poderiam ser melhor discutidos caso houvesse registro do valor de ocorrência desses parâmetros de qualidade da água no momento em que a amostragem de AHA foi realizada.

Tabela 6 - Resultados do teste de Mood ($\alpha = 0,05$) para avaliação da diferença entre as medianas de AHA em meses de verão e de inverno, Sisagua, 2014 a 2019

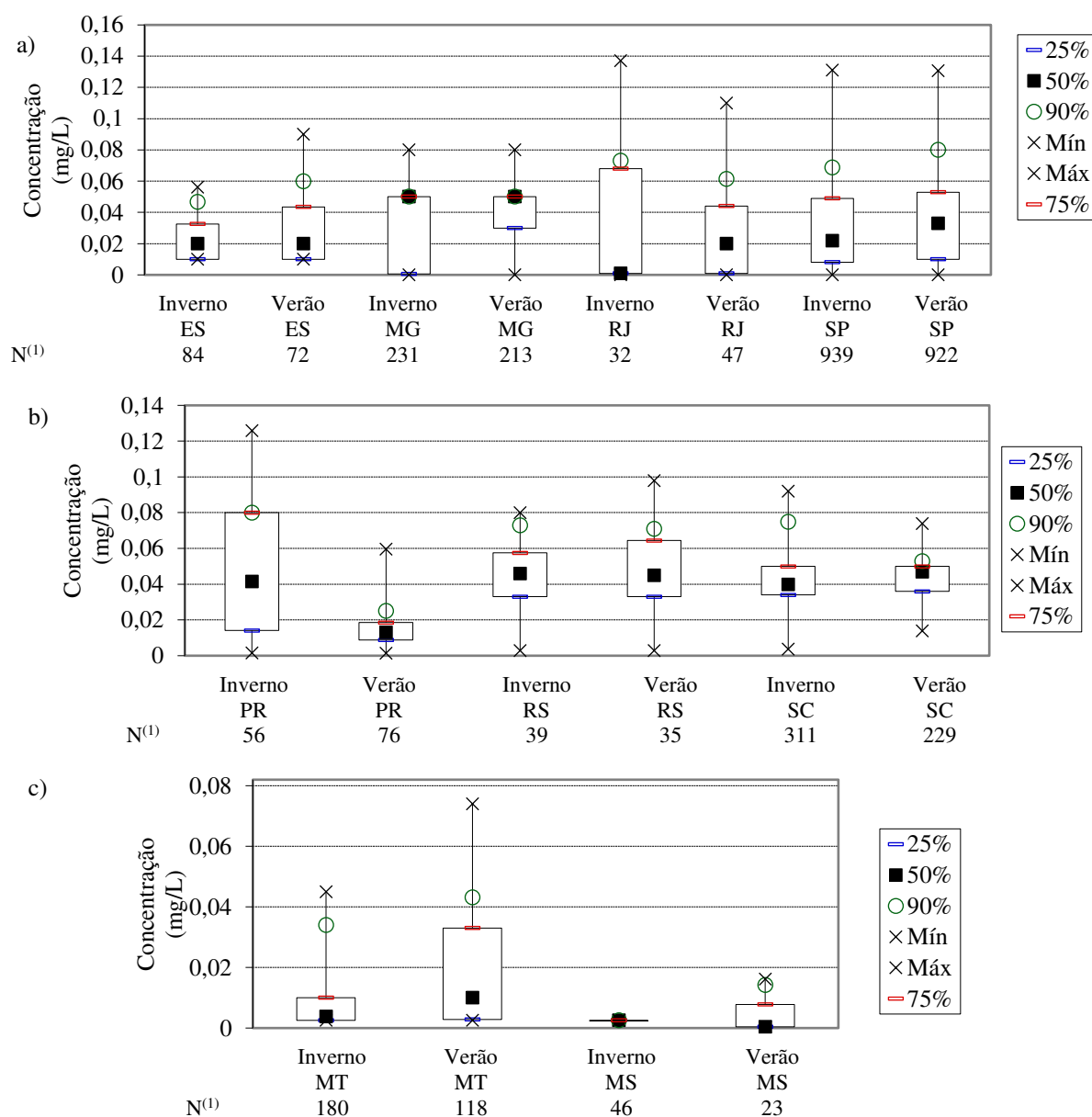
UF	p-valor	Verão		Inverno	
		Mediana	Intervalo de Confiança de 95% da mediana	Mediana	Intervalo de Confiança de 95% da mediana
SP	0,000	0,027	(0,03;0,037)	0,016	0,02;0,024)
RJ	0,715	0,02	(0,002;0,039)	0,001	(0,001;0,047)
MG	0,000	0,05	(0,05;0,05)	0,05	(0,05;0,05)
ES	0,0843	0,02	(0,01;0,036)	0,02	(0,014;0,027)
PR	0,000	0,013	(0,01;0,015)	0,042	(0,02;0,08)
RS	0,816	0,045	(0,035;0,06)	0,046	(0,04;0,053)
SC	0,012	0,047	(0,043;0,05)	0,04	(0,038;0,043)
MT	0,012	0,01	(0,004;0,014)	0,004	(0,004;0,006)
MS	0,000	0,0004	(0,0004;0,006)	0,002	(0,003;0,002)
BA	0,168	0,077	(0,057;0,08)	0,06	(0,04;0,075)
SE	0,037	0,157	(0,048;0,55)	0,074	(0,027;0,11)
TO	0,669	0,041	(0,039;0,043)	0,041	(0,038;0,043)

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020) e CPTEC/INPE (2022).

A Figura 36 traz a distribuição dos dados de concentração no ponto de amostragem saída do tratamento em meses de verão e inverno nos estados brasileiros. Nota-se que nos estados do Espírito Santo (Figura 36a) e Rio Grande do Sul (Figura 36b), apesar de não haver diferenças estatisticamente significativas entre as medianas de verão e inverno (Tabela 6), apenas em meses de verão foram reportadas concentrações de AHA acima do VMP (0,08 mg/L). Já no Rio de Janeiro, em ambas as épocas do ano houve quantificação de AHA acima do VMP, porém um percentual maior de dados maiores que 0,08mg/L ocorreu em meses de inverno (Figura 36a). Em São Paulo as concentrações máximas reportadas da ocorrência de AHA no verão e no inverno foram próximas, porém um maior percentual de dados superiores ao VMP foi encontrado em meses de verão (10%) (Figura 36a). No Paraná e em Santa Catarina houve quantificação de AHA em valores superiores a 0,08 mg/L (VMP) apenas nos meses de inverno (Figura 36b). Nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia e Tocantins não houve quantificação do composto em valores superiores ao VMP. Em Sergipe as concentrações de AHA superiores ao VMP foram reportadas tanto no inverno quanto no verão, porém no inverno

entre 50 e 75% das concentrações reportadas foram superiores ao VMP, enquanto no verão esse percentual foi inferior a 25%.

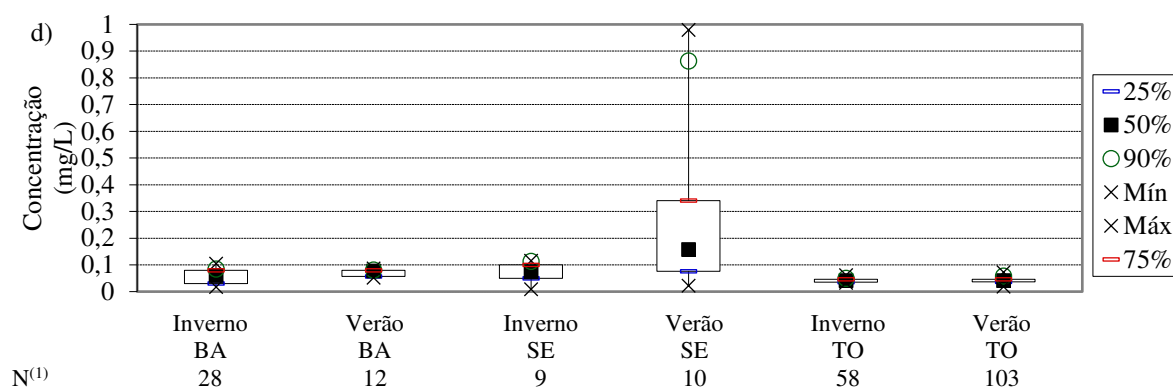
Figura 36 – Concentrações de ocorrência de ácidos haloacéticos no Brasil em meses de verão e de inverno nos estados da Região Sudeste (a), Região Sul(b), Região Centro-Oeste (c), Região Nordeste e Norte, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Figura 36 – Concentrações de ocorrência de ácidos haloacéticos no Brasil em meses de verão e de inverno nos estados da Região Sudeste (a), Região Sul(b), Região Centro-Oeste (c), Região Nordeste e Norte, Sisagua, 2014 a 2019 (continuação)



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

De forma geral, é possível concluir que os cuidados necessários para prevenir a formação de AHA no processo de tratamento da água devem ser mantidos com a mesma atenção durante todo o ano, pois outros fatores, que não a temperatura, parecem exercer maior influência na formação desses produtos secundários da desinfecção.

4.2.4. Ocorrência de trihalometanos no Brasil

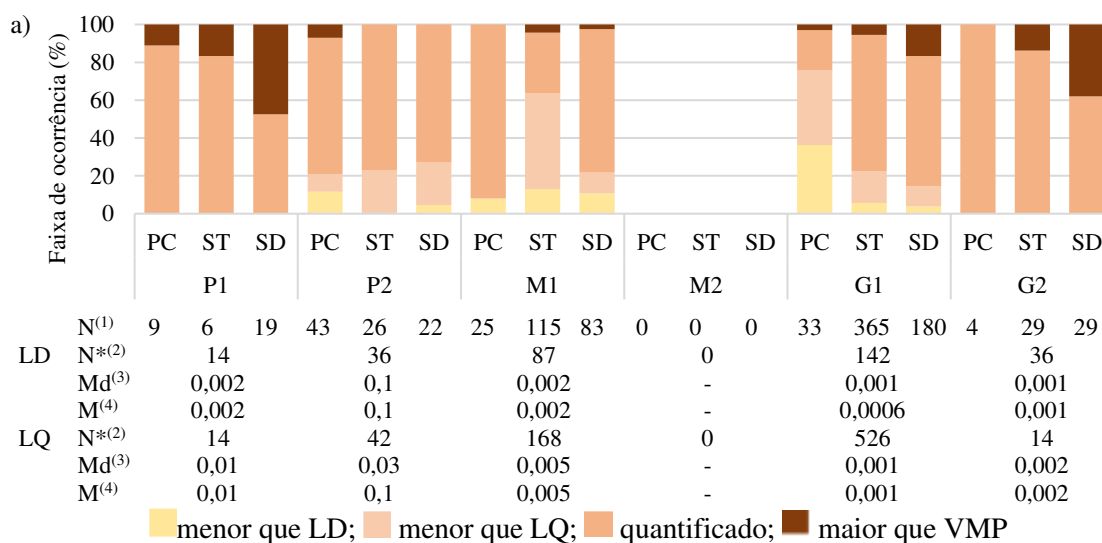
A presença de trihalometanos (THM) em mananciais de abastecimento e em água tratada no Brasil, segundo a base de dados do Sisagua (2014-2019), está representada nas Figuras 37 a 52, em função das seguintes faixas percentuais de ocorrência: menor que o limite de detecção (LD), menor que o limite de quantificação (LQ), dados quantificados; maior que o VMP (0,1 mg/L); também estão apresentados valores das medianas e modas de LD e LQ praticados, por estado e porte populacional dos grupos de municípios. Casos (pontos de monitoramento em algum dos grupos de porte de município) em que não houve dados válidos estão apresentados nas figuras com o espaço vazio e indicação de ausência de dados (N = 0). A estatística descritiva dos valores de concentração de THM quantificados está apresentada no Apêndice D. Os dados quantificados foram também apresentados em gráficos do tipo *box-plot*, no intuito de melhor visualização da distribuição das concentrações de THM reportadas. Apenas os estados de Minas Gerais e São Paulo apresentaram dados referentes a solução alternativa coletiva (SAC) em um número de cidades que possibilitou a análise de ocorrência de THM por grupos de porte de cidades; nos demais estados apenas dados de SAA foram

considerados. Como discutido no ítem 2.3.4, é de se esperar que THM continuem sendo formados ao longo da rede de distribuição, enquanto houver disponibilidade de cloro residual livre. Nesse sentido, o teste de Mood ($\alpha=0,05$) para medianas foi aplicado para verificar se as diferenças entre as medianas das concentrações reportadas em pontos de saída do tratamento (ST) e em sistemas de distribuição (SD) são estatisticamente significativas; os resultados serão apresentados para cada grupo de porte municipal de cada um dos estados.

4.2.4.1. Ocorrência de trihalometanos na Região Sudeste

O monitoramento de THM no Espírito Santo (ES) revelou elevado percentual de detecção, superior a 85% em quase todos os grupos de portes populacionais e pontos de amostragem, a exceção se deu em pontos de captação de municípios do grupo G1, onde o percentual de detecção foi de 64% (Figura 37a). Destaca-se também que não houve detecção de THM acima do VMP (0,1 mg/L) somente nos seguintes casos: saída do tratamento (ST) e em sistemas de distribuição (SD) de municípios de porte P2; pontos de captação (PC) em municípios dos grupos M1 e G2. Contudo, nota-se na Figura 37b que mesmo nesses casos a ocorrência de THM no estado merece atenção, já que os valores máximos reportados nesses pontos foram iguais ao VMP, com exceção de PC em municípios do grupo G2.

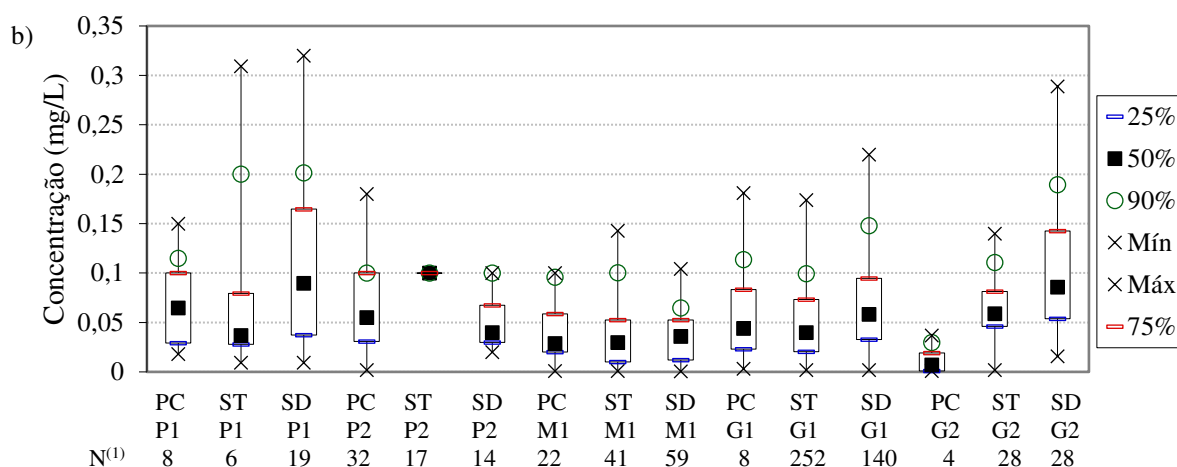
Figura 37 – Ocorrência de trihalometanos no Espírito Santo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Figura 37 – Ocorrência de trihalometanos no Espírito Santo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019 (continuação)



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

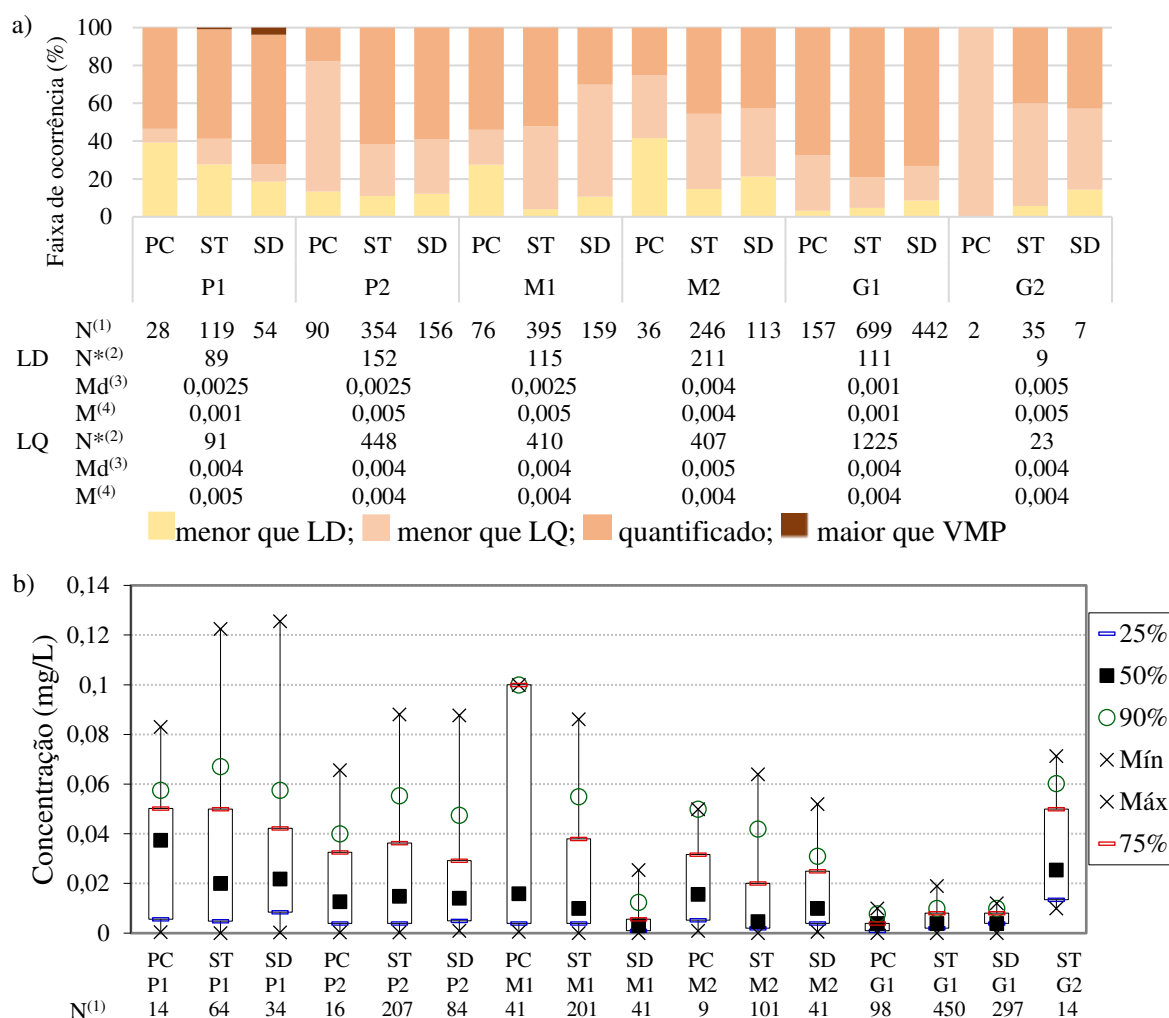
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A distribuição dos dados quantificados no Espírito Santo está apresentada na Figura 37b. Observa-se que a ocorrência de THM acima, ou próximo, do VMP, se deu em frequência: (i) próxima de 50%, dos dados quantificados no SD em municípios de porte P1 e G2; (ii) próxima a 25% em PC de municípios de porte P1 e P2, além da ST em municípios de porte P1 e do SD em municípios de porte G1; (iii) próximo a 10% dos dados quantificados na ST em municípios de porte M1, G1 e G2. Entre os valores máximos de concentração de THM reportados no estado do ES destacam-se ST e SD em P1 (que superaram 0,3 mg/L), SD em G2 (0,29 mg/L) e SD em G1 (0,22 mg/L) (Figura 37b). De forma geral, nota-se um percentual considerável de dados de concentração de THM superiores ao VMP, o que sugere a necessidade de análise mais aprofundada das possíveis causas para a ocorrência de THM em tais níveis no estado visando minimizar a formação desse PSD.

A diferença entre a ocorrência de THM entre pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição se mostrou estatisticamente significativa nos grupos de cidades de grande porte G1 ($p = 0,000$) e G2 ($p = 0,032$) e de pequeno porte P2 ($p = 0,000$). Porém, em P2 houve ocorrência de THM na saída do tratamento superior ao sistema de distribuição, diferente do esperado.

A ocorrência de THM em Minas Gerais está apresentada na Figura 38 (SAA) e na Figura 39 (SAC).

Figura 38 - Ocorrência de trihalometanos em SAA em Minas Gerais por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

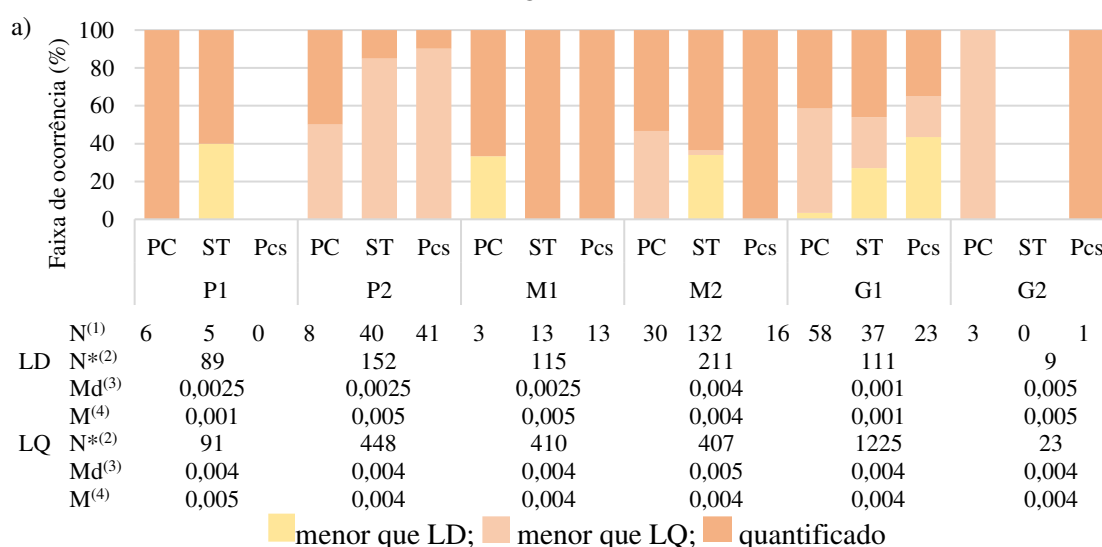
Em SAA, no estado de Minas Gerais, a detecção variou entre 97% e 60%, com porcentagens de quantificação entre 18% e 88%, com exceção do ponto de captação em municípios do grupo G2, onde todos os dados estiveram abaixo do LQ (Figura 38a). As concentrações de THM reportadas no estado, em todos os grupos de porte populacional e pontos de amostragem, apresentaram 90% dos dados abaixo de 0,07 mg/L, com exceção do ponto de captação em cidade de médio porte M1 (Figura 38b). Ocorrência acima do VMP no padrão de potabilidade brasileiro (0,1 mg/L) foi reportada apenas em cidades de pequeno porte do grupo P1 (Figura 38b), na saída do tratamento (ST) e no sistema de distribuição (SD), com concentrações máximas iguais, respectivamente, a 0,122 mg/L e 0,125 mg/L. Em pontos de

captação de municípios de porte M1 o valor máximo reportado foi igual ao VMP; concentrações abaixo do, porém próximas ao, VMP foram reportadas em municípios de pequeno porte P2, em ST e SD, e em municípios de médio porte M1, em ST, onde o máximo reportado foi aproximadamente 0,09 mg/L (Figura 38b). Contudo, em resumo, resultados indicam que a frequência de ocorrência de THM em SAA no estado de Minas Gerais em concentrações acima, ou próximas, do VMP é baixa.

As diferenças entre as concentrações de THM reportadas nos pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição em SAA de Minas Gerais foram estatisticamente significativas em grupos de cidades de porte M1 ($p = 0,000$) e G2 ($p = 0,010$). Porém, como se nota na Figura 38b, ao contrário do esperado, as concentrações reportadas na saída do tratamento de M1 foram superiores às que no sistema de distribuição.

A detecção de THM em SAC no estado de Minas Gerais variou entre 60% e 100% das amostras (Figura 39a), com dados quantificados em elevados percentuais, sem, entretanto, ocorrência acima do VMP. As medianas foram muito inferiores ao máximo permitido pelo padrão de potabilidade (0,01 mg/L) em todos os pontos de amostragem, não superando 0,04 mg/L, enquanto o máximo reportado foi igual a 0,1 mg/L (VMP) em M1 (ponto de captação) (Apêndice D) e M2 (saída do tratamento) (Figura 39b).

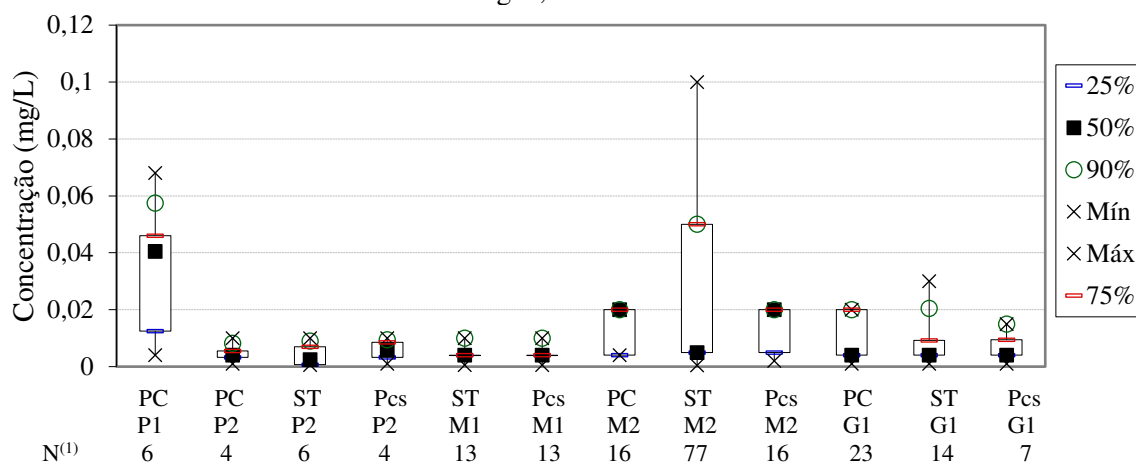
Figura 39 - Ocorrência de trihalometanos em SAC em Minas Gerais por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; PCs: ponto de consumo; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Figura 39 - Ocorrência de trihalometanos em SAC em Minas Gerais por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; PCs: ponto de consumo; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

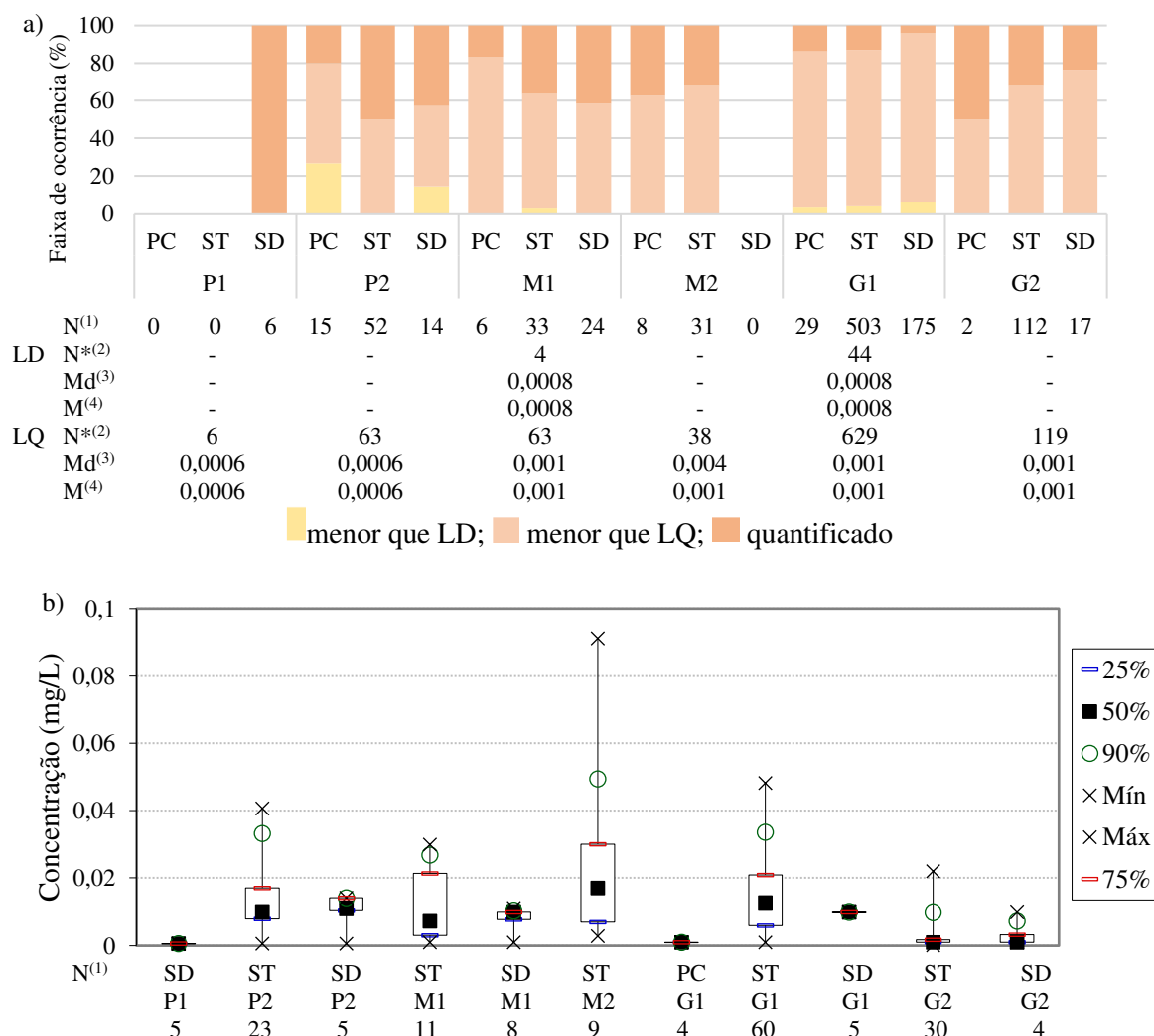
A avaliação da diferença entre as concentrações reportadas, em SAC no estado de Minas Gerais, em pontos de saída do tratamento e em ponto de consumo não indicou diferenças estatisticamente significativas.

O estado do Rio de Janeiro apresentou detecção de THM na totalidade das amostras analisadas nos seguintes casos: (i) em todos os pontos de amostragem nos grupos P1, M2 e G2; (ii) na saída do tratamento (ST) no grupo P2; (iii) em pontos de captação (PC) e em sistemas de distribuição (SD) no grupo M1; (iv) em sistemas de distribuição do grupo P1. Em outras demais situações - PC e SD do grupo P2; ST do grupo M1; e nos três pontos de amostragem do grupo G2, a detecção variou entre 97 e 74%. Por outro lado, a quantificação variou entre 3% (SD no grupo G1) e 50% (ST no grupo P2), (Figura 40a).

Valores de THM acima do VMP estipulado como padrão de potabilidade no Brasil (0,1 mg/L) não foram reportados no estado do Rio de Janeiro. Contudo, em ST de cidades do grupo M2 um valor máximo próximo ao VMP (0,0912 mg/L) foi encontrado. Nos demais pontos de amostragem e grupos de porte populacional o máximo não superou 0,05 mg/L (Figura 40b).

A diferença entre as concentrações de THM reportadas em pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição se mostrou estatisticamente significativa apenas em grupos de municípios de grande porte G1, porém com maiores concentrações reportadas na saída do tratamento.

Figura 40 - Ocorrência de trihalometanos no Rio de Janeiro por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

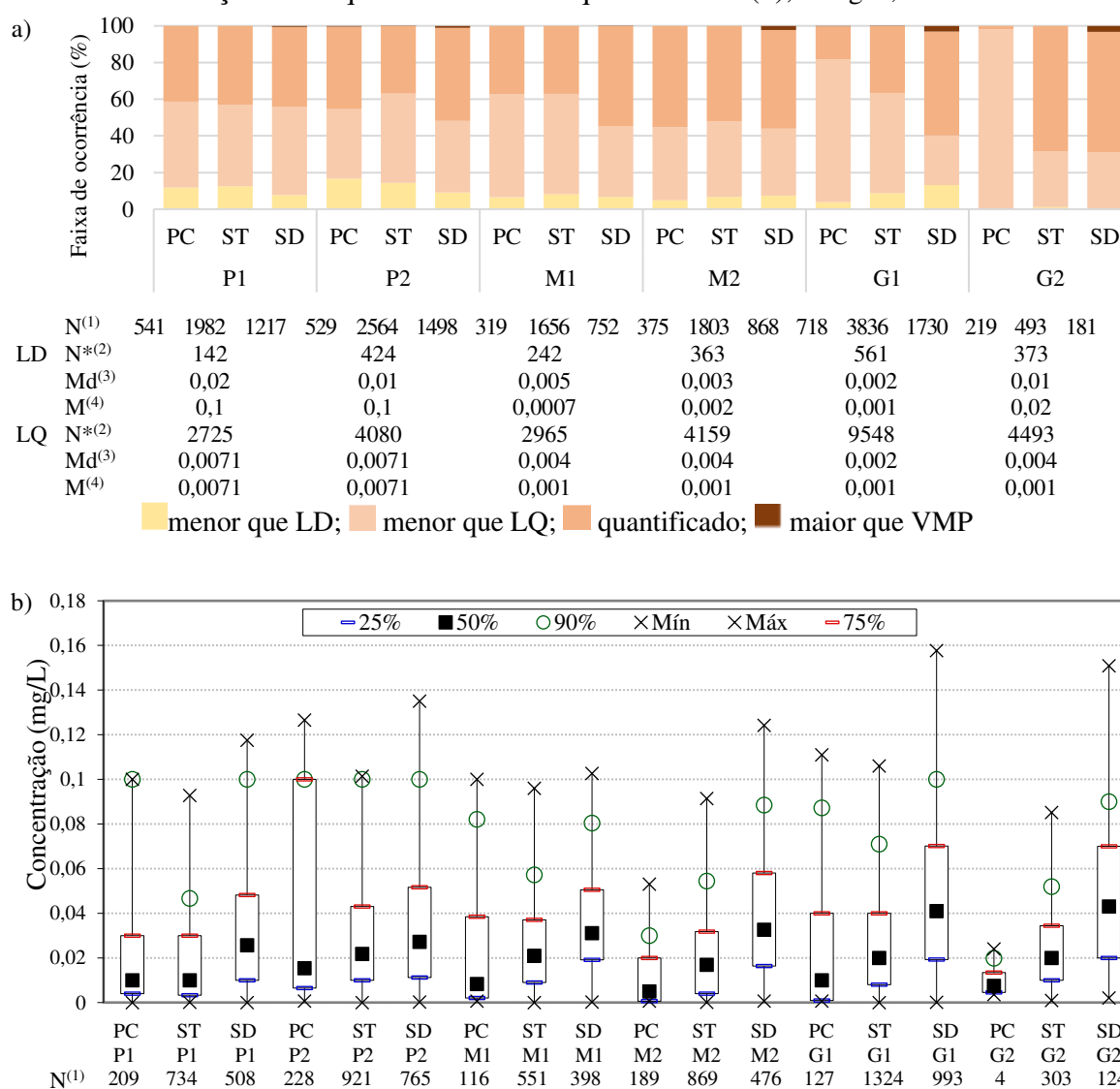
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Em SAA do estado de São Paulo se registrou elevada detecção de THM: entre 83% e 100% em todos os cenários analisados (Figura 41a). THM foram quantificados em todos os pontos de amostragem. Além disso, resultados acima do VMP foram reportados em sistemas de distribuição (SD) em quase todos os grupos de porte populacional (exceto M1), em pontos de captação (PC) nos grupos P2 e G1 e na saída do tratamento (ST) em P2 e G1. Entretanto, considerando o conjunto de dados (quantificados e não quantificados) a ocorrência acima do VMP se deu apenas em baixos percentuais: abaixo de 4% em todos os casos.

A distribuição da ocorrência dos dados quantificados de THM em SAA de São Paulo pode ser observada na Figura 41b. A ocorrência de THM em concentrações acima do VMP se

deu em 10% dos dados quantificados em: (i) PC de municípios de pequeno porte P2; (ii) SD em municípios de pequeno porte P1 e P2 e de grande porte G1. Em tais casos seria indicada uma análise mais aprofundada das possíveis causas para a ocorrência de THM em tais níveis no estado visando a minimização da formação desse PSD. Com poucas exceções, os valores máximos reportados em SAA no estado superaram ou estiveram próximos do VMP, chegando a 0,158 mg/L em G1 SD (Figura 41b).

Figura 41 - Ocorrência de trihalometanos em SAA em São Paulo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



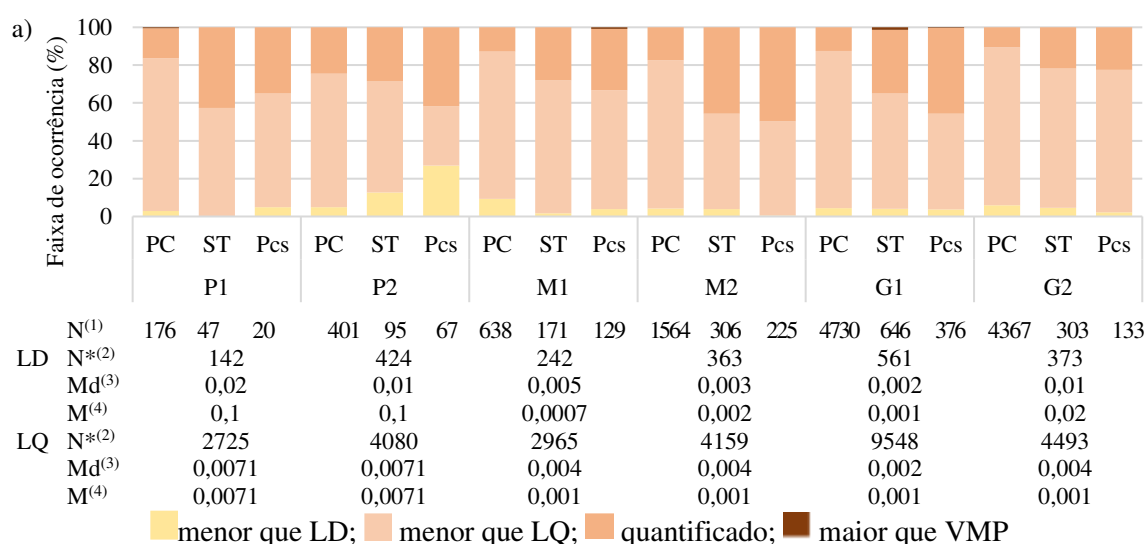
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A avaliação da diferença entre as concentrações reportadas em pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição indicou diferenças estatisticamente significativas em todos os grupos de porte de cidades: P1 ($p = 0,000$), P2 ($p = 0,003$), M1 ($p = 0,000$), M2 ($p = 0,000$), G1 ($p = 0,000$) e G2 ($p = 0,000$). Como esperado, a mediana do ponto de saída do tratamento foi inferior a mediana de saída do tratamento em todos os grupos de porte de cidades (Figura 41b).

A detecção de THM em SAC no estado de São Paulo esteve entre 75% e 100% em todos os cenários considerados (Figura 42a). Nota-se que as faixas de quantificação de THM em SAC foram inferiores às de SAA, exceto nos casos de pontos de captação nos grupos P1 e G2. A ocorrência em valores superiores ao VMP se deu em apenas quatro cenários, sempre abaixo de 2% do total de dados: pontos de captação (PC) em P1, saída do tratamento (ST) em G1, pontos de consumo (Pcs) em M1 e G1. Na Figura 42b notam-se concentrações máximas de THM próximas ao VMP (0,1 mg/L) em ponto de consumo em P1 e em saídas do tratamento em M1. Valores de concentração de THM superiores ao máximo permitido foram registrados em P1 (PC, M1 Pcs) e em G1 (ST e Pcs), com valores máximos iguais, respectivamente, a: 0,11 mg/L; 0,113 mg/L; 0,15 mg/L; e 0,116 mg/L (Figura 42b).

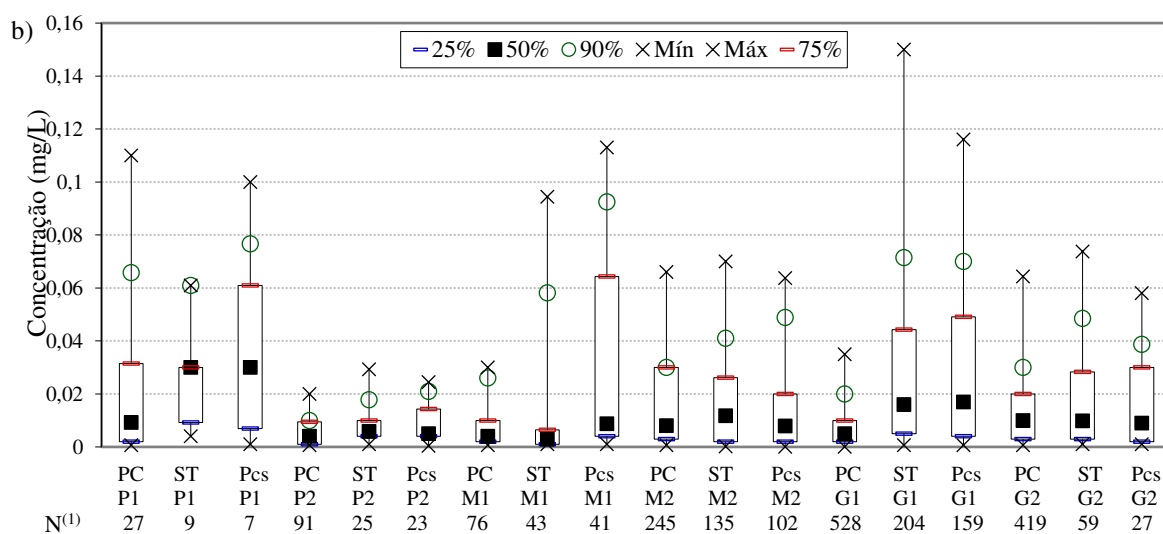
Figura 42 - Ocorrência de trihalometanos em SAC em São Paulo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; Pcs: ponto de consumo; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Figura 42 - Ocorrência de trihalometanos em SAC em São Paulo por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019 (continuação)



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; Pcs: ponto de consumo; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

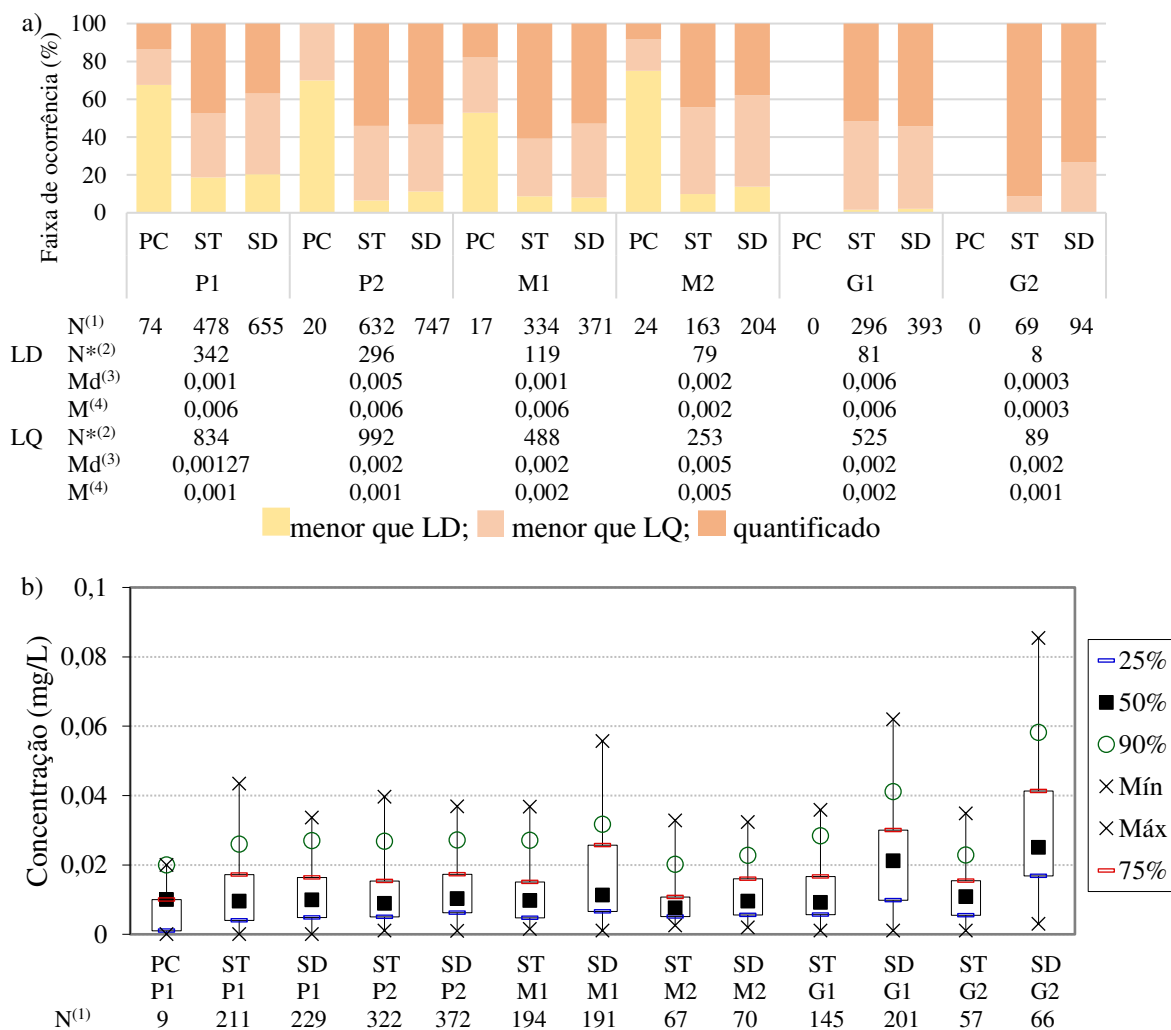
A avaliação da diferença das concentrações reportadas em pontos de saída do tratamento e pontos de consumo indicou diferença estatisticamente significativa apenas no grupo de porte de cidades M1 ($p = 0,000$). De fato, nota-se na Figura 42b que, em M1, aproximadamente 50% das concentrações reportadas nos pontos de consumo foram superiores ao terceiro quartil (75% das concentrações) dos dados em pontos de saída do tratamento.

4.2.4.2. Ocorrência de trihalometanos na Região Sul

O estado do Paraná destacou-se como um dos que informaram dados com maior representatividade no país (monitoramento mais próximo do exigido na norma); porém foi também um dos que produziram maiores porcentagens de dados desconsiderados (Apêndice A). Observando a Figura 43, nota-se a ampla faixa de dados não detectados nos pontos de captação onde houve monitoramento (cidades de pequeno e médio porte). Nos demais pontos, a porcentagem de detecção superou a de não detecção, com quantificação entre 37 e 91%, mas não houve quantificação acima do VMP (Figura 43a). A distribuição dos dados de quantificação de THM no estado do Paraná estão apresentados na Figura 43b, onde se nota que, na maior parte dos pontos de amostragem e grupos de porte municipal, as concentrações não

ultrapassaram 0,04 mg/L. A concentração máxima reportada no estado foi igual a 0,085 mg/L no sistema de distribuição de municípios de grande porte G2 (Figura 43b).

Figura 43 - Ocorrência de trihalometanos no Paraná por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

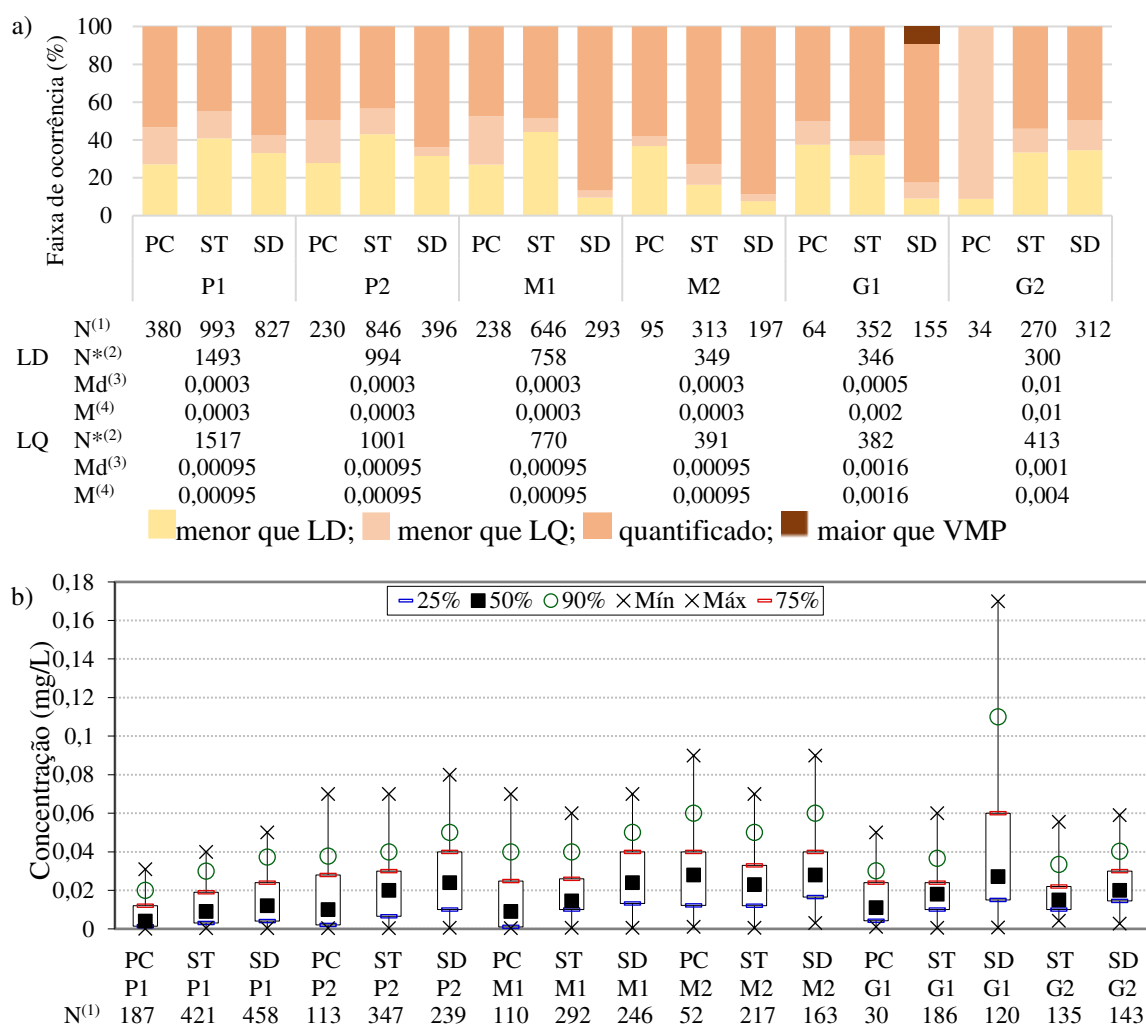
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A avaliação da diferença entre as concentrações de THM, reportadas no estado do Paraná, no ponto de saída do tratamento e no sistema de distribuição indicou diferenças estatisticamente significativas nos grupos de cidades de porte P2 ($p = 0,033$), G1 ($p = 0,000$) e G2 ($p = 0,000$). As concentrações de THM reportadas no sistema de distribuição foram superiores às dos pontos de saída do tratamento (Figura 43b).

O estado do Rio Grande do Sul apresentou percentuais de detecção de THM superiores a 54% em todos os pontos monitoramento, sendo a maioria dos dados detectados também

quantificados, exceto em pontos de captação do grupo G2. Cabe destacar os baixos de valores de LQ praticados no estado (Figura 44a), o que permite a quantificação de baixas concentrações de THM. Na Figura 44b percebe-se que, salvo uma exceção, os dados de THM quantificados estiveram quase sempre abaixo de 0,09 mg/L, a maioria bem abaixo. A exceção se deu em sistemas de distribuição do grupo G1, com ocorrência de THM acima do VMP em mais de 10% dos dados quantificados, atingindo máximo de até 0,17 mg/L (Figura 44 b).

Figura 44 - Ocorrência de trihalometanos no Rio Grande do Sul por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

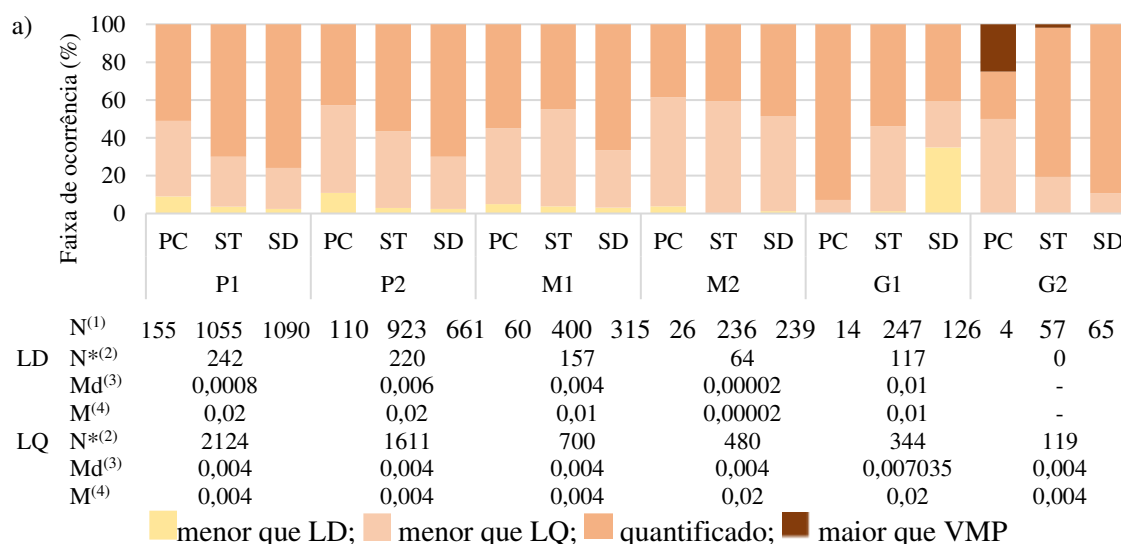
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

A diferença entre as concentrações de THM reportadas nos pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição no estado do Rio Grande do Sul se mostrou

estatisticamente significativa em todos os grupos de porte cidades: P1 ($p = 0,000$), P2 ($p = 0,005$), M1 ($p = 0,000$), M2 ($p = 0,017$) G1 ($p = 0,000$) e G2 ($p = 0,000$). Os resultados, como esperado, indicaram maiores valores de concentração de THM no sistema de distribuição se comparado a saída do tratamento (Figura 44b).

A detecção de THM em Santa Catarina variou entre 89% e 100%, com exceção do sistema de distribuição no grupo G1 (65%); a quantificação variou entre 38% e 90% dos dados (Figura 45a). A ocorrência de THM em concentrações superiores ao VMP (0,1 mg/L) se deu apenas em um ponto de captação (um dado em total de quatro) e em saídas do tratamento (menos de 2% dos dados) de cidades do grupo G2 (Figura 45a). A distribuição dos dados quantificados (Figura 45b) mostra também que na saída do tratamento e em sistemas de distribuição de cidades do grupo G2 foram encontradas as maiores concentrações de THM, com terceiro quartil entre 0,05 mg/L e 0,06 mg/L e máximo de 0,11 mg/L e 0,1 mg/L, respectivamente. Nos demais pontos de amostragem e grupos de porte populacional o valor máximo reportado não superou 0,08 mg/L (Figura 45b).

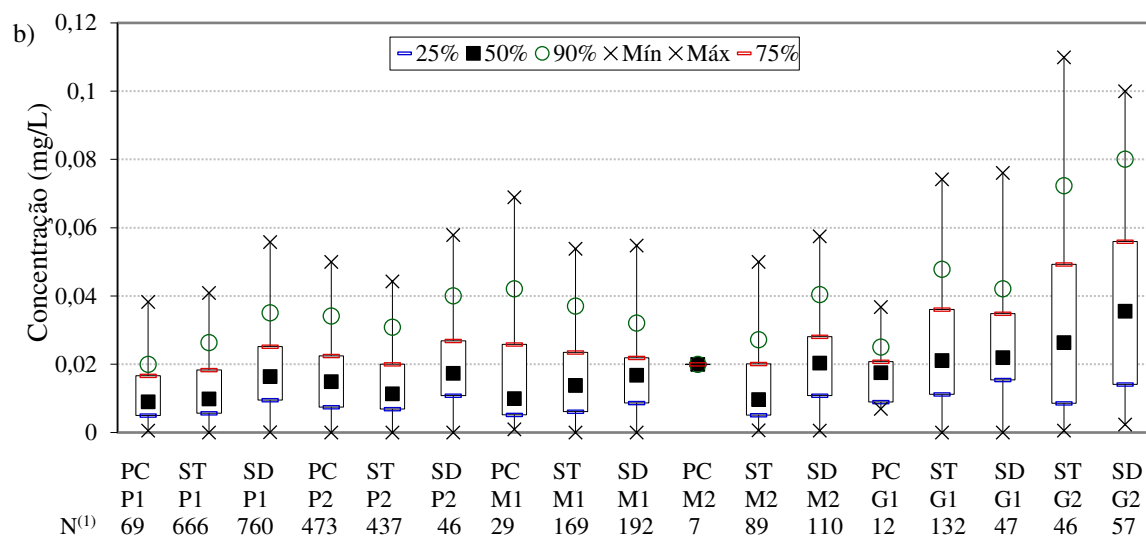
Figura 45 - Ocorrência de trihalometanos em Santa Catarina por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Figura 45 - Ocorrência de trihalometanos em Santa Catarina por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019 (continuação)



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

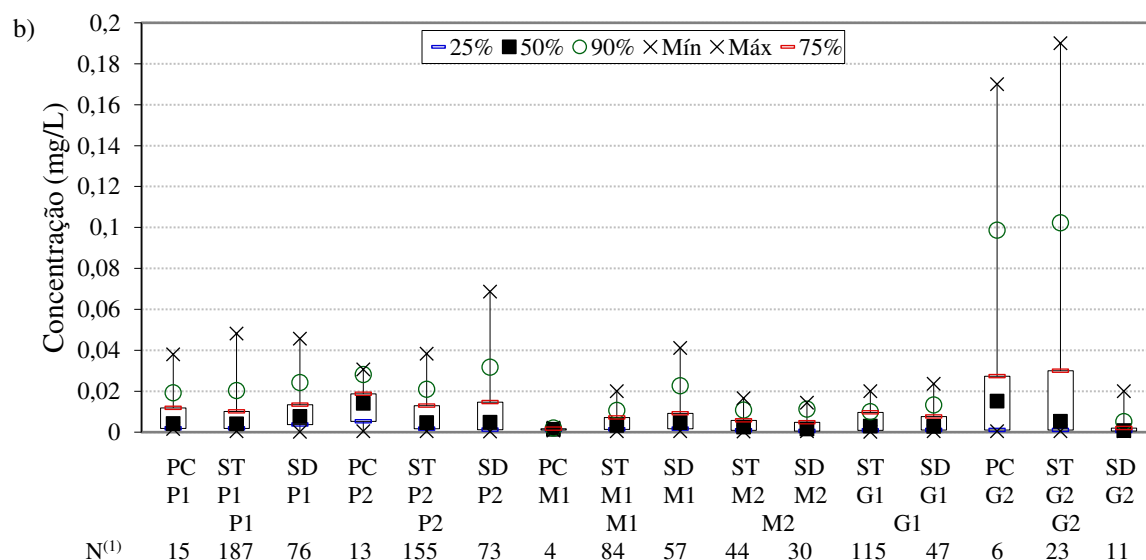
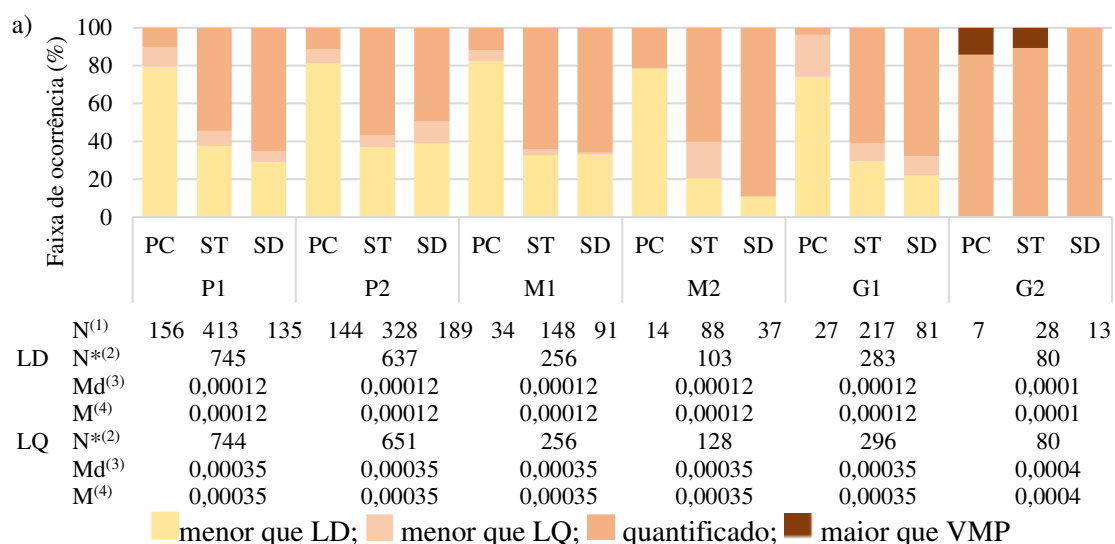
A avaliação da diferença entre as concentrações de THM na saída do tratamento e no sistema de distribuição indicou os seguintes resultados estatisticamente significativos: cidades de pequeno porte P1 ($p = 0,000$) e P2 ($p = 0,000$) e de médio porte M2 ($p = 0,000$). Observando a Figura 45b é possível notar que as maiores concentrações ocorreram no sistema de distribuição.

4.2.4.3. Ocorrência de trihalometanos na Região Centro Oeste

Em Goiás, a detecção de THM em pontos de captação foi, em geral, inferior a 30% dos dados, salvo no grupo G2, onde todas as amostras foram quantificadas. Nos demais pontos de amostragem, os percentuais de quantificação foram elevados, superiores a 50% dos dados, com destaque para o grupo G2, onde todas as amostras foram quantificadas e houve concentrações acima do VMP em pontos de captação e em saídas do tratamento. Na Figura 46b, percebe-se que ocorrência de THM acima do VMP em G2 se deu em 10% dos dados quantificados com máximo igual a 0,17 mg/L em PC e 0,19 mg/L em ST. Nos demais pontos de amostragem e grupos de porte municipais, as concentrações de THM foram inferiores a 0,08mg/L (Figura 46b).

O teste de Mood indicou diferença estatisticamente significativa entre as concentrações de THM em pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição apenas no grupo de cidades de porte P1 ($p = 0,006$).

Figura 46 - Ocorrência de trihalometanos em Goiás por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



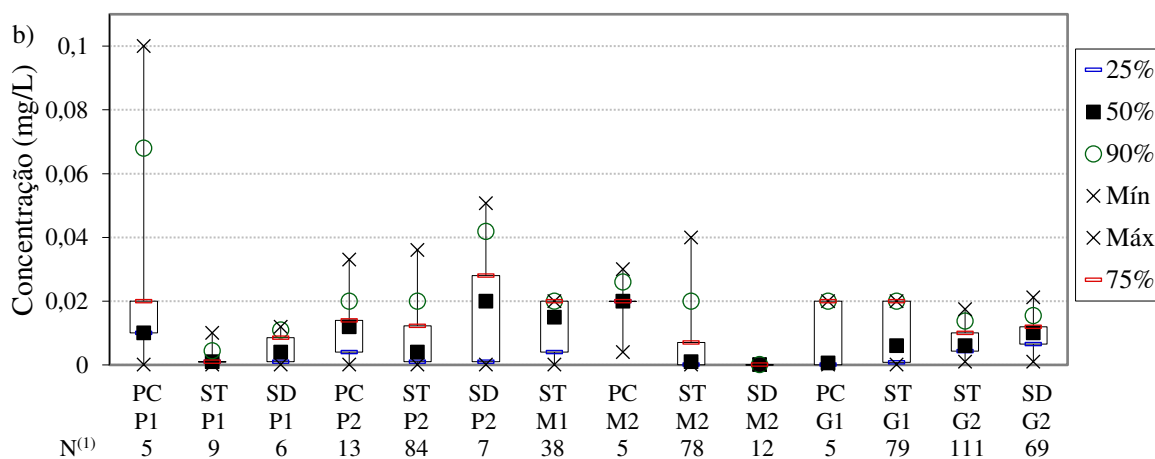
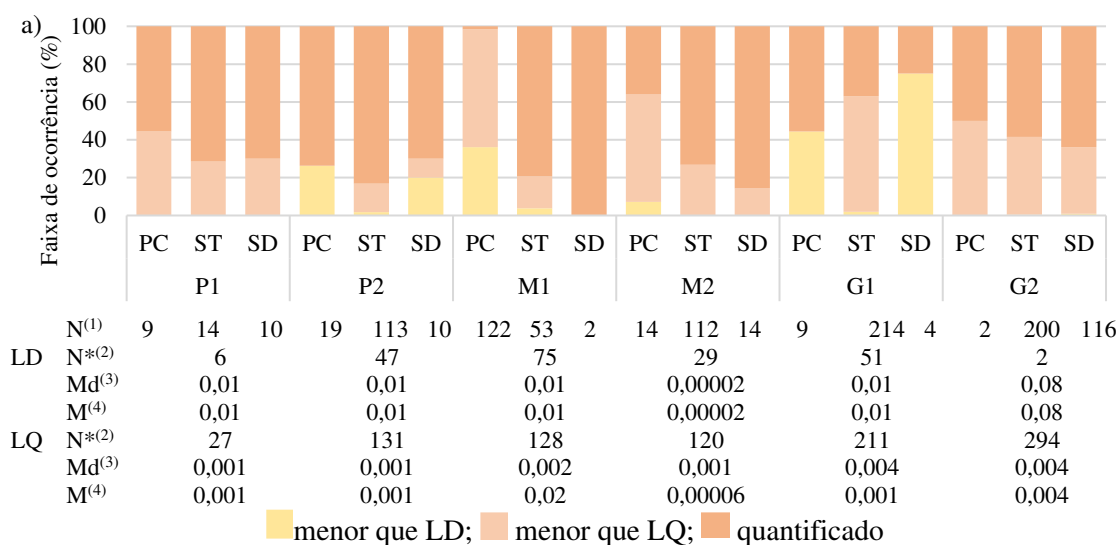
Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Nos estados de Mato Grosso (Figura 47) e Mato Grosso do Sul (Figura 48) não foram registrados resultados de quantificação superiores ao VMP. No Mato Grosso, em cidades dos grupos P1 e G2, houve detecção de THM em todas as amostras de todos os pontos de amostragem. Os percentuais de quantificação no estado variaram entre 36% e 100% (Figura

47a). A distribuição dos dados quantificados de ocorrência de THM está apresentado na Figura 47b, onde se percebe que a concentração máxima reportada foi igual a 0,1 mg/L em ponto de captação de município do grupo P1. Entretanto, a maior parte dos valores de concentração reportados no estado em todos os pontos de amostragem e grupos de porte municipal estiveram abaixo de 0,06 mg/L (Apêndice D).

Figura 47 - Ocorrência de trihalometanos no Mato Grosso por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

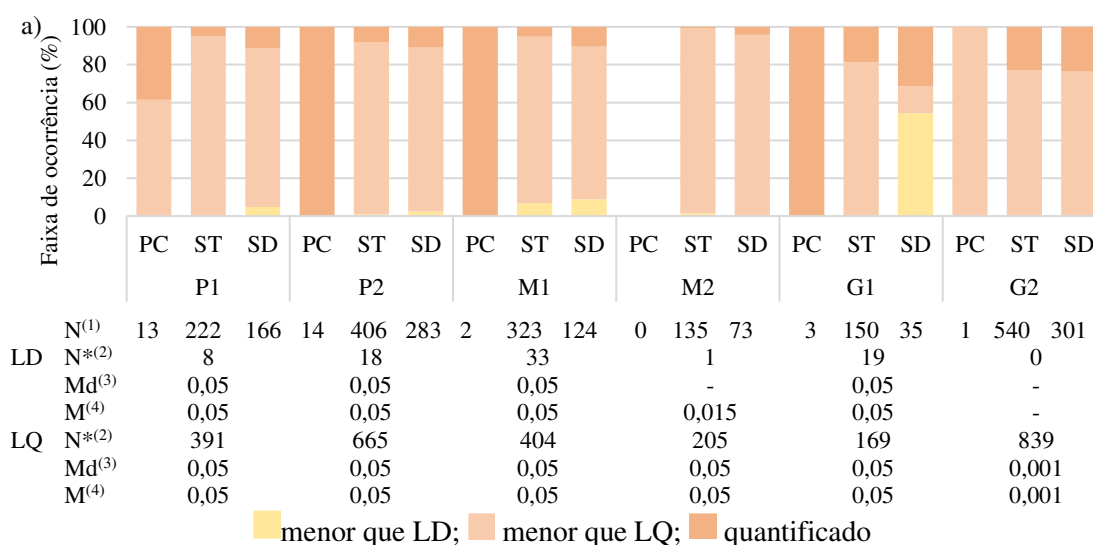
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

No estado do Mato Grosso, a avaliação da diferença entre as concentrações de THM no ponto de saída do tratamento e sistema de distribuição indicou diferença estatisticamente significativa nos grupos de porte médio M2 ($p = 0,000$) e grande G2 ($p = 0,000$). Nota-se que

em M2 a mediana correspondente aos sistemas de distribuição foi menor a mediana dos dados de saída do tratamento.

A detecção de THM no Mato Grosso do Sul se deu em mais de 90% dos dados, em quase todos os pontos de amostragem e grupos de portes de cidade; a exceção ocorreu em sistemas de distribuição do grupo G1, onde a detecção foi de aproximadamente 45%. A quantificação, exceto nos pontos de captação, onde houve menor número de dados analisados, variou entre 5% e 11% em cidades de pequeno e médio porte (Figura 48a). Cabe destacar os valores das modas e medianas do limite de quantificação, que, à exceção dos grupos de cidades grande porte, foram mais altos que os geralmente encontrados em outros estados (Figura 48a). Portanto, infere-se que um valor de LQ inferior possivelmente resultaria em maior quantificação de dados. Observando a Figura 48b percebe-se que o valor máximo de concentração encontrado no estado foi igual a 0,1 mg/L em ponto de captação de municípios de porte P1 e em saída do tratamento em municípios de porte G1. Contudo, a maioria dos valores de concentração de THM reportados no Mato Grosso do Sul foram inferiores a 0,06 mg/L (Figura 48b). O teste de Mood para medianas indicou diferenças estatisticamente significativas entre pontos de sistema de distribuição e saída do tratamento em grupos de municípios de porte M1 ($p = 0,001$) e G2 ($p = 0,009$).

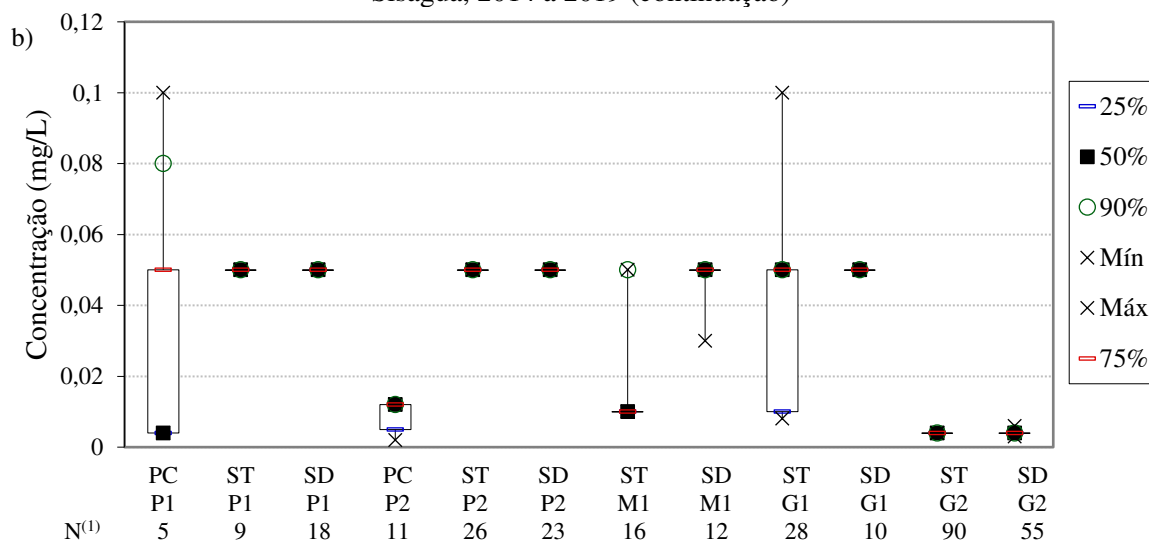
Figura 48 - Ocorrência de trihalometanos no Mato Grosso do Sul por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Figura 48 - Ocorrência de trihalometanos no Mato Grosso do Sul por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019 (continuação)



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

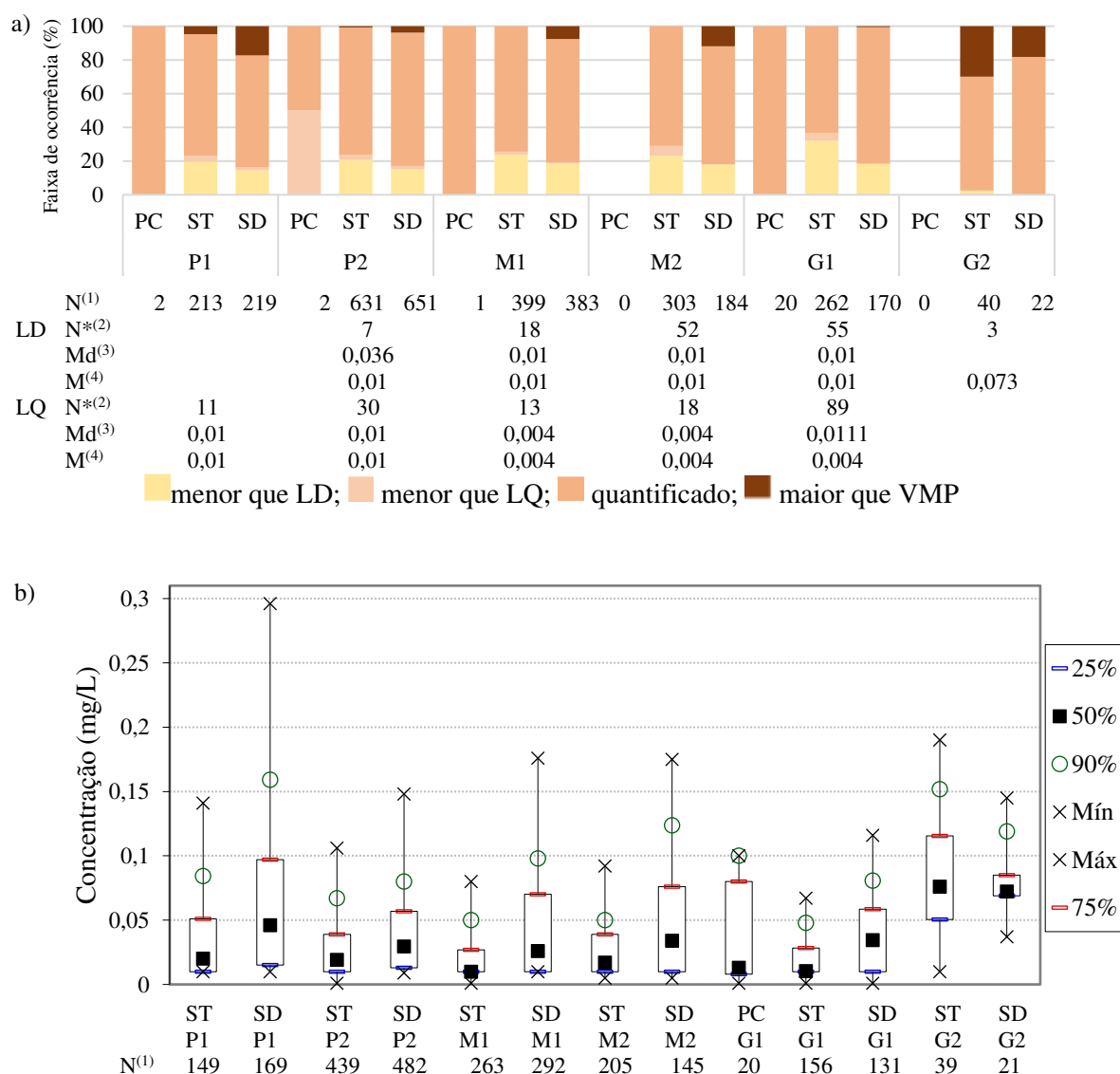
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.4.4. Ocorrência de trihalometanos na Região Nordeste

A detecção de THM na Bahia foi superior a 67% em todos os pontos de amostragem, com quantificações de no mínimo 64% em saídas de tratamento e em sistemas de distribuição (Figura 49a). Valores acima do VMP ocorreram: (i) na saída de tratamento e em sistemas de distribuição de cidades dos grupos P1, P2 e G2; e (ii) em sistemas de distribuição de cidades dos grupos M1, M2 e G1, em ambos os casos entre 0,5% e 30% dos dados (Figura 49a).

Analisando a Figura 49b, percebe-se que, entre os dados quantificados, concentrações superiores ao VMP (0,1 mg/L) ocorreram em: (i) mais de 25% dos dados na saída do tratamento em municípios de grande porte G2; (ii) aproximadamente 25% dos dados em municípios de pequeno porte P1 no sistema de distribuição; (iii) entre 10% e 25% dos dados em sistemas de distribuição de municípios de porte M2 e G2; (iv) 10% dos dados em sistemas de distribuição em municípios de porte M1; (v) menos de 10% dos dados na saída do tratamento de municípios de porte P1 e P2 e no sistema de distribuição de P2. O valor de concentração máximo reportado no estado chegou a 0,3 mg/L em SD P1 (Figura 49b).

Figura 49 - Ocorrência de trihalometanos na Bahia por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

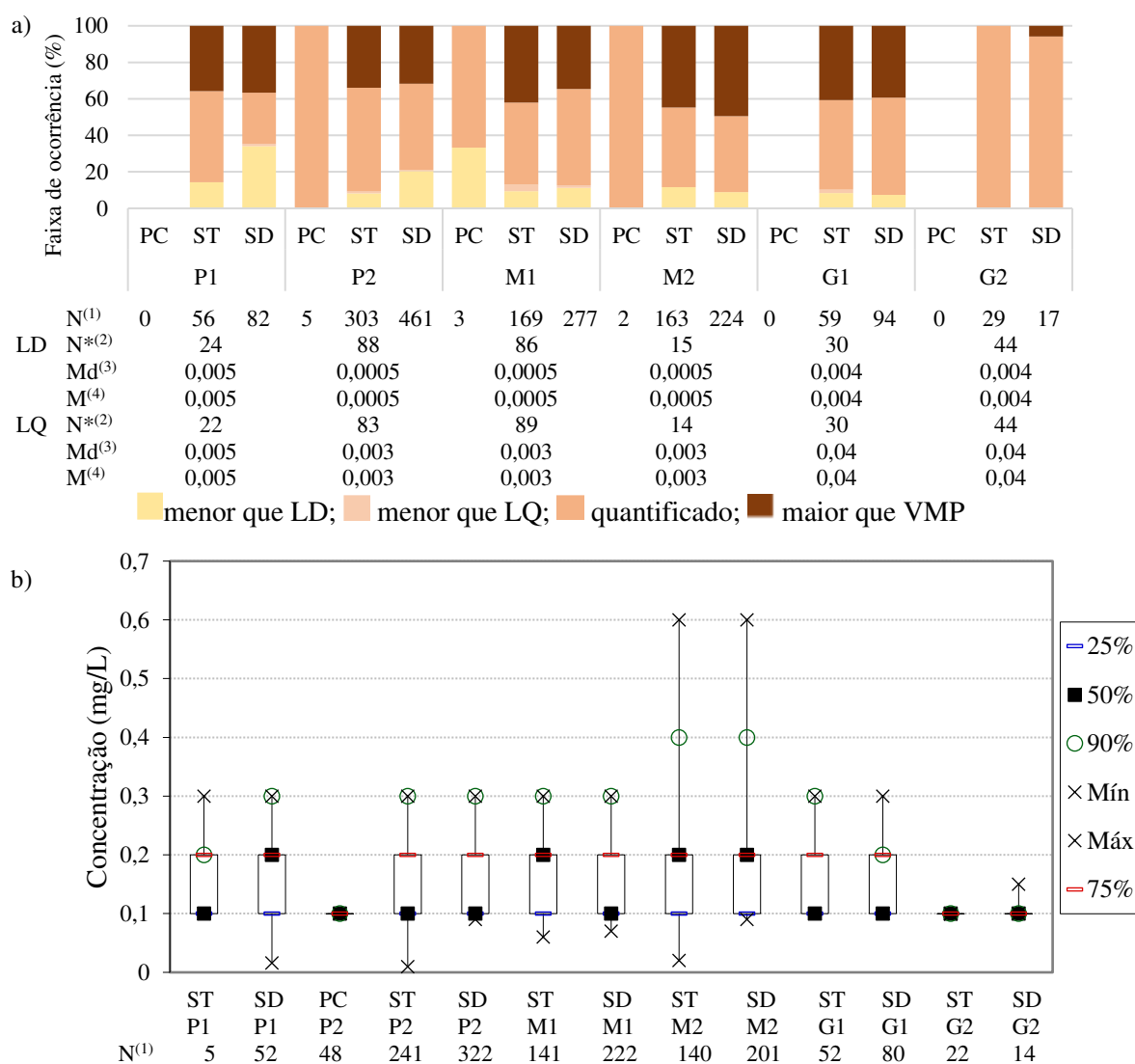
A diferença entre as concentrações de THM reportados para pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição foi estatisticamente significativa para os seguintes grupos de porte de municípios: P1 ($p = 0,001$), P2 ($p = 0,000$), M1 ($p = 0,000$), M2 ($p = 0,015$) e G1 ($p = 0,000$). Na Figura 49b é possível perceber que nesses grupos de porte de cidades as concentrações reportadas no sistema de distribuição foram superiores às na saída do tratamento.

No estado da Bahia, em suma, nota-se um percentual considerável de dados de concentração de THM superiores ao VMP, o que sugere análise mais aprofundada das possíveis

causas para a ocorrência de THM em tais níveis no estado visando minimizar a formação desse PSD.

No Ceará, THM foram quantificados em percentuais superiores a 65% em todos os pontos de amostragem. Valores superiores ao VMP foram reportados na saída do tratamento e em sistemas de distribuição de todos os portes municipais, exceto na saída do tratamento em G2, onde 100% dos dados foram quantificados, porém abaixo de 0,1 mg/L (VMP) (Figura 50a).

Figura 50 - Ocorrência de trihalometanos no Ceará por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

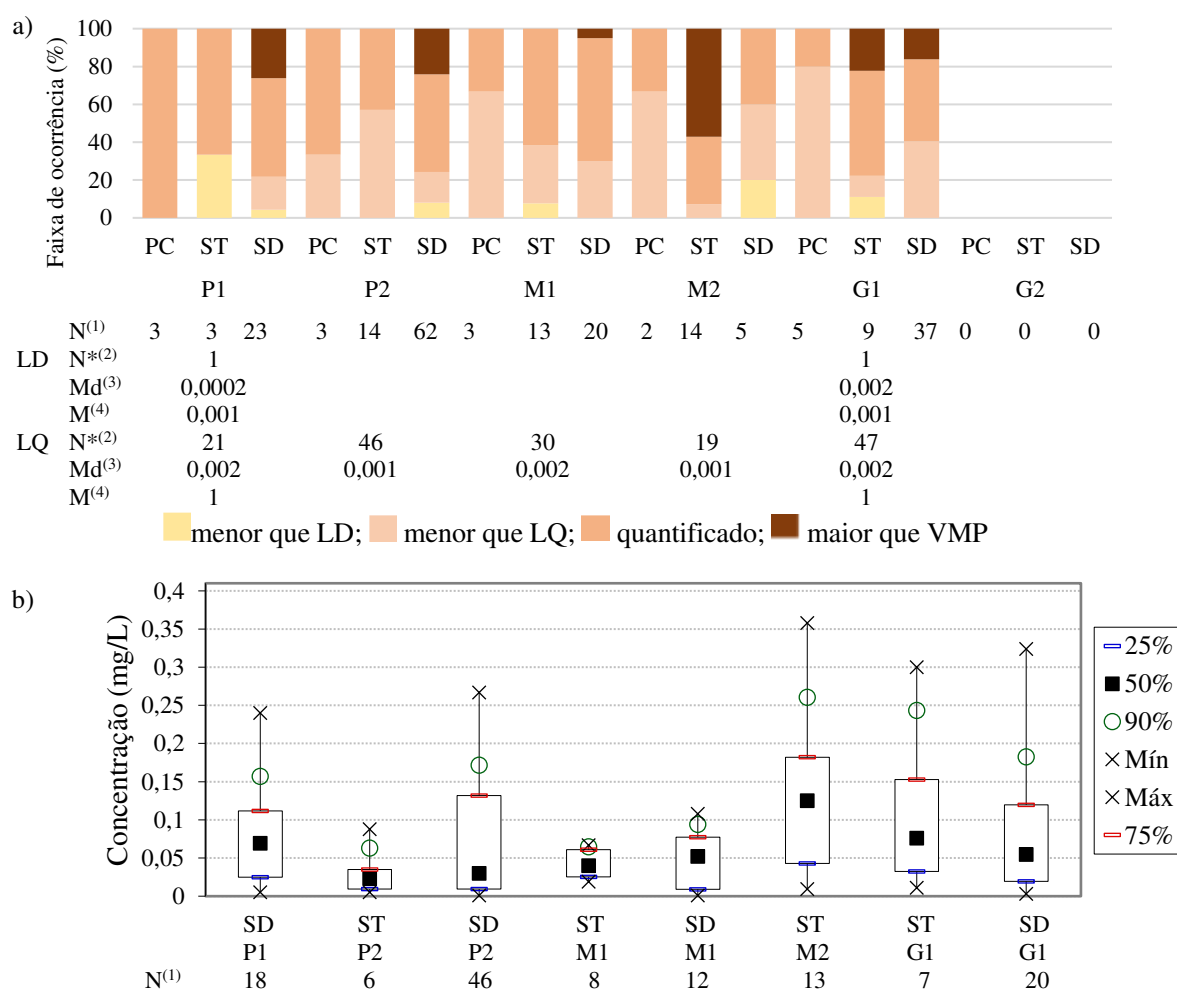
Na Figura 50b nota-se que a mediana, na grande maioria dos pontos de amostragem, é igual ao VMP (0,1 mg/L) (o mesmo pode ser observado no Apêndice D); nota-se ainda que os valores máximos, em sua maioria, foram registrados em torno de 0,3 mg/L, chegando a 0,6 mg/L em municípios de médio porte M2 em ST e SD (Figura 50b). O teste de Mood não indicou diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações reportadas nos pontos de saída do tratamento e em sistemas de distribuição em nenhum grupo de porte de cidades.

O elevado percentual de quantificação de THM no Ceará em valores superiores ao VMP estabelecido como padrão de potabilidade, e em concentrações muito elevadas, com no mínimo 50% dos dados superiores ao VMP em todos os pontos de amostragem e portes municipais (Figura 50b), serve como sinal de alerta para a qualidade da água fornecida no estado em termos de PSD. Seria importante um levantamento das possíveis causas de ocorrência de THM em concentrações tão elevadas, com o objetivo de adequar os processos de tratamento da água nas ETAs do estado para que a formação desse PSD seja minimizada.

No Sergipe, a detecção de THM foi superior a 67% dos dados em todos os cenários analisados, com quantificação na saída do tratamento e em sistemas de distribuição na faixa de 40 a 80% dos dados. Valores acima do VMP foram reportados na saída do tratamento em M2 e G1 e em sistemas de distribuição em P1, P2, M1 e G1 (Figura 51a). Na Figura 51b, percebe-se que em sistemas de distribuição dos grupos P1, P2, e G1, e na saída do tratamento em G1, a frequência de dados quantificados acima do VMP esteve entre 25 e 50%, e um pouco acima de 50% na saída do tratamento em M2. Os valores máximos quantificados em concentrações acima do VMP superaram 0,3 mg/L (Figura 51b). O teste de Mood não indicou diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações reportadas nos pontos de saída do tratamento e nos sistemas de distribuição em nenhum grupo de porte de cidades.

Revela-se no Sergipe um cenário parecido ao da Bahia, com violação do VMP para THM em frequência e em valores elevados, suscitando a necessidade de investigação das causas da formação desse PSD em valores tão elevados.

Figura 51 - Ocorrência de trihalometanos no Sergipe por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação (a) e distribuição de frequência dos dados quantificados (b), Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

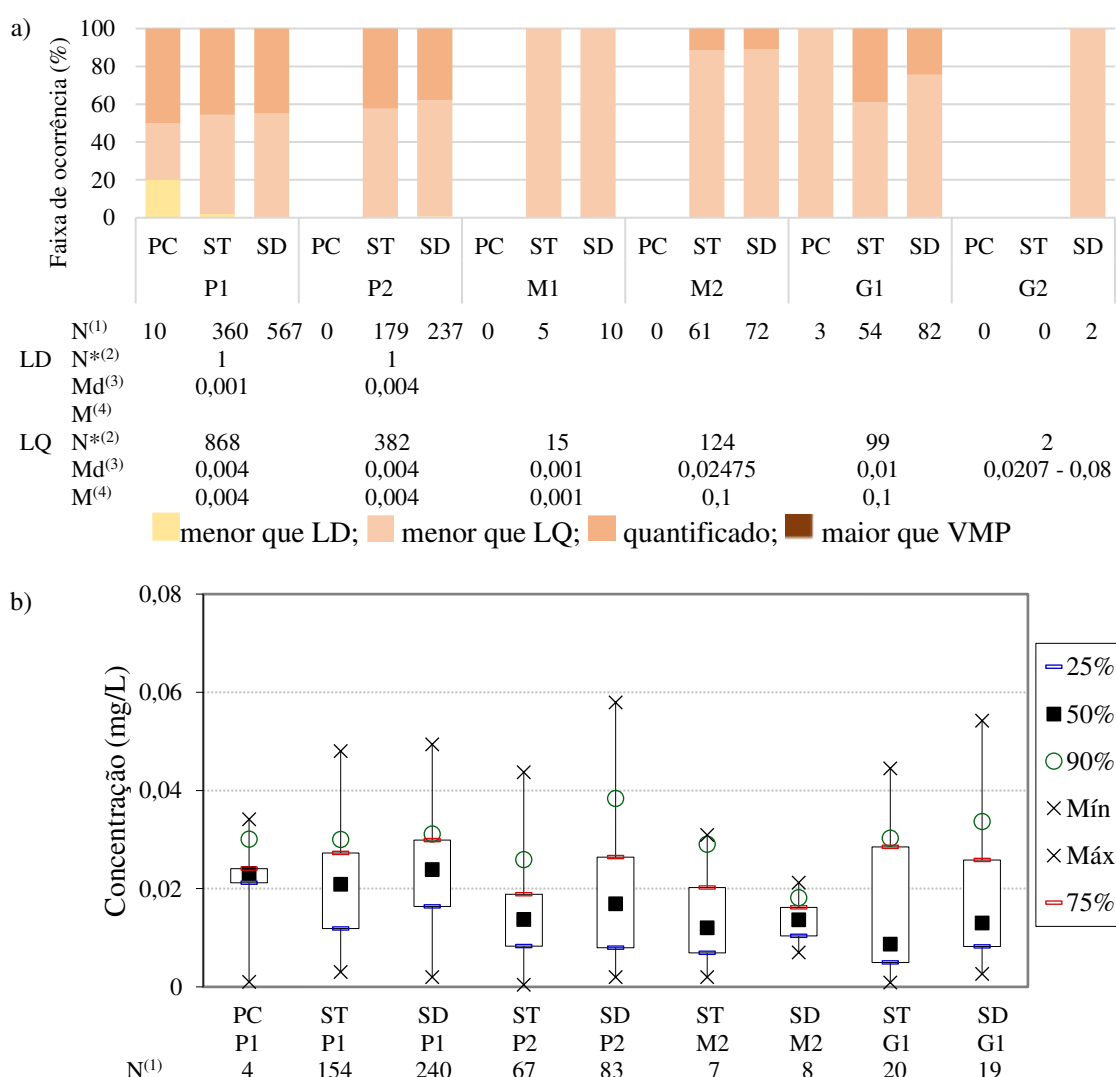
(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.4.5. Ocorrência de trihalometanos na Região Norte

O estado do Tocantins destacou-se pelo elevado número de cidades que informam dados no Sisagua; além disso, as informações no estado como um todo correspondem a 40% a 80% do requerido para monitoramento na saída do tratamento e entre 30% e 60% no sistema de distribuição; mais especificamente, nos grupos de cidades P1, P2 e M1 as informações alcançaram 80% do total requerido pela norma. Sendo este um dos estados com banco de dados mais representativo, THM foram detectados na quase a totalidade das amostras analisadas na saída do tratamento e em sistema de distribuição. As maiores faixas de quantificação ocorreram nos grupos P1 e P2, enquanto em M1 e G2 não houve detecção (Figura 52a). Os valores de

concentração de THM reportados no estado do Tocantins não superaram o VMP (0,1 mg/L) estabelecido como padrão de potabilidade no Brasil, sendo que a concentração máxima reportada do estado foi inferior a 0,06 mg/L (Figura 52b). O teste de Mood indicou diferença estatisticamente significativa entre as concentrações reportadas nos pontos de saída do tratamento e nos sistemas de distribuição no grupo de porte de cidades P1 ($p = 0,01$).

Figura 52 - Ocorrência de trihalometanos no Tocantins por ponto de amostragem e porte de município, ocorrência percentual de dados de não detecção e de detecção / quantificação, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; (2) Número de dados de LD ou LQ informados; (3) Mediana; (4) Moda. ST: saída do tratamento; SD: sistema de distribuição; PC: ponto de captação; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

4.2.4.6. Síntese da avaliação da ocorrência de trihalometanos no Brasil

O monitoramento de THM em água bruta, apesar de não ser exigência de norma, foi realizado em diversos estados e municípios. Os resultados mostraram ocorrência de THM no ponto de captação, em valores quantificáveis e até mesmo acima do máximo permitido para potabilidade da água, como, por exemplo nos estados do Espírito Santo, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Santa Catarina. Inicialmente esse resultado não seria esperado (WHO, 2022), uma vez que os THM são subprodutos da desinfecção, formados, portanto, no processo de tratamento da água e no sistema de distribuição de água tratada. Porém, algumas das substâncias que compõem o grupo THM são utilizados industrialmente e podem, portanto, ocorrer na água como decorrência de poluição. Um exemplo seria o clorofórmio, que é um importante solvente de extração para resinas, gomas, entre outros produtos, além de subproduto do branqueamento na indústria de papel. Por sua vez, THM bromados têm sido usados como reagentes em laboratórios, fluido para separação de mineral do minério, solvente e retardador de chamas (MINISTRY OF HEALTH, 2019).

Resultados de ocorrência de THM em pontos de captação em concentrações superiores àquelas reportadas em pontos de saída do tratamento foram registrados nos seguintes estados e grupos de porte de cidades: (i) pequeno porte P1, nos estados do Mato Grosso (Figura 47b), Mato Grosso do Sul (Figura 48b), Minas Gerais (Figura 38b) e Bahia (Figura 49b); (ii) pequeno porte P2 no Espírito Santo (Figura 37b); (iii) médio porte M1 no Rio de Janeiro (Figura 40b) e Santa Catarina (Figura 45b); (iv) médio porte M1 e M2 no Rio Grande do Sul (Figura 44b); (v) G1 na Bahia (Figura 49b). Esses resultados poderiam sugerir que houve redução dos teores de THM entre o ponto de captação e a saída do tratamento. Estudos em escala de bancada indicam que a utilização de carvão ativado e agitação podem remover THM da água. Franco (2018) estudou, em escala de bancada, como pós-tratamento, a retenção de PSD em filtro de carvão ativado com amostras de água com concentrações iniciais de THM iguais a 0,100 mg/L e 0,150 mg/L. As amostras passaram por filtração sob pressão em filtro de velas comercialmente disponíveis e os resultados indicaram remoções médias de THM de cerca de, respectivamente 94% e 81%. No mesmo estudo, em ensaios de agitação da água, as amostras foram levadas a um *shaker* por 30 minutos, 300 rpm, em Erlenmeyers sem vedação, em temperatura ambiente (25°C). Devido à natureza volátil dos THM, os resultados indicaram remoção de cerca de 80% e 60% nas amostras com concentração inicial de, respectivamente, 0,100 mg/L e 0,150 mg/L (FRANCO, 2018). Os resultados obtidos por Franco (2018) indicam que o carvão ativado é uma boa alternativa para remoção de THM da água. Apesar disso, assim como observado no

caso do AHA, não é possível afirmar se nas ETAs onde a concentração de THM no ponto de captação foi superior à na saída do tratamento, houve de fato remoção, pois: (i) o banco de dados não contemplou amostras pareadas de entrada e saída das ETAs (ii) não foram acessadas informações sobre os processos de tratamento das ETAs, por exemplo, onde eventualmente se utiliza carvão ativado. Contudo, é plausível que a volatilização possa ser um mecanismo que atue na remoção de THM previamente à etapa de desinfecção na ETA.

Em revisão de literatura incluindo estudos realizados no Brasil a partir do ano de 2002, observam-se resultados, em sua maioria, de acordo com o valor estabelecido com padrão de potabilidade no Brasil: 0,1 mg/L (ver item 2.5). Entretanto, concentrações acima do VMP foram encontrados nos seguintes estudos (na maioria, pouco acima do VMP): (i) em Rondônia, onde a concentração máxima de THM total chegou a 0,115 mg/L já no reservatório e em período de estiagem (LEÃO, 2008); (ii) em Santa Catarina, com detecção de THM entre 0,079 e 0,282 mg/L em um sistema inserido em um ambiente propício ao acúmulo matéria orgânica natural na água (BUDZIAK; CARASEK, 2007); (iii) em ETA localizada em região metropolitana com pré-oxidação com dióxido de cloro ou cloro gasoso, Alvarenga (2010) detectou THM com mediana de 0,087 mg/L na saída do tratamento e 0,155 mg/L no sistema de distribuição; (iv) em São Paulo foi detectada presença de clorofórmio em concentrações de até 0,111 mg/L em um sistema de distribuição (COSTA Junior, 2010); (v) no Ceará, Nogueira (2011) detectou THM na rede de abastecimento, com média aritmética igual a 0,134 mg/L e mediana igual a 0,114 mg/L.

Os dados do Sisagua revelaram que as medianas das concentrações de THM quantificadas no país em pontos de captação, em saídas do tratamento e em sistemas de distribuição de água estiveram, em sua maioria, abaixo de 0,05 mg/L (metade do VMP), (Apêndice D). Porém, apenas nos estados do Rio de Janeiro, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná e Tocantins não houve ocorrência desse subproduto da desinfecção em valores superiores ao VMP. Os piores cenários foram identificados nos seguintes estados: Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Ceará, Sergipe. Em sistemas de abastecimento de água no Espírito Santo, em praticamente todos os grupos de portes de cidades os valores do percentil 75 e do percentil 90 foram próximos ou superiores ao VMP de 0,1 mg/L, ou seja, entre 25% e 10% dos dados foram superiores ao VMP. Em São Paulo, o quadro é um pouco melhor, pois “apenas” o percentil 90 foi recorrentemente próximo ao VMP. Na Bahia, se volta a deparar com um cenário semelhante ao do Espírito Santo. Mas é no Ceará que se identifica o cenário mais preocupante: todos os valores de percentil 25 iguais ou próximos ao VMP; todas as medianas iguais ou

superiores ao VMP, algumas o dobro do VMP; praticamente todos os percentis 75 iguais ao dobro do VMP, vários percentis 90 duas ou até três vezes acima do VMP. No Sergipe revelou-se um cenário parecido ao da Bahia, com violação do VMP para THM em frequência e em valores elevados -vários percentis 75 e 90 acima do VMP, alguns bem acima.

Assim, como no caso dos AHA, nos locais onde houve detecção de THM em valores e frequência elevados, seria importante a investigação das causas e a identificação de medidas preventivas / corretivas. Também como já referido para os AHA, entre as medidas que podem ser adotadas a fim de reduzir a formação de THM se encontram: (i) remoção de precursores da formação de THM, por exemplo, com otimização do processo de coagulação; (ii) diminuição da dose de desinfetante empregada, porém sem comprometimento da desinfecção (WHO, 2022).

Assim como no caso dos AHA, foi avaliada a influência do porte populacional das cidades como um fator de ocorrência de THM acima do VMP, ou para maior quantificação desse subproduto da desinfecção. Para tanto, foi aplicada análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$). Os resultados indicaram que o porte não é fator estatisticamente significativo para a ocorrência de THM em valores quantificáveis ($p = 0,499$), ou superiores ao VMP ($p = 0,848$).

A ocorrência de THM em função da UF foi investigada da mesma forma descrita no parágrafo anterior para o porte populacional do município como variável dependente. Os resultados da análise de variância indicaram diferença estatisticamente significativa, tanto para a porcentagem de dados quantificados de THM ($p = 0,000$), quanto para o percentual acima do VMP na saída do tratamento ($p = 0,006$). Procedeu-se, então, após a análise de variância de Kruskal-Wallis, ao teste de Dunn, para avaliar diferenças estatisticamente significativas entre os estados. Os resultados apontaram diferenças significativas para ocorrência acima do VMP entre o estado do Ceará e: Rio Grande do Sul ($p = 0,0003$), Minas Gerais ($p = 0,0015$), Santa Catarina ($p = 0,0017$), Goiás ($p = 0,0024$), São Paulo ($p = 0,0048$) e Sergipe ($p = 0,0055$). Em relação à ocorrência de dados quantificados, os resultados foram estatisticamente significativos entre: (i) Mato Grosso do Sul e: Bahia ($p = 0,0001$), Sergipe ($0,0001$), Mato Grosso ($p = 0,0003$), Goiás ($p = 0,0006$) e Espírito Santo ($p = 0,0019$); (ii) Tocantins e: Bahia ($p = 0,0003$), Sergipe ($0,0007$) e Mato Grosso ($p = 0,0019$); (iii) Rio de Janeiro e: Bahia ($p = 0,005$), Sergipe ($p = 0,0008$) e Mato Grosso ($p = 0,0020$). As diferenças foram mais diversificadas do que no caso dos AHA, mas ainda assim os resultados não permitem inferências mais nítidas.

A influência das variáveis de qualidade da água, disponíveis no Sisagua (pH, cor e cloro residual livre (CRL)), na formação de THM foi verificada com testes de correlação de Spearman ($\alpha = 0,05$). Avaliou-se a ocorrência de pH, CRL e cor na saída do tratamento, em percentuais de acordo (ou não) com o permitido ou recomendado na norma brasileira de qualidade da água para consumo humano, e sua correlação com percentuais de valores quantificados de THM ou superiores ao VMP. As faixas de ocorrência das variáveis de qualidade da água aqui consideradas foram: (i) CRL residual livre em faixas de valores acima 5,0 mg/L, entre 2 e 5 mg/L e menor que 0,2 mg/L; (ii) pH maior que 9 ou menor que 6; e (iii) cor aparente maior que 15 uH. Os resultados das faixas de ocorrência dessas variáveis de qualidade da água estão apresentados no Apêndice E. Adicionalmente, o teste foi realizado com os dados de ocorrência de THM em sistemas de distribuição (porcentagens quantificadas e percentuais acima do VMP), como um indicativo do tempo como fator de formação de THM. Os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados do teste de correlação de Spearman entre ocorrência de THM e variáveis de qualidade da água, Sisagua, 2014 a 2019

THM	Parâmetro estatístico	THM		pH (%)		CRL (%)		Cor (%)
		Maior que VMP (SD)	Maior que 9	Menor que 6	Menor que 0,2 (mg/L)	Entre 2 e 5 (mg/L)	Maior que 5 (mg/L)	Maior que 15 (uH)
Maior que VMP (ST)	coeficiente de Spearman	0,724	0,048	-0,316	- 0,097	0,381	0,444	0,324
	p	0,000	0,674	0,005	0,398	0,001	0,000	0,004
Quantificado (ST)	Coeficiente de Spearman	0,731	0,053	0,000	0,105	0,165	0,386	0,155
	p	0,000	0,646	0,997	0,365	0,152	0,001	0,179

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020).

À exemplo dos AHA, correlações significativas ($p = 0,000$) e elevadas (coeficiente de Spearman $r_s \approx 0,7$) foram encontradas entre os percentuais de dados maiores que o VMP na saída do tratamento e nos sistemas de distribuição, o que pode ser interpretado como indicativo da continuidade da formação de THM na rede de distribuição.

Foi encontrada correlação negativa significativa entre valores de pH abaixo de 6 e a ocorrência de THM acima do VMP na saída do tratamento, sugerindo (confirmando informações de literatura - ver ítem 2.3.3) que a formação de THM é favorecida em valores mais elevados de pH. Entretanto a correlação se mostrou fraca ($r_s \approx -0,3$), indicando que há outros fatores intervenientes na formação dos THM.

Em relação aos teores de cloro, foram encontradas correlações significativas, positivas, mas moderadas ($r_s \approx 0,4$) nas seguintes situações: (i) CRL entre 2 e 5 mg/L e CRL > 5 mg/L e a ocorrência de THM acima do VMP na saída do tratamento; (ii) CRL > 5 mg/L e a ocorrência de THM em percentuais mais elevados de quantificação na saída do tratamento. Assim como no caso dos AHA, mas talvez de forma mais nítida, esses resultados confirmam o esperado, uma vez que quanto maior a concentração de cloro residual livre, maior a probabilidade de formação de THM.

No caso da cor, diferentemente dos AHA, houve diferença estatisticamente significativa, positiva, entre valores de cor acima de 15 uH. e ocorrência de THM acima do VMP na saída do tratamento (correlação relativamente fraca, entretanto; $r_s \approx 0,4$).

Como mencionado no item 2.3.5, espera-se que a temperatura seja um fator que influencie na formação de THM e AHA, ou seja, temperaturas mais elevadas, favoreceriam a formação do PSD. As temperaturas médias históricas dos estados aqui abordados (entre 1961 e 1990) e as temperaturas mínimas e máximas entre os anos de 2014 e 2019 estão apresentadas no Apêndice F. De forma geral, maiores variações da temperatura média entre meses de verão e inverno aconteceram nos estados da região Sul do Brasil, além dos estados do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Nos estados de Goiás e na Bahia, nos meses de junho e julho também são observadas temperaturas médias baixas (Apêndice F).

Na Tabela 8 apresentam-se dados de ocorrência de THM, em termos de medianas, nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro e março) e inverno (junho, julho, agosto e setembro) nos estados brasileiros; apresentam-se ainda os resultados do teste estatístico (teste de Mood) para verificação de diferenças entre as medianas (valor de p). Percebe-se que as diferenças foram estatisticamente significativas nos seguintes estados: Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. No estado de Mato Grosso, apesar de certa regularidade de temperatura média durante os meses de verão e de inverno, houve diferenças estatisticamente significativas. Por sua vez, nos estados do Paraná, Minas Gerais e Rio de Janeiro esperava-se que pudesse haver diferenças estatisticamente significativas entre as medianas de verão e inverno, mas isso não foi observado. Assim como discutido para a ocorrência de AHA, em meses de verão e inverno, outros fatores intervenientes da formação de THM e AHA, que não a temperatura, poderiam estar relacionados a esses resultados fora do esperado. No entanto, uma discussão mais aprofundada apenas seria possível com as informações de ocorrência, por exemplo, de matéria orgânica natural, além dos valores

de pH e de concentração de cloro residual livre na água no momento da amostragem para análise de THM.

Tabela 8 - Resultados do teste de Mood ($\alpha = 0,05$) para avaliação da diferença entre as medianas de THM em meses de verão e de inverno, Sisagua, 2014 a 2019

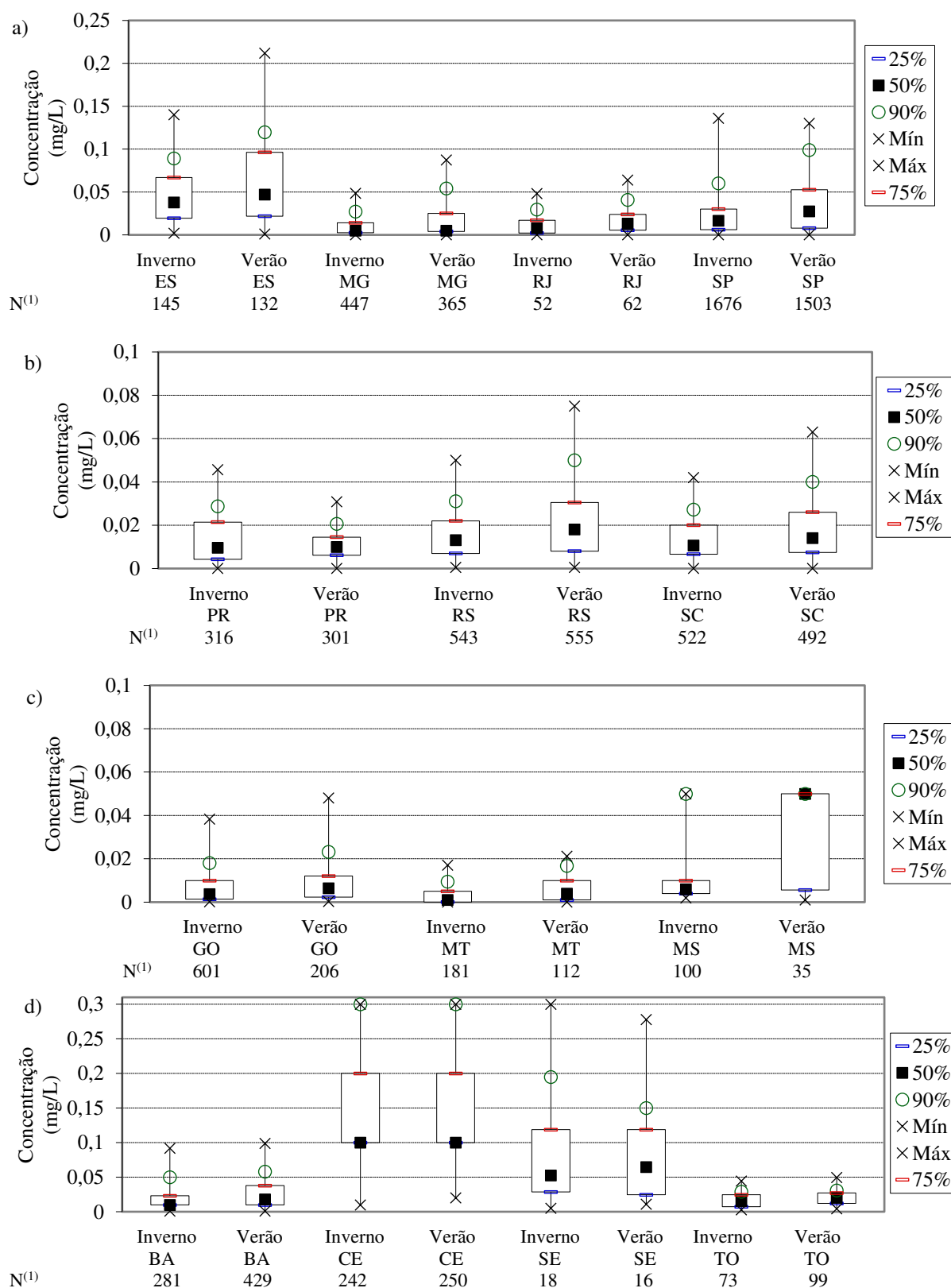
UF	p-valor	Verão		Inverno	
		Mediana (mg/L)	Intervalo de Confiança de 95% da mediana (mg/L)	Mediana (mg/L)	Intervalo de Confiança de 95% da mediana (mg/L)
SP	0,000	0,027	(0,025;0,03)	0,016	(0,015;0,018)
RJ	0,081	0,013	(0,008;0,016)	0,008	(0,005;0,012)
MG	0,994	0,005	(0,004;0,01)	0,005	(0,004;0,008)
ES	0,133	0,047	(0,036;0,057)	0,037	(0,029;0,043)
PR	0,658	0,01	(0,008;0,08)	0,01	(0,007;0,01)
RS	0,001	0,018	(0,016;0,02)	0,013	(0,011;0,015)
SC	0,000	0,014	(0,013;0,016)	0,011	(0,009;0,011)
GO	0,006	0,006	(0,005;0,008)	0,004	(0,003;0,004)
MT	0,039	0,004	(0,002;0,005)	0,001	(0,001;0,004)
MS	0,000	0,05	(0,011;0,05)	0,006	(0,004;0,01)
BA	0,000	0,018	(0,016;0,021)	0,01	(0,01;0,01)
CE	0,447	0,1	(0,1;0,2)	0,1	(0,1;0,1)
SE	0,492	0,064	(0,025;0,118)	0,052	(0,032;0,112)
TO	0,44	0,02	(0,016;0,023)	0,015	(0,011;0,022)

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020) e CPTEC/INPE (2022).

O estado do Ceará, onde se nota alguma regularidade nas temperaturas nos meses de verão e de inverno (Apêndice F), e em que não se demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações de THM reportadas em ambas estações (Tabela 8), se destacou ainda por apresentar: maior porcentagem de valores de THM superiores ao VMP em todos os portes populacionais (Figura 50), com exceção de G2; ocorrência de CRL maior que 2 mg/L em mais de 79% dos dados; ocorrência de cor maior que 15 uH em mais de 18% dos dados (exceto em G2) (Apêndice E). Esses dois fatores, cloro residual livre e cor, associados às elevadas temperaturas registradas no estado, poderiam ajudar a explicar essa maior ocorrência de dados acima do VMP.

NA Figura 53 apresenta-se a distribuição das concentrações de THM reportadas em cada UF nos meses de verão e inverno.

Figura 53- Concentrações de ocorrência de trihalometanos no Brasil em meses de verão e de inverno nos estados da Região Sudeste (a), Região Sul(b), Região Centro-Oeste (c), Região Nordeste e Norte, Sisagua, 2014 a 2019



Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (BRASIL, 2020) e CPTEC/INPE (2022).

(1) Número de dados de monitoramento considerados; 25%: percentil 25% ou primeiro quartil; 50%: percentil 50% ou mediana; 90%: percentil 90%; Mín: mínimo; Máx: máximo; 75%: percentil 75% ou terceiro quartil.

Nota-se na Figura 53 que, em geral, no verão há percentuais de concentrações de THM mais elevados que no inverno (terceiro quartil e percentil 90); as exceções ocorrem em três estados, sendo que em todos estes o teste de Mood não revelou diferenças estatisticamente significativas entre as medianas de verão e inverno (Tabela 8): (i) Paraná, onde não houve concentrações superiores ao VMP (0,1 mg/L), mas valores mais elevados ocorreram no inverno (Figura 53b); (ii) Ceará, onde a distribuição dos dados aconteceu de forma semelhante entre verão e inverno, com mais de 75% dos dados de concentração superiores ao VMP (Figura 53d); (iii) Sergipe, que apresentou valores de terceiro quartil e percentuais de dados superiores ao VMP (0,1 mg/L) semelhantes no verão e no inverno, porém o percentil 90 e valor máximo reportados no inverno foram superiores aos de verão (Figura 53d). Além dos estados de Sergipe e Ceará, também foram reportadas concentrações superiores ao VMP nos estados do Espírito Santo e São Paulo, com maiores percentuais de ocorrência no verão do que no inverno (Figura 53a).

Em suma, à semelhança dos AHA, em termos gerais, os resultados indicam que o controle dos processos de tratamento da água, no que diz respeito a formação de THM, deve ser feito com o mesmo rigor ao longo de todo o ano.

5. CONCLUSÕES

A base de dados do Sisagua, apesar de não fornecer informações para a totalidade dos municípios brasileiros, é uma importante ferramenta para conhecimento da qualidade da água tratada no país.

Os estados do Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Mato Grosso do Sul, e Tocantins destacaram-se por apresentar maior percentual de municípios informantes em todos os portes populacionais, bem como maiores percentuais de dados de monitoramento de PSD próximos ao exigido na Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5/2017, principalmente na saída do tratamento.

Não foram registrados valores de clorito e bromato acima do valor máximo permitido (VMP) no Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5/2017. A ocorrência de 2,4,6-triclorofenol (2,4,6-T) no Brasil se deu em valores superiores ao VMP (0,2 mg/L) em raríssimas exceções.

Ácidos haloacéticos (AHA) em valores superiores ao VMP (0,08 mg/L) foram registrados na grande maioria dos estados brasileiros considerados nesse estudo, com exceção de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Percentuais mais elevados de quantificação de AHA, em valores próximos ou maiores que o VMP, ocorreram nos estados do Espírito Santo, Bahia e Sergipe, com destaques, negativos para Bahia e Sergipe.

Entre os estados brasileiros considerados nesse estudo, a ocorrência de trihalometanos (THM) em valores superiores ao VMP (0,1 mg/L), não foi observada apenas nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio de Janeiro e Tocantins. Percentuais mais elevados de quantificação de THM, em valores próximos ou acima do VMP, foram registrados nos estados do Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Ceará e Sergipe, com destaque para o Ceará.

Os resultados de ocorrência de THM e AHA no Brasil indicam a necessidade de medidas que diminuam a formação desses PSD nos locais onde as concentrações reportadas foram em frequência e valores elevados, mais particularmente, valores próximos ou superiores ao VMP estabelecido como padrão de potabilidade no Brasil. Nesse sentido cabem ainda alguns destaques: (i) São Paulo, por apresentar valores de AHA e THM superiores ao VMP em grande parte dos pontos de amostragem e grupos de porte de municípios; (ii) Espírito Santo, Bahia e Sergipe, que apresentaram elevados percentuais de quantificação de AHA e THM em valores superiores ao VMP, por vezes bem acima; (iv) Ceará, que não apresentou dados suficientes para análise da ocorrência de AHA, mas onde os dados de ocorrência de THM se mostraram

alarmantes, o que também demonstra a importância do conhecimento da situação da ocorrência de AHA no estado.

O porte dos municípios não demonstrou associação estatisticamente significativa com a ocorrência de 2,4,6-T, AHA e THM, o que poderia ser interpretado como a capacidade técnica de tratamento de água instalada nos municípios (recursos humanos e materiais) não ser fator determinante na formação de subprodutos da cloração. Diferenças estatisticamente significativas foram notadas para a ocorrência de 2,4,6-T, AHA e THM nos diferentes estados brasileiros. Isso poderia, em tese, estar relacionado a fatores locais, como, por exemplo, clima, ou mais especificamente a temperatura, e/ou, novamente, capacidade instalada de tratamento de água, mas os resultados não permitiram inferências nesse sentido.

A ocorrência de AHA e THM na saída do tratamento, e por conseguinte, nos sistemas de distribuição, em valores acima do VMP ou em percentuais mais elevados de dados quantificáveis, se mostrou correlacionada com a ocorrência de teores mais elevados de cloro (acima do VMP ou dos valores recomendados na norma brasileira), mais nitidamente no caso dos THM. A ocorrência de THM se mostrou correlacionada também com valores de cor mais elevados (acima do VMP do padrão organoléptico da norma brasileira). Isso pode ser interpretado como indicativo da importância do controle de percussores da formação de PSD, bem como do controle do processo de cloração.

A influência da temperatura na formação de THM e AHA, eventualmente refletida em diferenças sazonais entre meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro e março) e inverno (junho, julho, agosto e setembro), não foi observada de forma clara, o que pode ser devido a preponderância de outros fatores na formação de THM e AHA, que não a temperatura.

Os resultados aqui reunidos servem como varredura inicial sobre a ocorrência de PSD no país e como importante sinalização, inclusive para a Vigilância, de situações e locais que demandam maior atenção e, eventualmente, a implementação de medidas preventivas ou corretivas, como, por exemplo, alterações nos planos de amostragem e intervenções nos processos de tratamento de água.

6. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, J. A. **Avaliação da formação de subprodutos da cloração em água para consumo humano**. 2010. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010.

ATSDR – Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **ATSDR public health assesment guidance manual**. 1992.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 – ANEXO XX**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 out. 2017. Seção 1, p. 360.

BRASIL – Ministério da Saúde – Portal Brasileiro de Dados Abertos. Disponível em: https://dados.gov.br/organization/ministerio-da-saude-ms?q=sisagua&sort=score+desc%2C+metadata_modified+desc. Acesso em: 20 out. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 – ANEXO XX**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 out. 2017. Seção 1, p. 360. Alterada pela **Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 mai. 2021. Seção 1, p. 69. Alterada pela **Portaria GM/MS nº 2472, de 28 de setembro de 2021**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 set. 2021. Seção 1, p. 186. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html. Acesso em: 04 dez. 2021.

BUDZIAK, D.; CARASEK, E. Determination of trihalomethanes in drinking water from three different water sources in Florianopolis-Brazil using purge and trap and gas chromatography. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 18, n. 4, p. 741-747, 2007.

BORGES, J. T. **A utilização da técnica MIMS na determinação de trihalometanos em águas de abastecimento e a influência do íon brometo, da amônia e de algas na formação desses compostos**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

CARMO, D. F. **Avaliação da presença de clorofenóis no reservatório de Salto Grande, situado na região de Americana, Estado de São Paulo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2000.

CESCO, D. D. **Avaliação e escala real da formação de THMs em águas de abastecimento**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2007.

CHEN, C.Y.; CHANG, S.N.; WANG, G.S. Determination of ten haloacetic acids in drinking water using high-performance and ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatographic Science**, v. 47, n. 1, p. 67-74, 2009.

COSTA JÚNIOR, N. V. D. **Caracterização e otimização analítica na determinação de trihalometanos em águas potáveis por purga e armadilha acoplada à cromatografia a gás**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

CPTEC/INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em: 07 set. 2022.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. v. 1. 2ªed. São Carlos: LDiBe, 2005, 784 p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. v.2. 2ªed. São Carlos: LDiBe, 2005, 792 p.

EDZWALD, J. K.; TOBIASON, J. E. **Water quality & treatment. A handbook on drinking water**. American Water Works Association (AWWA). 6ªed. Mac Graw Hill. 2011.

EFSTRATIOU, A.; ONGERTH, J.; KARANIS, P. Evolution of monitoring for Giardia and Cryptosporidium in water. **Water Research**, v. 123, p. 96-112, 2017.

FRANCO, E. S. **Avaliação da formação de trihalometanos e ácidos haloacéticos decorrentes da cloração de águas de abastecimento contendo cianobactérias**. 2018. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2018.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document - Chlorophenols**. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. 2008. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/chlorophenols.html>. Acesso em: 6 jul. 2022.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document — Haloacetic Acids**. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario, 2010. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-haloacetic-acids/page-4-guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-haloacetic>. Acesso em: 5 jul. 2022.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document — n-Nitrosodimethylamine (NDMA)**. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario, 2011. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-nitrosodimethylamine-eau/alt/water-nitrosodimethylamine-eau-eng.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2022.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Trihalomethanes**, 2013. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-trihalomethanes/page-3-guidelines-canadian-drinking-water-quality-trihalomethanes.html#guidelines>. Acesso em: 5 jul. 2022.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Chorite and chlorate**. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. 2014. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-chlorite-chlorate/page-3-guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-chlorite->. Acesso em: 5 jul. 2022.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document - Bromate**. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. 2021. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-bromate/guidance-document.html#1.0>. Acesso em: 5 jul. 2022.

HEBERT, A. et al. Innovative method for prioritizing emerging disinfection by-products (DBPs) in drinking water on the basis of their potential impact on public health. **Water research**, v. 44, n. 10, p. 3147-3165, 2010.

HRUDEY, S. E. et al. Drinking water as a proportion of total human exposure to volatile N-nitrosamines. **Risk Analysis**, v. 33, n. 12, p. 2179-2208, 2013.

IARC – International Agency for Research on Cancer. Some Chemicals that Cause Tumours of the Kidney or Urinary Bladder in Rodents and some Other Substances. **IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans: Volume 73**. 1999. Disponível em: <https://publications.iarc.fr/91>. Acesso em: 10 nov. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

KRASNER, S. W. et al. Occurrence of a new generation of disinfection byproducts. **Environmental science & technology**, v. 40, n. 23, p. 7175-7185, 2006.

LEAL, M. J. C. **Remoção de Matéria Húmica Aquática, Ferro e Manganês de Águas para Abastecimento por Meio de Coagulação, Floculação, Sedimentação e Filtração com Membranas**. 159 p. 2013. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

LEÃO, V. G. **Água Tratada: Formação de trihalometanos pelo uso do cloro e os riscos potenciais à saúde pública em cidades da mesorregião do Leste Rondoniense**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade De Brasília, Brasília, DF, 2008.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2ªed. Campinas: Átomo, 2008, 444 p.

LOURENCETTI, J.; PRATES, M. M.; BURKERT, D. Perfil da qualidade das águas de poços em Adamantina–SP, Brasil. **Nucleus**, v. 12, n. 2, p.141-156, 2015.

MINISTRY OF HEALTH. **Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand: Volume 3 Datasheets – Chemical and Physical Determinands: Part 2.2 Organic Chemicals**. 2019. Disponível em:

https://www.taumataarowai.govt.nz/assets/Uploads/Ministry-of-Health-drinking-water-datasheets/dwg_vol3_datasheets_-_chemical_and_physical_determinands-part_2-2_organic_chemicals.docx. Acesso em: 8 jul. 2022.

MINISTRY OF HEALTH. **Water Services (Drinking Water Standards for New Zealand) 2022**. Disponível em:

<https://www.legislation.govt.nz/regulation/public/2022/0168/latest/whole.html>. Acesso em: 5 jul. 2022.

NHMRC, NRMCC – National Health and Medical Research Council, Natural Resource Management Ministerial Council. **Australian Drinking Water Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy**. Commonwealth of Australia, Canberra. 2011. Version 3.7 Updated January 2022. Disponível em: <https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-drinking-water-guidelines>. Acesso em: 5 jul. 2022.

NOGUEIRA, A. D. S. **Avaliação da formação de trihalometanos em um sistema de abastecimento de água para consumo humano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. de et al. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, p. e2018117, 2019.

PALHANO, F. M. M. D. S. **Resíduos de pesticidas e trihalometanos em águas de abastecimento do Rio Dourados/Dourados – MS. 2002**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais na área de concentração e Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2002.

RICHARDSON, S. D., PLEWA, M. J., WAGNER, E. D., SCHOENY, R., & DeMARINI, D. M. I. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 636, n. 1-3, p. 178-242, 2007.

ROGERS, H. R. Sources, behaviour and fate of organic contaminants during sewage treatment and in sewage sludges. **The Science of the Total Environment**. 185: 3– 26 p. 1996.

SCHÄFER, T. N.; BOGER, B.; de SOUZA, I. I. M.; BUFFON, M. D. C. M.; DITTERICH, R. G.; da SILVA, M. Z.; RATTMANN, Y. D. Monitoring the trihalomethanes concentrations in drinking water. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 77, p. e1739, 2018.

SCHULTZ, I. R., MERDINK, J. L., GONZALEZ-LEON, A., BULL, R. J. Comparative toxicokinetics of chlorinated and brominated haloacetates in F344 rats. **Toxicology and applied pharmacology**, v. 158, n. 2, p. 103-114, 1999.

SILVA, G. G.; NAVAL, L. P.; DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Tratamento de água de reservatórios por dupla filtração, oxidação e adsorção em carvão ativado granular. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, p. 71-80, 2012.

SINGER, P. C.; HARRINGTON, G. W. Coagulation of DBP precursors: theoretical and practical considerations. In: **Proc. Water Quality Technol. Conf., American Water Works Assoc., Denver, Colo.** 1993. p. 1-19.

SINGER, P. C. Control of disinfection by-products in drinking water. **Journal of Environmental Engineering**, v. 120, n. 4, p. 727-744, 1994.

SINGER, P. C. Humic Substances as Precursors for Potentially Harmful Disinfection By-Products. **Water Science and Technology**. v. 40, n. 9, p. 25-30, 1999.

SINGER, P. C.; RECKHOW, D. A. Chemical oxidation. **Water quality and treatment**, v. 5, 1999.

TER LAAK, T.L.; DURJAVA, M.; STRUIJS, J.; HERMENS, J.L. Solid phase dosing and sampling technique to determine partition coefficients of hydrophobic chemicals in complex matrixes. **Environmental Science & Technology**, v. 39, n. 10, p. 3736-3742, 2005.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data Analysis**. Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1977.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Alternative disinfectants and oxidants guidance manual**. Washington D. C: USEPA, Office of Water, 1999 (EPA 815-R-99-014).

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Controlling Disinfection By-Products and Microbial Contaminants in Drinking Water. EPA/600/R-01/110**. Office of Research and Development Washington DC 20460. 2001. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/30002I5A.PDF?Dockey=30002I5A.PDF>>. Acesso em: 02 set. 2019.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **The Occurrence of Disinfection By-Products (DBPs) of Health Concern in Drinking Water: Results of a Nationwide DBP Occurrence Study. EPA/600/R02/068**. National Exposure Research Laboratory, Office of Research and Development, Athens, GA. 2002. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/30002JEM.PDF?Dockey=30002JEM.PDF>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Occurrence Assessment for the Final Stage 2 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule**. Office of Water (4606-M), EPA 815-R-05-011, Dezembro. 2005.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Six-Year Review 3 Technical Support Document for Disinfectants/Disinfection Byproducts Rules**. Office of Water (4607M), EPA-810-R-16-012, Dezembro. 2016a. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-12/documents/810r16012.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Final Contaminant Candidate List 4**. 2016b. Disponível em: <
<https://www.federalregister.gov/documents/2016/11/17/2016-27667/drinking-water-contaminant-candidate-list-4-final>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Technical Fact Sheet – Nitrosodimethylamine (NDMA)**. Novembro. 2017. Disponível em:
https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-10/documents/ndma_fact_sheet_update_9-15-17_508.pdf. Acesso em: 07 jul. 2022.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories**. Office of Water (4607M), EPA-822-F-18-001, Março. 2018. Disponível em: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-01/dwtable2018.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2022.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. National Primary Drinking Water Regulations. Última atualização em 26 de jan 2022. Disponível em: <
<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations#Byproducts>>. Acesso em: 5 jul. 2022.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Trihalomethanes in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality***. 2004.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking water quality: incorporating the first and second addenda**. Vol.1. 4^a ed. 2022. Versão eletrônica.

APÊNDICE A – Percentuais de dados desconsiderados.

Tabela 9 - Percentuais de dados desconsiderados subdivididos por estado, ponto de monitoramento e grupos municipais

		2,4,6-T			AHA			THM		
		PC	ST	SD	PC	ST	SD	PC	ST	SD
PR	P1	27,24	30,14	17,02	30,51	31,67	17,57	15,91	28,23	17,19
	P2	24,94	30,04	20,94	31,58	30,45	20,60	67,21	34,91	26,84
	M1	24,89	27,40	19,79	13,04	29,33	18,03	22,73	32,25	20,73
	M2	11,32	20,96	13,15	4,17	22,27	14,46	7,69	23,83	16,39
	G1	15,12	20,58	13,95	33,33	19,04	12,71	-	23,32	16,91
	G2	7,14	12,60	13,04	-	17,98	13,04	-	21,59	14,55
RS	P1	29,58	10,08	35,00	1,18	1,67	11,11	18,63	6,59	8,92
	P2	31,03	7,41	5,56	6,38	2,86	7,84	23,59	6,31	7,91
	M1	37,45	8,05	23,08	2,22	1,15	11,11	18,49	6,10	8,72
	M2	40,15	11,61	10,00	6,90	8,55	0,00	13,64	11,58	7,08
	G1	20,83	11,59	12,24	0,00	8,25	12,24	8,57	7,61	7,74
	G2	0,00	0,76	1,08	-	1,14	0,36	0,00	0,37	0,32
SC	P1	1,25	0,57	0,90	1,29	1,15	2,19	3,13	0,94	2,24
	P2	2,12	0,79	1,27	4,55	2,06	3,11	1,79	0,97	2,65
	M1	3,09	1,07	2,52	0,00	2,43	2,45	3,33	3,15	4,83
	M2	0,00	0,43	0,00	0,00	1,71	0,85	3,70	0,42	0,00
	G1	1,34	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	2,33
	G2	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	7,02	0,00	3,39	0,00
ES	P1	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00
	P2	0,00	24,14	0,00	2,33	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00
	M1	32,31	1,11	2,41	40,00	3,13	8,60	38,10	8,00	11,58
	M2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	G1	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	17,20	0,00	2,93	14,29
	G2	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	3,45	0,00	0,00	0,00
MG	P1	0,00	0,00	0,00	5,00	4,44	0,00	24,32	43,60	31,65
	P2	5,56	3,64	6,90	1,69	5,34	13,04	25,00	33,96	34,73
	M1	6,32	3,94	0,00	0,00	1,12	0,00	15,56	20,68	19,29
	M2	21,05	0,52	0,00	23,53	1,55	0,00	32,08	11,19	13,74
	G1	2,25	1,47	0,48	0,00	0,98	0,24	4,27	1,41	3,07
	G2	30,77	4,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MG SAC	P1	0,00	0,00	0,00	7,41	16,67	0,00	0,00	0,00	-
	P2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,44	0,00
	M1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	M2	0,00	0,00	0,00	3,23	1,86	6,67	0,00	16,46	0,00
	G1	1,67	2,70	4,35	3,28	0,00	0,00	3,33	5,13	4,17
	G2	0,00	-	-	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00
RJ	P1	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	0,00
	P2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	0,00
	M1	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	5,71	0,00
	M2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,27	8,82	-
	G1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	3,33	0,00	0,57
	G2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	0,88	0,00
SP	P1	4,31	5,35	2,29	13,53	10,94	7,66	14,13	6,95	4,47
	P2	5,21	5,66	2,94	1,81	10,18	2,57	4,34	9,75	3,73
	M1	0,00	1,52	1,08	13,79	2,35	2,63	10,64	3,21	2,21
	M2	2,44	0,97	3,73	1,47	3,17	3,49	10,93	3,79	5,24
	G1	0,38	0,30	1,21	1,04	1,69	1,62	1,37	1,45	5,31
	G2	0,52	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00

Fonte: elaboração própria com base em dados do Sisagua (Brasil, 2020).

Tabela 1 - Percentuais de dados desconsiderados divididos por estado, ponto de monitoramento e grupos municipais (continuação)

		2,4,6-T			AHA			THM		
		PC	ST	SD	PC	ST	SD	PC	ST	SD
SP SAC	P1	5,38	10,20	4,76	6,95	10,64	4,76	6,38	0,00	4,76
	P2	2,84	3,00	0,00	3,66	2,04	9,38	4,30	1,04	0,00
	M1	3,54	3,19	0,00	9,08	7,65	3,88	7,00	6,56	3,73
	M2	4,01	2,63	2,08	7,38	3,03	5,00	7,53	5,85	5,46
	G1	3,20	2,73	1,30	6,48	5,26	2,08	5,68	4,32	4,08
	G2	4,00	5,97	7,25	8,82	5,31	4,48	4,71	5,31	5,67
GO	P1	2,64	1,94	1,82	0,00	3,45	0,00	6,02	23,94	12,90
	P2	1,63	1,45	9,64	3,57	5,88	0,00	3,36	19,61	6,44
	M1	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	19,57	6,19
	M2	0,00	0,00	-	0,00	4,55	0,00	12,50	5,38	5,13
	G1	0,00	0,45	0,00	-	0,00	0,00	0,00	18,11	13,83
	G2	0,00	3,13	0,00	-	-	-	0,00	12,50	0,00
MT	P1	30,00	0,00	0,00	37,50	0,00	11,11	18,18	0,00	9,09
	P2	8,33	4,50	18,18	0,00	0,87	0,00	0,00	0,88	9,09
	M1	0,00	0,00	16,67	12,24	1,89	0,00	14,69	1,85	0,00
	M2	0,00	1,79	0,00	16,67	0,90	0,00	0,00	0,00	12,50
	G1	0,00	0,00	0,00	66,67	3,70	100,00	0,00	0,93	0,00
	G2	1,45	0,00	0,81	-	0,00	0,82	0,00	0,00	2,52
MS	P1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,60
	P2	20,00	2,00	26,92	21,43	1,91	30,43	0,00	0,98	1,05
	M1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	3,23	0,00	0,31	0,00
	M2	-	0,00	-	-	0,68	-	-	0,00	0,00
	G1	0,00	0,00	0,00	-	0,56	0,56	0,00	0,00	0,00
	G2	0,00	0,15	0,33	-	0,00	0,33	0,00	17,56	0,33
TO	P1	0,00	0,55	1,06	0,00	1,68	0,71	0,00	1,37	0,35
	P2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66	0,00	100,00	0,56	0,00
	M1	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	M2	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	G1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	G2	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	0,00
BA	P1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	P2	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	71,43	0,94	0,76
	M1	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,50	0,78
	M2	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	0,66	0,54
	G1	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	1,16
	G2	-	10,00	0,00	-	0,00	0,00	-	4,76	4,35
CE	P1	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
	P2	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	M1	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	M2	-	-	-	-	-	-	0,00	0,61	0,44
	G1	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
	G2	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
SE	P1	0,00	0,00	4,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	P2	0,00	6,25	0,00	0,00	6,25	0,00	0,00	12,50	0,00
	M1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	M2	-	0,00	0,00	0,00	6,67	0,00	0,00	6,67	0,00
	G1	-	0,00	8,11	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00
	G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria com base em dados do Sisagua (Brasil, 2020).

APÊNDICE B – Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Brasil

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Espírito Santo

	N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰	
PC	P1	7	0,06	0,05	0,0025	83,28	0,0001	0,01	0,1	0,1	0,1	4	
	P2	31	0,0742	0,0815	0,0066	109,74	0,0001	0,0001	0,1	0,1	0,2	0,0001	15
	M1	28	0,0722	0,0449	0,00201	62,2	0,00001	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	20
	G1	26	0,00001	0	0	0	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	26
	G2	17	0,0735	0,0423	0,0018	57,49	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	12
	ST	P1	2	0,00001	0	0	0	0,00001	-	0,00001	-	0,00001	0,00001
P2		14	0,2	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	14
M1		30	0,0520	0,0344	0,0012	66,17	0,00001	0,01	0,05	0,1	0,1	0,05	14
G1		38	0,00006	0,00005	0	72,51	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	22
G2		3	0,0034	0,0057	0,00003	170,38	0,00001	0,00001	0,0001	0,01	0,01	-	0
SD		P1	5	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	P2	15	0,0667	0,0723	0,0052	108,42	0,0001	0,0001	0,1	0,1	0,2	0,0001	7
	M1	40	0,0183	0,0308	0,0010	167,91	0,0001	0,0001	0,0001	0,05	0,1	0,0001	26
	G1	6	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	6
	G2	21	0,00007	0,00005	0	68,15	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	13

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 2 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T em SAA em Minas Gerais.

	N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰	
PC	P1	33	0,0101	0,0081	0,00007	80,18	0,00005	0,0015	0,01	0,018	0,025	0,0005; 0,02	4
	P2	27	0,0015	0,0009	0,000001	60,54	0,00001	0,0005	0,002	0,002	0,003	0,002	12
	M1	37	0,0828	0,0985	0,0097	118,99	0,0001	0,0001	0,002	0,2	0,2	0,2	15
	M2	12	0,0353	0,0346	0,0012	98,17	0,0005	0,002	0,05	0,05	0,1146	0,05	6
	G1	69	0,00008	0,00004	0	47,37	0,000001	0,00005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	41
	G2	1	0,05	-	-	-	0,05	-	0,05	-	0,05	-	0
ST	P1	46	0,0104	0,0095	0,00009	90,93	0,00005	0,0005	0,0115	0,01575	0,038	0,015	8
	P2	56	0,0066	0,0069	0,00005	104,11	0,00001	0,0005	0,002	0,014	0,019	0,0005	13
	M1	111	0,0017	0,0027	0,000007	160,46	0,00005	0,00008	0,0005	0,002	0,01	0,0005	23
	M2	59	0,0005	0,0006	0	119,65	0,00005	0,0001	0,0001	0,0005	0,0024	0,0001	19
	G1	436	0,0010	0,0009	0,000001	92,66	0,000001	0,0001	0,0005	0,002	0,0024	0,002	146
	G2	3	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	3
SD	P1	6	0,0013	0,0014	0,000002	109,54	0,0005	0,0005	0,00075	0,00175	0,004	0,0005	3
	P2	12	0,0057	0,0056	0,00003	98,28	0,0005	0,0005	0,00525	0,01	0,015	0,0005	6
	M1	21	0,0002	0,0002	0	127	0,00001	0,00001	0,00005	0,0005	0,0005	0,00005	8
	M2	32	0,0002	0,0002	0	88,28	0,00008	0,0001	0,0001	0,0005	0,0005	0,0001	18
	G1	282	0,0013	0,0008	0,000001	61,5	0,000001	0,0005	0,002	0,002	0,0024	0,002	135

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T em SAC em Minas Gerais

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	21	0,0143	0,0151	0,0002	105,59	0,00005	0,0005	0,013	0,023	0,05	0,0005	5
	P2	4	0,0003	0,0005	0	146,86	0,00005	0,00006	0,0001	0,0008	0,001	0,0001	2
	M1	2	0,2	0	0	0	0,2	-	0,2	-	0,2	0,2	2
	M2	17	0,0015	0,0007	0,000001	50,24	0,0005	0,0005	0,002	0,002	0,002	0,002	11
	G1	20	0,0010	0,0010	0,000001	99,15	0,000001	0,00005	0,0005	0,002	0,0024	0,002	8
ST	P1	10	0,0203	0,0256	0,0007	126,39	0,00005	0,0005	0,0005	0,05	0,05	0,0005	5
	P2	6	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	6
	M1	11	0,0006	0,0005	0	89,16	0,0001	0,0005	0,0005	0,0005	0,002	0,0005	8
	M2	83	0,0335	0,0228	0,0005	68,02	0,00005	0,005	0,05	0,05	0,05	0,05	54
	G1	10	0,0007	0,0009	0,000001	137,53	0,00005	0,0001	0,0003	0,0010	0,0024	0,0001	4
Ps	P1	1	0,00005	-	-	-	0,00005	-	0,00005	-	0,00005	-	0
	P2	4	0,0003	0,0005	0	146,86	0,00005	0,00006	0,0001	0,0008	0,001	0,0001	2
	M1	11	0,0006	0,0005	0	89,16	0,0001	0,0005	0,0005	0,0005	0,002	0,0005	8
	M2	10	0,002	0	0	0	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	10
	G1	5	0,0008	0,0009	0,000001	116,57	0,00005	0,0003	0,0005	0,0015	0,0024	0,0005	3
	G2	1	0,002	-	-	-	0,002	-	0,002	-	0,002	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Rio de Janeiro

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P2	6	0,0007	0,0010	0,000001	143,85	0,00005	0,00005	0,00005	0,002	0,002	0,00005	4
	M1	1	0,0001	-	-	-	0,0001	-	0,0001	-	0,0001	-	0
	G1	4	0,00004	0	0	0	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	4
	G2	7	0,0129	0,0188	0,0004	145,69	0,00004	0,00004	0,0004	0,04	0,04	0,00004	3
ST	P2	20	0,0006	0,0008	0,000001	130,98	0,00005	0,00006	0,0001	0,001	0,002	0,0001	8
	M1	7	0,0003	0,0004	0	121,25	0,00004	0,00004	0,00004	0,0005	0,001	0,00004	4
	G1	5	0,0046	0,0103	0,0001	221,68	0,00004	0,00004	0,00004	0,0115	0,023	0,00004	4
	G2	34	0,0025	0,0041	0,00002	160,77	0,00004	0,00004	0,00004	0,005	0,01	0,00004	22
SD	P1	6	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	6
	P2	9	0,00006	0,00002	0	36,08	0,00005	0,00005	0,00005	0,00008	0,0001	0,00005	7
	G1	4	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	4
	G2	4	0,0013	0,0025	0,00001	193,75	0,00004	0,00004	0,00004	0,0038	0,005	0,00004	3

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 5 – Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T em SAA em São Paulo

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	185	0,0028	0,0037	0,00001	131,07	0,000005	0,0001	0,0001	0,005	0,01	0,0001	61
	P2	225	0,0393	0,0481	0,00231	122,42	0,00005	0,0001	0,005	0,1	0,2	0,1	81
	M1	105	0,0022	0,0036	0,00001	161,72	0,00001	0,0001	0,0002	0,005	0,01	0,0001	25
	M2	138	0,0031	0,0041	0,00002	132,26	0,00005	0,0001	0,0001	0,005	0,02	0,0001	57
	G1	100	0,0533	0,0543	0,00294	101,83	0,00001	0,0001	0,075	0,1	0,2	0,1	47
	ST	P1	501	0,0027	0,0037	0,00001	136,28	0,000009	0,00008	0,0004	0,005	0,01	0,0001
	P2	360	0,0032	0,0045	0,00002	138,89	0,00004	0,0001	0,001	0,005	0,02	0,00005; 0,01	69
	M1	231	0,0025	0,0033	0,00001	135,19	0,00001	0,0001	0,0003	0,005	0,01	0,0001	63
	M2	426	0,0027	0,0039	0,00002	144,48	0,00001	0,00005	0,0001	0,005	0,02	0,00005	110
	G1	341	0,0249	0,0404	0,00163	162,41	0	0,0001	0,001	0,05	0,121	0,1	69
	G2	51	0,0001	0,0000	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	51
SD	P1	233	0,0047	0,0040	0,00002	84,92	0,00004	0,0001	0,005	0,01	0,01	0,005	67
	P2	225	0,0051	0,0042	0,00002	82,89	0,000001	0,0002	0,005	0,01	0,02	0,005	62
	M1	88	0,0039	0,0043	0,00002	109,52	0,00001	0,0001	0,001	0,009	0,01	0,0001; 0,01	15
	M2	93	0,0028	0,0041	0,00002	143,36	0,00001	0,00005	0,0001	0,009	0,01	0,0001	29
	G1	152	0,0210	0,0366	0,0013	174,07	0,00001	0,0001	0,0004	0,01	0,1	0,0001	37
	G2	9	0,0027	0,0018	0,000003	66,6	0,0004	0,0004	0,0037	0,0037	0,005	0,0037	5

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 6 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T em SAC em São Paulo

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	23	0,0073	0,0100	0,0001	137,41	0,00001	0,0005	0,001	0,01	0,03	0,01	7
	P2	86	0,0030	0,0043	0,00002	145,12	0,000005	0,0001	0,0001	0,01	0,01	0,0001	28
	M1	53	0,0019	0,0032	0,00001	168,13	0,00001	0,00005	0,0001	0,002	0,01	0,0001	13
	M2	172	0,0053	0,0113	0,0001	212,2	0,000005	0,00005	0,0001	0,001	0,05	0,00005	35
	G1	281	0,0014	0,0030	0,000009	216,21	0,000005	0,00005	0,0001	0,001	0,01	0,0001	81
	G2	282	0,0024	0,0028	0,000008	117,87	0,000005	0,0001	0,001	0,005	0,01	0,005	88
ST	P1	8	0,0091	0,0133	0,0002	146,83	0,0001	0,0005	0,0008	0,025	0,03	0,0005	3
	P2	14	0,0018	0,0031	0,00001	170,12	0,000005	0,00009	0,0008	0,00135	0,01	0,001	4
	M1	30	0,0012	0,0030	0,000009	257,73	0,000005	0,00005	0,0001	0,00035	0,01	0,00005	13
	M2	76	0,0030	0,0075	0,00006	250,44	0,000005	0,00005	0,0001	0,0002	0,03	0,00005	24
	G1	65	0,0016	0,0034	0,00001	214,9	0,00001	0,00005	0,0001	0,0005	0,01	0,00005	22
	G2	33	0,0010	0,0015	0,000002	161,73	0,00001	0,00005	0,0003	0,00125	0,005	0,00005	8
Ps	P1	4	0,0504	0,0998	0,01	198,01	0,0005	0,0005	0,0005	0,1501	0,2	0,0005	3
	P2	10	0,0001	0,0001	0	114	0,000005	0,00005	0,0001	0,0001	0,0005	0,0001	6
	M1	13	0,0005	0,0005	0	112,37	0,000005	0,00005	0,0005	0,0005	0,002	0,0005	6
	M2	67	0,0002	0,0003	0	170,12	0,000005	0,00005	0,0001	0,0002	0,002	0,00005	23
	G1	52	0,0001	0,0000	0	41,18	0,00001	0,00005	0,00005	0,0001	0,0001	0,00005	27
	G2	18	0,0002	0,0002	0	87,22	0,000005	0,00005	0,0001	0,0004	0,0005	0,0001	6

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 7 – Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Paraná

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	10	0,0101	0,0210	0,0004	207,9	0,00001	0,00004	0,0002	0,0127	0,05	0,0003	3
	P2	36	0,0260	0,0221	0,0005	85,03	0,00005	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05	16
	M1	15	0,0371	0,0226	0,0005	60,75	0,001	0,001	0,05	0,05	0,051	0,05	8
	M2	6	0,0500	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	6
	G2	5	0,0401	0,0221	0,0005	55,07	0,0006	0,0253	0,05	0,05	0,05	0,05	4
ST	P1	25	0,0550	0,0842	0,0071	153,08	0,0001	0,0003	0,01	0,125	0,2	0,2	6
	P2	44	0,0103	0,0139	0,0002	134,71	0,0001	0,0015	0,0055	0,0115	0,05	0,01	10
	M1	27	0,0014	0,0006	0,0000	39,5	0,000005	0,0012	0,0015	0,0017	0,0022	0,0015	7
	M2	6	0,0301	0,0222	0,0005	73,7	0,0034	0,0106	0,032	0,05	0,05	0,05	3
	G1	10	0,0026	0,0027	0,000007	104,82	0,001	0,0012	0,0017	0,0024	0,01	0,0012; 0,002	2
G2	30	0,0015	0,0008	0,000001	53,2	0,0008	0,001	0,0011	0,0019	0,0035	0,001	6	
SD	P1	15	0,0627	0,0873	0,0076	139,16	0,0001	0,002	0,01	0,2	0,2	0,002; 0,2	4
	P2	14	0,0067	0,0131	0,0002	196,93	0,0001	0,0001	0,002	0,0085	0,05	0,0001	5
	M1	12	0,0711	0,0956	0,0091	134,44	0,002	0,002	0,006	0,2	0,2	0,002	6
	M2	4	0,0193	0,0220	0,0005	114,08	0,002	0,0027	0,0125	0,0425	0,05	*	0
	G1	13	0,0097	0,0181	0,0003	186,42	0,0001	0,0006	0,002	0,0067	0,05	0,002	4
G2	9	0,0020	0,0001	0	3,46	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0022	0,002	8	

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 8 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Rio Grande do Sul.

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	9	0,0178	0,0244	0,0006	136,8	0,00005	0,00005	0,00005	0,05	0,05	0,00005	5
	P2	4	0,0600	0,0271	0,0007	45,13	0,04	0,0425	0,05	0,0875	0,1	0,05	2
	M2	4	0,0026	0,0028	0,00001	106,63	0,0001	0,0002	0,0027	0,005	0,005	0,005	2
ST	P1	2	0,0090	0,0014	0	15,71	0,008	-	0,009	-	0,01	-	0
	P2	3	0,0337	0,0283	0,0008	84,03	0,001	0,001	0,05	0,05	0,05	0,05	2
	M2	7	0,0032	0,0045	0,00002	141,12	0,0001	0,0001	0,0001	0,005	0,012	0,0001	4
G1	6	0,0006	0,0003	0	57,2	0,00005	0,0004	0,0005	0,0009	0,001	0,0005	2	
SD	P1	5	0,0323	0,0243	0,0006	75,18	0,0026	0,0058	0,05	0,05	0,05	0,05	3
	M1	3	0,0437	0,0203	0,0004	46,39	0,021	0,021	0,05	0,06	0,06	-	0
	M2	8	0,0014	0,0023	0,000005	166,95	0,0001	0,0001	0,0001	0,0038	0,005	0,0001	5
	G1	5	0,0126	0,0213	0,0005	168,79	0,001	0,001	0,001	0,03	0,05	0,001	3

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 9 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T em Santa Catarina.

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	24	0,0025	0,0030	0,000009	122,64	0,0001	0,0001	0,001	0,005	0,01	0,0001	10
	P2	26	0,0004	0,0004	0	118,21	0,00005	0,00009	0,0001	0,001	0,001	0,0001	12
	M1	11	0,0005	0,0005	0	90,7	0,0001	0,0001	0,0002	0,001	0,001	0,0001; 0,001	5
	M2	13	0,0006	0,0005	0	89,6	0,00001	0,00001	0,001	0,001	0,001	0,001	7
	G1	13	0,0029	0,0041	0,00002	143,34	0,00001	0,0006	0,001	0,0055	0,01	0,001	7
ST	P1	100	0,0002	0,0003	0	171,28	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,002	0,0001	65
	P2	89	0,0025	0,0045	0,00002	180,82	0,00001	0,0001	0,0001	0,001	0,02	0,0001	45
	M1	23	0,0003	0,0004	0	138,49	0,00001	0,0001	0,0001	0,0002	0,001	0,0001	14
	M2	6	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	6
	G1	39	0,0061	0,0049	0,00002	80,23	0,00001	0,0001	0,01	0,01	0,01	0,01	23
	G2	1	0,0002	-	-	-	0,0002	-	0,0002	-	0,0002	-	0
SD	P1	84	0,0002	0,0003	0	151,36	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	58
	P2	39	0,0017	0,0031	0,00001	177,33	0,00001	0,0001	0,0001	0,001	0,01	0,0001	21
	M1	76	0,0027	0,0036	0,00001	133,8	0,00005	0,00005	0,0006	0,005	0,01	0,00005	21
	M2	7	0,0017	0,0028	0,00001	162,49	0,0001	0,0001	0,0001	0,005	0,0064	0,0001	5
	G1	18	0,0051	0,0051	0,00003	100,91	0,00005	0,0001	0,0051	0,01	0,01	0,01	9
	G2	2	0,1960	0,2180	0,047	111,08	0,042	-	0,196	-	0,35	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 10 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T em Goiás

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	8	0,0514	0,0457	0,0021	88,93	0,0009	0,012	0,051	0,057	0,148	0,057	3
	P2	4	0,0773	0,0131	0,0002	16,89	0,058	0,064	0,082	0,0858	0,087	0,082	2
	M1	1	0,0006	-	-	-	0,0006	-	0,0006	-	0,0006	-	0
	M2	1	0,112	-	-	-	0,112	-	0,112	-	0,112	-	0
	G1	3	0,0487	0,0208	0,0004	42,72	0,025	0,025	0,057	0,064	0,064	-	0
ST	P1	20	0,0626	0,061	0,0037	97,36	0,0002	0,0006	0,068	0,1	0,1756	0,00024; 0,068	3
	P2	15	0,0348	0,0523	0,0027	150,39	0,0001	0,0002	0,0013	0,094	0,132	0,00008	3
	M1	5	0,1105	0,1583	0,0251	143,27	0,0005	0,0006	0,0044	0,2735	0,35	-	0
	M2	3	0,0070	0,0052	0,00003	75,01	0,0009	0,0009	0,01	0,01	0,01	0,01	2
	G1	16	0,0094	0,0023	0,000005	24,03	0,0009	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	15
SD	P1	1	0,0008	-	-	-	0,0008	-	0,0008	-	0,0008	-	0
	P2	2	0,0055	0,0064	0,00004	115,71	0,001	-	0,0055	-	0,01	-	0
	G1	2	0,0645	0,0050	0,00002	7,67	0,061	-	0,0645	-	0,068	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 10 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Mato Grosso

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	3	0,007	0,0052	0,00003	74,23	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	2
	P2	18	0,0031	0,0044	0,00002	143,26	0,00005	0,00005	0,0005	0,01	0,01	0,00005	8
	M1	4	0,015	0,0234	0,0005	155,95	0,0001	0,0013	0,005	0,0388	0,05	0,005	2
	M2	5	0,0060	0,0055	0,00003	90,53	0,00005	0,00005	0,01	0,01	0,01	0,01	3
	G1	4	0,0025	0,0029	0,00001	113,18	0,00005	0,00005	0,0025	0,005	0,005	0,00005; 0,005	2
ST	P1	8	0,0001	0	0	0	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	8
	P2	81	0,0025	0,0044	0,00002	180,05	0,00005	0,00005	0,00005	0,0013	0,02	0,00005	52
	M1	38	0,0050	0,0049	0,00002	98,77	0,00005	0,00005	0,003	0,01	0,01	0,01	18
	M2	76	0,0025	0,0042	0,00002	172,61	0,00005	0,00005	0,00005	0,0030	0,01	0,00005	56
	G1	73	0,0050	0,0049	0,00002	99,67	0,00005	0,00005	0,005	0,01	0,01	0,00005	36
	G2	45	0,0001	0,00002	0	24,76	0,00005	0,00008	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	34
SD	P1	6	0,0059	0,0048	0,00002	80,81	0,00005	0,0004	0,0075	0,01	0,01	0,01	3
	P2	8	0,0042	0,0048	0,00002	115,29	0,00005	0,0002	0,0015	0,01	0,01	0,01	3
	M1	3	0,0202	0,0263	0,0007	130,26	0,0005	0,0005	0,01	0,05	0,05	-	0
	M2	11	0,0001	0	0	0	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	11
	G1	1	0,0050	-	-	-	0,005	-	0,005	-	0,005	-	0
	G2	24	0,0001	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	24

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 12 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Mato Grosso do Sul

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	5	0,0229	0,0455	0,0021	198,63	0,0005	0,0005	0,0005	0,0565	0,104	0,0005	3
	P2	6	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	6
	M1	2	0,007	0,0028	0,00001	40,41	0,005	-	0,007	-	0,009	-	0
	G1	3	0,0060	0,0051	0,00003	85,17	0,0001	0,0001	0,009	0,009	0,009	0,009	2
	G2	1	0,00005	-	-	-	0,00005	-	0,00005	-	0,00005	-	0
ST	P1	11	0,0489	0,0489	0,0024	100,06	0,005	0,005	0,009	0,1	0,1	0,1	5
	P2	31	0,0668	0,0455	0,0021	68,13	0,005	0,009	0,1	0,1	0,1	0,1	20
	M1	13	0,005	0	0	0	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	13
	G1	26	0,0562	0,0482	0,0023	85,76	0,002	0,005	0,1	0,1	0,1	0,1	14
	G2	93	0,00005	0	0	0	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	93
SD	P1	6	0,0462	0,0446	0,002	96,65	0,009	0,009	0,0295	0,1	0,1	0,009	3
	P2	7	0,0539	0,0455	0,0021	84,54	0,009	0,009	0,05	0,1	0,1	0,009; 0,1	3
	M1	7	0,048	0,0486	0,0024	101,34	0,009	0,009	0,009	0,1	0,1	0,009	4
	G1	7	0,009	0	0	0	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	7
	G2	53	0,00005	0	0	0	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	53

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 13 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T na Bahia

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	2	0,0001	0	0	0	0,0001	-	0,0001	-	0,0001	0,0001	2
	G1	16	0,125	0,0683	0,0047	54,6	0,0002	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	8
ST	P1	100	0,0035	0,0020	0,000004	57,14	0,0001	0,001	0,005	0,005	0,005	0,005	62
	P2	299	0,0033	0,0021	0,000004	63,94	0,0001	0,001	0,005	0,005	0,01	0,005	164
	M1	192	0,0034	0,0022	0,000005	66,51	0,001	0,001	0,005	0,005	0,01	0,005	103
	M2	107	0,0044	0,0029	0,000008	66,17	0,001	0,001	0,005	0,005	0,01	0,005	57
	G1	87	0,0046	0,0030	0,000009	65,75	0,0006	0,001	0,005	0,005	0,014	0,005	47
	G2	4	0,0053	0,0005	0	9,52	0,005	0,005	0,005	0,0058	0,006	0,005	3
	SD	P1	3	0,014	0,004	0,00002	28,57	0,01	0,01	0,014	0,018	0,018	-
	P2	5	0,0074	0,0034	0,00001	45,43	0,005	0,005	0,005	0,011	0,012	0,005	3
	M1	2	0,029	0,0339	0,0012	117,04	0,005	-	0,029	-	0,053	-	0
	M2	2	0,0055	0,0064	0,00004	115,71	0,001	-	0,0055	-	0,01	-	0
	G1	18	0,1171	0,0697	0,0049	59,52	0,0006	0,10	0,1	0,2	0,2	0,1	8
	G2	1	0,001	-	-	-	0,001	-	0,001	-	0,001	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 14 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Sergipe

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	3	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	3
	P2	2	0,001	0	0	0	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	2
ST	P1	1	0,001	-	-	-	0,001	-	0,001	-	0,001	-	0
	M1	1	0,001	-	-	-	0,001	-	0,001	-	0,001	-	0
	M2	1	0,2	-	-	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0
SD	P1	7	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	7
	P2	24	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	24
	M1	5	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	5
	G1	5	0,0194	0,0411	0,0017	212,08	0,001	0,001	0,001	0,047	0,093	0,001	4

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 15 - Estatística descritiva dos dados quantificados de 2,4,6-T no Tocantins

		N¹	Média	DV²	Var³	CV⁴	Mín⁵	Q1⁶	Med⁷	Q3⁸	Máx⁹	Moda	n¹⁰
PC	P1	2	0,00003	0,00003	0	125,41	0,000003	-	0,00003	-	0,00005	-	0
ST	P1	6	0,0006	0,0007	0,000001	127,9	0,0001	0,0001	0,0004	0,0009	0,002	0,0001; 0,0005	2
	G1	1	0,002	-	-	-	0,002	-	0,002	-	0,002	-	0
SD	P1	5	0,0013	0,0021	0,000004	162,19	0,0001	0,000211	0,0005	0,0028	0,005	0,0005	2
	P2	2	0,0002	0,0001	0	62,64	0,0001	-	0,0002	-	0,0003	-	0
	M2	1	0,08	-	-	-	0,08	-	0,08	-	0,08	-	0
	G1	1	0,002	-	-	-	0,002	-	0,002	-	0,002	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

APÊNDICE C – Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Brasil

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Espírito Santo

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	9	0,0379	0,0354	0,0013	93,43	0,01	0,01	0,017	0,072	0,1	0,01	4
	P2	30	0,0363	0,0272	0,0007	74,97	0,01	0,01	0,027	0,0605	0,08	0,01	9
	M1	19	0,0172	0,0107	0,0001	62,05	0,01	0,01	0,01	0,024	0,04	0,01	12
	G1	6	0,0312	0,0194	0,0004	62,13	0,016	0,01675	0,021	0,0555	0,057	-	0
	G2	3	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	3
ST	P1	5	0,028	0,0349	0,0012	124,74	0,01	0,01	0,01	0,055	0,09	0,01	3
	P2	17	0,08	0	0	0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	17
	M1	48	0,0232	0,0173	0,0003	74,7	0,01	0,01	0,0135	0,035	0,071	0,01	23
	G1	117	0,0320	0,0222	0,0005	69,32	0,0004	0,011	0,027	0,0455	0,082	0,01	25
	G2	26	0,0247	0,0160	0,0003	64,75	0,01	0,01	0,02	0,0393	0,06	0,01	11
SD	P1	17	0,0405	0,0269	0,0007	66,37	0,01	0,013	0,04	0,06	0,09	0,01; 0,04	4
	P2	15	0,0449	0,0496	0,0025	110,34	0,01	0,01	0,018	0,08	0,15	0,01	6
	M1	56	0,0190	0,0128	0,0002	67,3	0,00005	0,01	0,0125	0,0265	0,05	0,01	25
	G1	22	0,0328	0,0229	0,0005	69,89	0,01	0,01075	0,023	0,05275	0,084	0,01	5
	G2	26	0,0312	0,0229	0,0005	73,27	0,01	0,01	0,0265	0,04775	0,098	0,01	10

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 2- Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Rio de Janeiro

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P2	4	0,0025	0	0	0	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	4
	G1	4	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	4
	G2	1	0,028	-	-	-	0,028	-	0,028	-	0,028	-	0
ST	P2	16	0,0012	0,0013	0,000002	102,28	0,00005	0,0004	0,0004	0,0025	0,004	0,0004	8
	M1	7	0,0145	0,0174	0,0003	120	0,0001	0,0001	0,001	0,033	0,033	0,033	3
	M2	1	0,047	-	-	-	0,047	-	0,047	-	0,047	-	0
	G1	35	0,0524	0,0293	0,00086	55,87	0,001	0,037	0,051	0,068	0,11	0,068	5
	G2	27	0,0018	0,0042	0,00002	228,47	0,0001	0,0001	0,001	0,001	0,02	0,001	13
SD	P1	6	0,0002	0,0002	0	108,44	0,00005	0,00005	0,00005	0,0004	0,0004	0,00005	4
	P2	8	0,0031	0,0026	0,000007	83,09	0,0004	0,0009	0,0025	0,0059	0,007	0,0025	4
	M1	4	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	4
	G1	12	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	12
	G2	4	0,0058	0,0095	0,00009	165,22	0,001	0,001	0,001	0,0153	0,02	0,001	3

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA em SAA em Minas Gerais

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	24	0,0293	0,0178	0,0003	60,78	0,001	0,02	0,025	0,05	0,07	0,02	8
	P2	8	0,0475	0,0046	0,00002	9,75	0,04	0,0425	0,05	0,05	0,05	0,05	6
	M1	20	0,0725	0,0133	0,0002	18,38	0,05	0,0575	0,08	0,08	0,08	0,08	15
	M2	2	0,0500	0,0424	0,0018	84,85	0,02	-	0,05	-	0,08	-	0
	G1	57	0,0005	0,0009	0,000001	200,23	0,000004	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,0025	0,00005
ST	P1	51	0,0253	0,0203	0,0004	80,3	0,00005	0,01	0,02	0,05	0,08	0,05	11
	P2	44	0,0292	0,0183	0,0003	62,76	0,00005	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	15
	M1	77	0,0384	0,0254	0,0006	66,14	0,00005	0,0115	0,05	0,05	0,08	0,05	40
	M2	74	0,0220	0,0236	0,0006	107,28	0,00005	0,0005	0,01	0,04	0,08	0,0005	18
	G1	467	0,0336	0,0254	0,0006	75,54	0	0,0004	0,05	0,05	0,087	0,05	266
	G2	3	0,0500	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	3
SD	P1	7	0,0486	0,0038	0,00001	7,78	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	6
	P2	4	0,0350	0,0173	0,0003	49,49	0,02	0,02	0,035	0,05	0,05	0,02; 0,05	2
	M1	15	0,0508	0,0021	0,000004	4,16	0,05	0,05	0,05	0,05	0,056	0,05	13
	M2	35	0,0048	0,0054	0,00003	112,22	0,0004	0,0004	0,0005	0,01	0,02	0,0004	15
	G1	208	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	208

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA em SAC em Minas Gerais

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	19	0,0316	0,0157	0,0003	49,81	0,01	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	7
	P2	4	0,0189	0,0206	0,0004	108,86	0,0001	0,0007	0,0178	0,0382	0,04	-	0
	M1	2	0,0800	0	0	0	0,08	-	0,08	-	0,08	0,08	2
	M2	15	0,0589	0,0227	0,0005	38,55	0,02	0,05	0,05	0,08	0,08	0,08	7
	G1	24	0,0354	0,0265	0,0007	74,77	0	0,01685	0,033	0,05	0,08	0,033	6
ST	P1	6	0,0500	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	6
	P2	7	0,0322	0,0221	0,0005	68,56	0,00005	0,0025	0,04	0,05	0,05	0,05	3
	M1	11	0,0582	0,0140	0,0002	24,08	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,05	8
	M2	52	0,0200	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	52
	G1	18	0,0353	0,0248	0,0006	70,06	0,0025	0,0112	0,0355	0,05	0,08	0,05	6
Pcs	P2	4	0,0189	0,0206	0,0004	108,86	0,0001	0,0007	0,0178	0,0382	0,04	-	0
	M1	11	0,0582	0,0140	0,0002	24,08	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,05	8
	M2	13	0,0800	0	0	0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	13
	G1	5	0,0500	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	5
	G2	1	0,0800	-	-	-	0,08	-	0,08	-	0,08	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 5 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA em SAA em São Paulo

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	149	0,0279	0,0252	0,0006	90,42	0,00005	0,005	0,02	0,05	0,1	0,05	53
	P2	171	0,0264	0,0260	0,0007	98,44	0,00005	0,005	0,01	0,05	0,1	0,05	37
	M1	75	0,0199	0,0239	0,0006	119,78	0,00005	0,0025	0,005	0,039	0,087	0,005	14
	M2	120	0,0026	0,0024	0,0000	95,37	0,00005	0,0004	0,0006	0,005	0,008	0,005	53
	G1	50	0,0477	0,0058	0,0000	12,23	0,0281	0,05	0,05	0,05	0,051	0,05	41
ST	P1	449	0,0325	0,0306	0,0009	93,99	0,00005	0,005	0,0201	0,05	0,1307	0,005	60
	P2	618	0,0316	0,0234	0,0006	74,22	0,00005	0,011	0,027	0,0472	0,1047	0,05	52
	M1	409	0,0324	0,0245	0,0006	75,78	0,00005	0,01	0,028	0,05	0,1064	0,005	48
	M2	632	0,0248	0,0242	0,0006	97,57	0,00005	0,003	0,02	0,0418	0,11	0,005	67
	G1	546	0,0344	0,0240	0,0006	69,78	0,00005	0,0148	0,033	0,05	0,095	0,05	80
	G2	109	0,0518	0,0279	0,0008	53,89	0,0025	0,0255	0,0534	0,0724	0,122	0,02; 0,03	4
SD	P1	343	0,0365	0,0263	0,0007	72,23	0,00005	0,01	0,0317	0,05	0,1126	0,05	44
	P2	550	0,0367	0,0289	0,0008	78,73	0,0003	0,0105	0,0299	0,0515	0,1249	0,005	60
	M1	272	0,0354	0,0219	0,0005	61,8	0,00005	0,01933	0,0313	0,0462	0,0962	0,02	12
	M2	308	0,0391	0,0286	0,0008	73,13	0,00005	0,0193	0,0360	0,052	0,1219	0,0004	21
	G1	549	0,0415	0,0245	0,0006	59,07	0,0004	0,0230	0,0395	0,0551	0,11	0,05	43
	G2	64	0,0325	0,0187	0,0004	57,49	0,0004	0,0213	0,0297	0,0429	0,0804	0,0004; 0,0135; 0,0271	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 6 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA em SAC em São Paulo

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	22	0,0289	0,0244	0,0006	84,59	0,0004	0,003	0,033	0,05	0,078	0,003	5
	P2	88	0,0170	0,0158	0,0003	92,74	0,0004	0,0025	0,01	0,033	0,05	0,0025	29
	M1	61	0,0175	0,0190	0,0004	108,86	0,00001	0,0004	0,01	0,033	0,08	0,033	11
	M2	173	0,0217	0,0216	0,0005	99,7	0,00005	0,0025	0,01	0,037	0,118	0,05	39
	G1	352	0,0208	0,0220	0,0005	106,1	0,00001	0,0025	0,008	0,043	0,1	0,05	70
	G2	239	0,0209	0,0241	0,0006	115,16	0,00005	0,0025	0,005	0,05	0,12	0,005	61
ST	P1	9	0,0460	0,0064	0,00004	13,96	0,033	0,0405	0,05	0,05	0,05	0,05	6
	P2	20	0,0310	0,0293	0,0009	94,65	0,0006	0,0026	0,034	0,0508	0,08	0,001; 0,05	3
	M1	33	0,0196	0,0232	0,0005	118,03	0,00001	0,0025	0,003	0,0415	0,079	0,0025	14
	M2	103	0,0237	0,0222	0,0005	93,65	0,00001	0,0025	0,018	0,038	0,09	0,0025	20
	G1	163	0,0316	0,0242	0,0006	76,77	0,00001	0,005	0,033	0,05	0,105	0,0025	19
	G2	45	0,0231	0,0239	0,0006	103,44	0,002	0,003	0,01	0,038	0,08	0,05	6
SD	P1	1	0,08	-	-	-	0,08	-	0,08	-	0,08	-	0
	P2	15	0,0248	0,0144	0,0002	57,98	0,001	0,004	0,033	0,034	0,038	0,033	6
	M1	24	0,0405	0,0306	0,0009	75,67	0,001	0,0084	0,0445	0,0575	0,1	0,05	5
	M2	90	0,0304	0,0264	0,0007	86,82	0,00005	0,0063	0,029	0,05	0,106	0,033	14
	G1	119	0,0280	0,0246	0,0006	87,74	0,00005	0,0027	0,023	0,05	0,103	0,0025	14
	G2	23	0,0317	0,0339	0,0012	107,03	0,001	0,0025	0,02	0,05	0,117	0,0025	4

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 7 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Paraná

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	7	0,0581	0,0374	0,0014	64,32	0,003	0,0038	0,08	0,08	0,08	0,08	5
	P2	16	0,08	0	0	0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	16
ST	P1	27	0,0378	0,0339	0,0012	89,62	0,003	0,0088	0,0174	0,08	0,1019	0,08	8
	P2	65	0,0381	0,0328	0,0011	86,27	0,0015	0,0111	0,02	0,08	0,119	0,08	20
	M1	53	0,0269	0,0260	0,0007	96,69	0,001	0,0083	0,0168	0,0344	0,08	0,08	7
	M2	9	0,0129	0,0066	0,00004	51,14	0,0051	0,0071	0,0118	0,0184	0,0245	-	0
	G1	34	0,0144	0,0083	0,0001	57,81	0,001	0,0083	0,0140	0,0194	0,0319	0,001; 0,0115; 0,0184	3
	G2	18	0,0342	0,0296	0,0009	86,6	0,0012	0,0107	0,0182	0,0621	0,08	0,08	3
SD	P1	38	0,0394	0,0333	0,0011	84,54	0,0038	0,0127	0,0248	0,08	0,1309	0,08	8
	P2	75	0,0280	0,0233	0,0005	83,26	0,0023	0,0106	0,0177	0,0427	0,08	0,08	8
	M1	47	0,0412	0,0329	0,0011	79,86	0,004	0,0125	0,0273	0,08	0,1444	0,08	14
	M2	16	0,0326	0,0279	0,0008	85,64	0,0013	0,0144	0,0240	0,0473	0,0893	0,08	2
	G1	59	0,0220	0,0139	0,0002	63,22	0,0072	0,0125	0,0177	0,0284	0,0733	0,008; 0,0111; 0,0135	2
	G2	27	0,0363	0,0297	0,0009	81,9	0,0021	0,0134	0,0229	0,08	0,08	0,08	8

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 8 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Rio Grande do Sul

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	10	0,0419	0,0402	0,0016	95,85	0,0038	0,0038	0,0419	0,08	0,08	0,0038; 0,08	5
	P2	2	0,08	0	0	0	0,08	-	0,08	-	0,08	0,08	2
	M2	4	0,0998	0,1542	0,0238	154,54	0,003	0,105	0,033	0,2557	0,33	0,033	2
ST	P1	2	0,08	0	0	0	0,08	-	0,08	-	0,08	0,08	2
	P2	2	0,08	0	0	0	0,08	-	0,08	-	0,08	0,08	2
	M1	1	0,14	-	-	-	0,14	-	0,14	-	0,14	-	0
	M2	11	0,0461	0,0248	0,0006	53,87	0,003	0,033	0,05	0,067	0,071	0,003; 0,071	2
	G1	5	0,0471	0,029	0,0008	61,46	0,0047	0,0189	0,059	0,0695	0,08	0,059	2
	G2	88	0,0492	0,0168	0,0003	34,18	0,015	0,03625	0,0485	0,06	0,094	0,053	5
SD	P1	3	0,08	0	0	0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	3
	M2	12	0,0473	0,0241	0,0006	50,99	0,003	0,033	0,059	0,062	0,073	0,003; 0,033; 0,059; 0,062	2
	G1	10	0,0459	0,0282	0,0008	61,41	0,008	0,01	0,054	0,07175	0,074	0,01; 0,054; 0,071; 0,074	2
	G2	85	0,0541	0,0165	0,0003	30,56	0,023	0,042	0,055	0,065	0,092	0,065	6

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 9 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA em Santa Catarina

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	33	0,0366	0,0141	0,0002	38,42	0,0093	0,033	0,038	0,05	0,064	0,05	9
	P2	16	0,0492	0,0125	0,00016	25,36	0,033	0,0368	0,05	0,06375	0,067	0,05	5
	M1	14	0,0461	0,0067	0,00004	14,45	0,034	0,041	0,05	0,05	0,05	0,05	10
	M2	9	0,0667	0,0158	0,00025	23,72	0,05	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	5
	G1	8	0,0551	0,0216	0,00047	39,15	0,034	0,0358	0,047	0,08	0,08	0,08	3
ST	P1	370	0,0452	0,0148	0,00022	32,82	0,01	0,035	0,043	0,05	0,08	0,05	84
	P2	261	0,0409	0,0122	0,00015	29,94	0,01	0,034	0,04	0,05	0,074	0,05	66
	M1	118	0,0466	0,0172	0,0003	36,87	0,0038	0,034	0,0495	0,0553	0,08	0,05	25
	M2	40	0,0435	0,0081	0,00006	18,52	0,033	0,035	0,0435	0,05	0,066	0,05	8
	G1	51	0,0211	0,0238	0,00057	113,25	0,0004	0,0038	0,01	0,036	0,08	0,01	22
	G2	17	0,0645	0,0376	0,00141	58,28	0,0095	0,0345	0,06	0,088	0,162	0,034; 0,095	2
SD	P1	509	0,0464	0,0132	0,00017	28,36	0,01	0,036	0,046	0,05	0,082	0,05	89
	P2	296	0,0448	0,0105	0,00011	23,42	0,02	0,036	0,0425	0,05	0,074	0,05	37
	M1	129	0,0429	0,0140	0,00019	32,56	0,009	0,033	0,048	0,05	0,075	0,05	34
	M2	59	0,0468	0,0103	0,0001	21,92	0,033	0,037	0,046	0,051	0,079	0,05	10
	G1	37	0,0342	0,0299	0,0009	87,55	0,0004	0,01	0,037	0,052	0,107	0,01	10
	G2	17	0,0648	0,0221	0,00049	34,16	0,036	0,0495	0,058	0,079	0,116	0,058; 0,079	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 1011 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA em Goiás

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
ST	P2	5	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	5
	M2	2	0,02	0	0	0	0,02	-	0,02	-	0,02	0,02	2
	G1	15	0,02	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	15
SD	P1	1	0,0088	-	-	-	0,0088	-	0,0088	-	0,0088	-	0
	P2	2	0,05	0	0	0	0,05	-	0,05	-	0,05	0,05	2
	G1	2	0,029	0,0071	0,00005	24,38	0,024	-	0,029	-	0,034	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 11 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Mato Grosso

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	2	0,001	0	0	0	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	2
	P2	16	0,0245	0,0210	0,0004	85,54	0,0025	0,0054	0,015	0,05	0,05	0,05	6
	M1	4	0,0298	0,0065	0,00004	21,85	0,02	0,0233	0,033	0,033	0,033	0,033	3
	M2	3	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	3
	G1	3	0,0026	0,0022	0	84,9	0,00005	0,00005	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	2
ST	P1	9	0,0085	0,0087	0,00008	102,86	0,001	0,0025	0,0038	0,02	0,02	0,0025; 0,02	3
	P2	79	0,0066	0,0038	0,00001	57,55	0,0025	0,0025	0,0038	0,01	0,0181	0,01	32
	M1	29	0,0099	0,0006	0	6,07	0,0078	0,01	0,01	0,01	0,0109	0,01	25
	M2	80	0,0050	0,0033	0,00001	66,31	0,0025	0,0025	0,0038	0,01	0,0151	0,0025	34
	G1	72	0,0065	0,0035	0,00001	54,56	0,00005	0,0028	0,0038	0,01	0,01	0,01	35
	G2	101	0,0319	0,0150	0,0002	47,01	0,0025	0,0183	0,035	0,041	0,074	0,033	15
SD	P1	6	0,0223	0,0216	0,0005	96,82	0,0038	0,0085	0,01	0,05	0,05	0,01	3
	P2	10	0,0237	0,0274	0,0008	115,48	0,001	0,0025	0,01	0,05	0,08	0,0025; 0,01; 0,05	2
	M1	4	0,0215	0,0133	0,0002	61,76	0,01	0,01	0,0215	0,033	0,033	0,01; 0,033	2
	M2	12	0,0038	0,0000	0	0	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	12
	G2	50	0,0383	0,0087	0,00008	22,74	0,0165	0,034	0,0365	0,0433	0,061	0,035	8

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 12 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Mato Grosso do Sul

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	4	0,04	0,02	0,0004	50	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	3
	P2	8	0,0401	0,0192	0,0004	47,83	0,0004	0,0275	0,05	0,05	0,05	0,05	6
	M1	8	0,0004	0	0	0	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	8
ST	P1	8	0,0005	0,0001	0	21,79	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0,0006	0,0004	5
	P2	24	0,0004	0,00008	0	18,79	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	19
	M1	4	0,0253	0,0286	0,0008	113,18	0,0004	0,0004	0,0253	0,05	0,05	0,05	2
	G1	15	0,0005	0,0001	0	20,91	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0,0006	0,0004	10
	G2	103	0,0025	0	0	0	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	103
SD	P1	8	0,0004	0	0	0	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	8
	P2	5	0,0004	0	0	0	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	5
	M1	10	0,0004	0	0	0	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	10
	G1	9	0,0004	0	0	0	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	9
	G2	38	0,0025	0	0	0	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	38

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 13 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA na Bahia

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	2	0,033	0	0	0	0,033	-	0,033	-	0,033	0,033	2
	G1	12	0,08	0	0	0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	12
ST	P1	4	0,0791	0,0059	0,00003	7,39	0,075	0,075	0,077	0,0853	0,0874	0,075	2
	P2	6	0,0608	0,0337	0,0011	55,35	0,004	0,034	0,066	0,0907	0,096	-	0
	M1	5	0,102	0,0543	0,0029	53,2	0,052	0,0575	0,1	0,1475	0,19	-	0
	M2	18	0,0351	0,0152	0,0002	43,29	0,017	0,0228	0,03	0,0443	0,067	0,03	5
	G1	14	0,0729	0,0144	0,0002	19,73	0,03	0,0675	0,08	0,08	0,08	0,08	10
	G2	9	0,1007	0,0504	0,0025	50,1	0,054	0,0665	0,08	0,1355	0,21	-	0
SD	P1	2	0,1091	0,0437	0,0019	40,05	0,0782	-	0,1091	-	0,14	-	0
	P2	10	0,0956	0,0315	0,0010	32,96	0,035	0,0735	0,1095	0,1188	0,13	0,11	2
	M1	7	0,0887	0,0299	0,0009	33,67	0,042	0,07	0,096	0,11	0,131	0,07	2
	M2	9	0,0622	0,0419	0,0018	67,42	0,003	0,0315	0,057	0,098	0,127	0,127	2
	G1	14	0,0761	0,0124	0,0002	16,3	0,035	0,0785	0,08	0,08	0,087	0,08	10
	G2	5	0,0874	0,0275	0,0008	31,48	0,062	0,066	0,076	0,1145	0,13	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 14 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Sergipe

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	3	0,059	0,0685	0,0047	116,04	0,005	0,005	0,036	0,136	0,136	-	0
	P2	2	0,0455	0,0064	0,00004	13,99	0,041	-	0,0455	-	0,05	-	0
	M1	1	0,05	-	-	-	0,05	-	0,05	-	0,05	-	0
	M2	1	0,06	-	-	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-	0
	G1	1	0,12	-	-	-	0,12	-	0,12	-	0,12	-	0
ST	P1	1	0,136	-	-	-	0,136	-	0,136	-	0,136	-	0
	P2	4	0,0814	0,0611	0,0037	75,02	0,0086	0,0204	0,086	0,1377	0,145	-	0
	M1	4	0,0347	0,0160	0,0003	46	0,02	0,0205	0,0345	0,0493	0,05	-	0
	M2	10	0,384	0,325	0,106	84,78	0,074	0,104	0,287	0,588	0,98	0,5	2
	G1	3	0,0673	0,0341	0,0012	50,71	0,0319	0,0319	0,07	0,1	0,1	-	0
SD	P1	13	0,0559	0,0347	0,0012	62,11	0,0137	0,0315	0,0472	0,0715	0,14	0,04	2
	P2	37	0,0429	0,0422	0,0018	98,37	0,005	0,01	0,021	0,065	0,14	0,02	7
	M1	7	0,0348	0,0261	0,0007	74,97	0,005	0,0189	0,02	0,052	0,08	0,02	2
	M2	1	0,5	-	-	-	0,5	-	0,5	-	0,5	-	0
	G1	17	0,072	0,059	0,0035	82,05	0,0185	0,03	0,041	0,118	0,2	0,03	3

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 15 - Estatística descritiva dos dados quantificados de AHA no Tocantins

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	5	0,0342	0,0161	0,0003	46,98	0,006	0,022	0,039	0,044	0,046	-	0
ST	P1	159	0,0421	0,0073	0,00005	17,23	0,026	0,037	0,041	0,046	0,062	0,038	15
	P2	54	0,0483	0,0193	0,0004	39,91	0,0056	0,035	0,041	0,0603	0,102	0,035	6
	M2	6	0,0460	0,0115	0,0001	24,94	0,035	0,0358	0,0435	0,0585	0,06	-	0
	G1	11	0,0401	0,0058	0,00003	14,48	0,033	0,035	0,04	0,044	0,053	0,033; 0,038; 0,044	2
SD	P1	255	0,0430	0,0076	0,00006	17,74	0,033	0,037	0,041	0,048	0,068	0,038	18
	P2	72	0,0557	0,0262	0,0007	47,03	0,0057	0,036	0,046	0,0725	0,125	0,035	8
	M2	5	0,0404	0,0065	0,00004	16,1	0,035	0,0355	0,036	0,0475	0,048	0,036	2
	G1	16	0,0434	0,0081	0,00007	18,71	0,033	0,0353	0,042	0,051	0,055	0,035; 0,051	3
	G2	2	0,0435	0,0021	0	4,88	0,042	-	0,0435	-	0,045	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

APÊNDICE D – Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Brasil

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Espírito Santo

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	8	0,0694	0,0472	0,0022	68	0,0181	0,028	0,065	0,1	0,15	0,1	2
	P2	32	0,0666	0,0440	0,0019	66,16	0,002	0,0303	0,055	0,1	0,18	0,1	8
	M1	22	0,0385	0,0307	0,0009	79,84	0,001	0,0184	0,0289	0,06	0,1	0,02; 0,06; 0,1	3
	G1	8	0,0591	0,0582	0,0034	98,43	0,0032	0,0104	0,0441	0,0843	0,181	-	0
	G2	4	0,0131	0,017	0,0003	130,04	0,001	0,001	0,0071	0,0311	0,037	0,001	2
ST	P1	6	0,0852	0,1133	0,0128	132,93	0,0096	0,0229	0,0369	0,1456	0,3095	-	0
	P2	17	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	17
	M1	41	0,0406	0,0388	0,0015	95,41	0,001	0,0094	0,03	0,0578	0,143	0,005	7
	G1	252	0,0507	0,0387	0,0015	76,34	0,002	0,0202	0,04	0,0735	0,174	0,04	7
	G2	28	0,0658	0,0338	0,0011	51,36	0,002	0,0447	0,0592	0,0863	0,14	0,07; 0,14	2
SD	P1	19	0,1142	0,0893	0,008	78,17	0,0096	0,0361	0,0898	0,179	0,32	0,14	2
	P2	14	0,0507	0,03	0,0009	59,14	0,02	0,03	0,04	0,0775	0,1	0,03	4
	M1	59	0,0358	0,0258	0,0006	71,95	0,0006	0,012	0,036	0,0526	0,1043	0,005; 0,04	7
	G1	140	0,0704	0,0512	0,0026	72,69	0,002	0,0323	0,0584	0,0962	0,22	0,04; 0,05	6
	G2	28	0,1037	0,069	0,0048	66,53	0,016	0,0527	0,0859	0,1475	0,289	0,08	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 2 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM em SAA em Minas Gerais

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	14	0,0333	0,0259	0,0007	77,84	0,0005	0,004	0,0374	0,0524	0,0831	0,004	2
	P2	16	0,0191	0,0187	0,0004	98,01	0,0003	0,004	0,0127	0,0326	0,0657	0,004; 0,01; 0,0326; 0,04	2
	M1	41	0,0463	0,0453	0,0021	97,84	0,0006	0,004	0,0159	0,1	0,1	0,1	16
	M2	9	0,0222	0,0192	0,0004	86,37	0,001	0,0051	0,0156	0,0408	0,05	0,0317; 0,05	2
	G1	98	0,0034	0,0028	0,000008	83,51	0,0001	0,001	0,004	0,004	0,01	0,004	37
ST	P1	64	0,0306	0,0308	0,0010	100,58	0,00005	0,0048	0,02	0,05	0,1226	0,01	6
	P2	207	0,0222	0,0214	0,0005	96	0,0003	0,004	0,0149	0,037	0,0881	0,01	19
	M1	201	0,0214	0,0237	0,0006	110,93	0,00005	0,004	0,01	0,0385	0,0862	0,004	32
	M2	101	0,0135	0,0172	0,0003	127,56	0,0001	0,002	0,0047	0,02	0,064	0,004	15
	G1	450	0,0050	0,0037	0,00001	74,33	0,00005	0,002	0,004	0,008	0,019	0,004	168
SD	G2	14	0,0337	0,0218	0,0005	64,67	0,01	0,0113	0,0255	0,0511	0,0713	0,05	3
	P1	34	0,0299	0,0304	0,0009	101,59	0,0003	0,0075	0,0219	0,0433	0,1256	0,0025; 0,0203	3
	P2	84	0,0208	0,0206	0,0004	98,98	0,001	0,005	0,0141	0,0295	0,0877	0,01	8
	M1	41	0,0052	0,0063	0,00004	121,51	0,00005	0,001	0,003	0,0073	0,0255	0,00005	8
	M2	41	0,0152	0,0136	0,0002	89,48	0,0006	0,004	0,01	0,026	0,052	0,004	10
	G1	297	0,0053	0,0028	0,000008	52,37	0,0001	0,004	0,004	0,008	0,012	0,004	157
	G2	3	0,0691	0,0036	0,00001	5,18	0,067	0,067	0,067	0,0732	0,0732	0,067	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM em SAC em Minas Gerais

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	6	0,034	0,0254	0,0006	74,66	0,004	0,004	0,0405	0,0523	0,068	0,004	2
	P2	4	0,0048	0,0038	0,00001	79,47	0,001	0,0018	0,004	0,0085	0,01	0,004	2
	M1	2	0,1	0	0	0	0,1	-	0,1	-	0,1	0,1	2
	M2	16	0,014	0,008	0,00006	57,14	0,004	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	10
	G1	23	0,0091	0,0082	0,00007	90,38	0,001	0,004	0,004	0,02	0,02	0,004	11
ST	P1	3	0,0127	0,0150	0,0002	118,51	0,004	0,004	0,004	0,03	0,03	0,004	2
	P2	6	0,0040	0,0041	0,00002	101,69	0,0006	0,0006	0,0025	0,0085	0,01	0,0006	2
	M1	13	0,0049	0,0032	0,00001	65,44	0,0006	0,004	0,004	0,007	0,01	0,004	8
	M2	77	0,0211	0,0246	0,0006	116,79	0,0005	0,005	0,005	0,05	0,1	0,005	27
	G1	14	0,0081	0,0088	0,00008	107,65	0,001	0,0035	0,004	0,0118	0,03	0,004	6
Pcs	P2	4	0,0058	0,0040	0,00002	70,11	0,001	0,0018	0,006	0,0095	0,01	-	0
	M1	13	0,0049	0,0032	0,00001	65,44	0,0006	0,004	0,004	0,007	0,01	0,004	8
	M2	16	0,0149	0,0078	0,00006	52,23	0,002	0,005	0,02	0,02	0,02	0,02	11
	G1	7	0,0067	0,0058	0,00003	85,87	0,001	0,004	0,004	0,015	0,015	0,004	4
	G2	1	0,02	-	-	-	0,02	-	0,02	-	0,02	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Rio de Janeiro

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P2	3	0,0094	0,0080	0,00006	85,68	0,0001	0,0001	0,014	0,014	0,014	0,014	2
	M1	1	0,004	-	-	-	0,004	-	0,004	-	0,004	-	0
	M2	3	0,0235	0,0184	0,0003	78,3	0,01	0,01	0,016	0,0444	0,0444	-	0
	G1	4	0,001	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	4
	G2	1	0,007	-	-	-	0,007	-	0,007	-	0,007	-	0
ST	P2	23	0,0136	0,012	0,0001	87,81	0,0006	0,008	0,01	0,0185	0,0407	0,008	5
	M1	11	0,0124	0,011	0,0001	88,55	0,001	0,001	0,0073	0,0245	0,0299	0,001	3
	M2	9	0,0262	0,027	0,0008	104,55	0,0029	0,0066	0,017	0,0345	0,0912	0,03	2
	G1	60	0,0153	0,012	0,0001	77,12	0,001	0,006	0,0127	0,0220	0,0482	0,001; 0,023	4
	G2	30	0,0032	0,005	0,00003	161,87	0,0001	0,001	0,001	0,0024	0,022	0,001	19
SD	P1	5	0,0006	0	0	0	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	5
	P2	5	0,0100	0,0055	0,00003	55,06	0,0006	0,0055	0,011	0,014	0,014	0,014	2
	M1	8	0,0079	0,0043	0,00002	54,06	0,001	0,0033	0,01	0,01	0,011	0,01	5
	G1	5	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	5
	G2	4	0,0033	0,0045	0,00002	138,46	0,001	0,001	0,001	0,0078	0,01	0,001	3

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 5 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM em SAA em São Paulo

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	209	0,0247	0,0314	0,0010	127,09	0,00002	0,004	0,01	0,03	0,1	0,004	41
	P2	228	0,0368	0,0405	0,0016	109,93	0,0006	0,0062	0,0154	0,1	0,1265	0,1	59
	M1	116	0,0247	0,0317	0,0010	128,39	0,0006	0,002	0,0083	0,0395	0,1	0,002	16
	M2	189	0,0110	0,0125	0,0002	113,73	0,0006	0,0006	0,005	0,02	0,053	0,0006	51
	G1	127	0,0264	0,0327	0,0011	123,86	0,0006	0,001	0,01	0,04	0,111	0,001	20
	G2	4	0,0106	0,0093	0,0001	88,34	0,0035	0,0039	0,0074	0,0205	0,0239	-	0
ST	P1	734	0,0188	0,0192	0,0004	101,8	0,00005	0,0033	0,01	0,03	0,0928	0,003	97
	P2	921	0,0318	0,0296	0,0009	93,21	0,000002	0,01	0,0218	0,0430	0,1013	0,1	93
	M1	551	0,0260	0,0215	0,0005	82,59	0,00002	0,009	0,021	0,037	0,096	0,01	23
	M2	869	0,0219	0,0216	0,0005	98,31	0,00005	0,004	0,0170	0,0318	0,0914	0,001	81
	G1	1324	0,0282	0,0268	0,0007	94,91	0,000006	0,0079	0,02	0,04	0,106	0,001	80
	G2	303	0,0240	0,0195	0,0004	80,92	0,001	0,01	0,02	0,0344	0,0852	0,0033	52
SD	P1	508	0,0352	0,0322	0,0010	91,4	0,00002	0,01	0,0257	0,0483	0,1175	0,1	64
	P2	765	0,0369	0,0318	0,0010	86,26	0,0002	0,0112	0,0272	0,0518	0,1351	0,1	75
	M1	398	0,0380	0,0256	0,0007	67,53	0,0003	0,0191	0,0312	0,0508	0,1026	0,1	16
	M2	476	0,0400	0,0302	0,0009	75,47	0,0006	0,0163	0,0326	0,0582	0,1241	0,01	14
	G1	993	0,0474	0,0337	0,0011	71,1	0,0001	0,0193	0,0410	0,0702	0,1577	0,1	50
	G2	124	0,0473	0,0322	0,0010	68,06	0,002	0,02	0,0430	0,07	0,1509	0,01	11

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 6 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM em SAC em São Paulo

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	27	0,0249	0,0300	0,0009	120,52	0,0006	0,002	0,0092	0,033	0,11	0,002	5
	P2	91	0,0049	0,0042	0,00002	84,74	0,0006	0,001	0,004	0,01	0,02	0,001	31
	M1	76	0,0084	0,0090	0,0001	107,6	0,0006	0,002	0,0041	0,01	0,03	0,002	15
	M2	245	0,0137	0,0138	0,0002	100,76	0,0006	0,0025	0,008	0,03	0,066	0,03	48
	G1	528	0,0080	0,0078	0,0001	96,86	0,00002	0,002	0,005	0,01	0,035	0,002	65
	G2	419	0,0144	0,0121	0,0001	84,33	0,0006	0,003	0,01	0,02	0,0644	0,02	90
ST	P1	9	0,0271	0,0220	0,0005	80,93	0,004	0,0066	0,03	0,0455	0,061	0,03	3
	P2	25	0,0083	0,0075	0,0001	90,4	0,001	0,004	0,0058	0,0121	0,0293	0,001; 0,004	4
	M1	43	0,0154	0,0259	0,0007	168,67	0,001	0,001	0,003	0,008	0,0944	0,001	18
	M2	135	0,0164	0,0172	0,0003	104,83	0,0002	0,002	0,0118	0,0263	0,07	0,001	24
	G1	204	0,0297	0,0332	0,0011	111,69	0,0006	0,005	0,016	0,0448	0,15	0,001	18
	G2	59	0,0167	0,0182	0,0003	109,2	0,001	0,003	0,0098	0,03	0,0738	0,003; 0,03	6
Pcs	P1	7	0,0381	0,0371	0,0014	97,36	0,001	0,0047	0,03	0,061	0,1	0,061	2
	P2	23	0,0086	0,0077	0,0001	89,12	0,0004	0,004	0,005	0,0152	0,0245	0,004	4
	M1	41	0,0332	0,0367	0,0014	110,63	0,001	0,004	0,0088	0,0664	0,113	0,004	8
	M2	102	0,0156	0,0179	0,0003	114,99	0,0001	0,0018	0,0079	0,0225	0,0637	0,001	21
	G1	159	0,0288	0,0290	0,0008	100,7	0,0006	0,004	0,017	0,0493	0,116	0,001	15
	G2	27	0,0156	0,0166	0,0003	106,56	0,001	0,002	0,0089	0,03	0,058	0,001	6

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 7 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Paraná

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	9	0,0081	0,0080	0,00006	98,37	0,00006	0,0005	0,01	0,015	0,02	0,01	3
	M1	3	0,0298	0,0292	0,0009	97,99	0,002	0,002	0,0272	0,0602	0,0602	-	0
	M2	2	0,0029	0,0027	0,00001	93,24	0,001	-	0,0029	-	0,0049	-	0
ST	P1	211	0,0115	0,0094	0,00009	82,18	0,000006	0,004	0,0095	0,0173	0,0434	0,001	6
	P2	322	0,0115	0,0087	0,00008	75,17	0,001	0,0050	0,0089	0,0155	0,0396	0,01	7
	M1	194	0,0120	0,0090	0,00008	75,29	0,0015	0,0047	0,0097	0,0154	0,0368	0,005	5
	M2	67	0,0102	0,0074	0,00005	72,14	0,0025	0,0050	0,0076	0,0108	0,0328	0,0033; 0,0038; 0,0047; 0,0048	2
	G1	145	0,0118	0,0086	0,00007	72,71	0,001	0,0056	0,0092	0,0167	0,0358	0,0023; 0,0038; 0,0105; 0,0153	3
	G2	57	0,0120	0,0081	0,00006	66,92	0,001	0,0054	0,0108	0,0159	0,0348	0,01; 0,0108; 0,0121; 0,0126	2
SD	P1	229	0,0115	0,0086	0,00007	74,65	0,00006	0,0047	0,0099	0,0166	0,0336	0,001; 0,002; 0,0023; 0,0032	3
	P2	372	0,0127	0,0087	0,00008	68,24	0,0009	0,0062	0,0103	0,0174	0,0369	0,01	6
	M1	191	0,0160	0,0130	0,0002	81,34	0,001	0,0065	0,0113	0,0259	0,0557	0,001; 0,005; 0,007; 0,0086	3
	M2	70	0,0115	0,0081	0,00007	70,01	0,002	0,0054	0,0095	0,0160	0,0323	0,0058	3
	G1	201	0,0215	0,0135	0,0002	62,84	0,0010	0,0098	0,0211	0,0301	0,0620	0,005; 0,0069; 0,0092; 0,0128	0
	G2	66	0,0292	0,0185	0,0003	63,34	0,003	0,0164	0,0250	0,0420	0,0855	-	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 8 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Rio Grande do Sul

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	187	0,0077	0,0080	0,0001	103,28	0,00006	0,0014	0,004	0,012	0,031	0,001	23
	P2	113	0,0152	0,0155	0,0002	102,24	0,0005	0,002	0,01	0,0285	0,07	0,002	10
	M1	110	0,0155	0,0170	0,0003	110,13	0,0005	0,001	0,009	0,0253	0,07	0,002	9
	M2	52	0,0292	0,0200	0,0004	68,34	0,001	0,0108	0,028	0,04	0,09	0,06	6
	G1	30	0,0152	0,0135	0,0002	89,22	0,001	0,0038	0,011	0,0253	0,05	0,016	3
ST	P1	421	0,0121	0,0108	0,0001	89,55	0,0005	0,003	0,009	0,019	0,04	0,01	40
	P2	347	0,0208	0,0172	0,0003	82,47	0,0005	0,006	0,02	0,03	0,07	0,01	30
	M1	292	0,0189	0,0144	0,0002	76,17	0,0006	0,01	0,0145	0,026	0,06	0,01	48
	M2	217	0,0249	0,0156	0,0002	62,8	0,0005	0,012	0,023	0,0335	0,07	0,03	19
	G1	186	0,0194	0,0132	0,0002	68,03	0,0005	0,01	0,018	0,0245	0,06	0,02	25
SD	G2	135	0,0182	0,0108	0,0001	59,49	0,0042	0,01	0,015	0,022	0,05546	0,01	13
	P1	458	0,0161	0,0140	0,0002	86,9	0,0005	0,004	0,012	0,024	0,05	0,02	43
	P2	239	0,0263	0,0183	0,0003	69,69	0,0005	0,01	0,024	0,04	0,08	0,04	30
	M1	246	0,0278	0,0174	0,0003	62,61	0,0005	0,013	0,024	0,04	0,07	0,02; 0,05	25
	M2	163	0,0310	0,0199	0,0004	64,11	0,003	0,016	0,028	0,04	0,09	0,01	15
	G1	120	0,0428	0,0412	0,0017	96,37	0,0007	0,015	0,0272	0,06	0,17	0,02	11
	G2	143	0,0234	0,0127	0,0002	54	0,0027	0,0145	0,02	0,03	0,059	0,02	17

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 9 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM em Santa Catarina

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	69	0,0113	0,0080	0,0001	70,82	0,0006	0,005	0,0090	0,0166	0,0383	0,02	6
	P2	46	0,0170	0,0119	0,0001	70,16	0,0005	0,0073	0,0145	0,0237	0,05	0,02; 0,0324	3
	M1	29	0,0169	0,0168	0,0003	99,62	0,001	0,0052	0,01	0,0271	0,069	0,001; 0,005; 0,01; 0,0114	2
	M2	7	0,02	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	7
	G1	12	0,0169	0,0091	0,0001	53,78	0,0069	0,0077	0,0176	0,0224	0,0368	0,02	3
	G2	2	0,446	0,625	0,391	140,24	0,004	-	0,446	-	0,888	-	0
ST	P1	666	0,0125	0,0090	0,0001	72,01	0,00001	0,0056	0,0099	0,0183	0,0409	0,02	35
	P2	473	0,0143	0,0101	0,0001	70,4	0,00006	0,0068	0,0114	0,02	0,0443	0,02	26
	M1	169	0,0169	0,0132	0,0002	78,21	0,00006	0,0061	0,0138	0,0238	0,0539	0,02	10
	M2	89	0,0138	0,0110	0,0001	80,14	0,0007	0,0050	0,0097	0,0204	0,05	0,0048; 0,008; 0,0095; 0,0169	2
	G1	132	0,0253	0,0175	0,0003	69,11	0,00006	0,0110	0,0212	0,0363	0,0742	0,02	21
	G2	46	0,0332	0,0280	0,0008	84,24	0,0006	0,0083	0,0264	0,0505	0,11	-	0
SD	P1	760	0,0186	0,0120	0,0001	64,44	0,0001	0,0095	0,0165	0,0252	0,0558	0,02	31
	P2	437	0,0203	0,0129	0,0002	63,59	0,00006	0,0108	0,0174	0,0269	0,0579	0,02	10
	M1	192	0,0169	0,0114	0,0001	67,62	0,00006	0,0083	0,0168	0,0220	0,0548	0,02	27
	M2	110	0,0213	0,0132	0,0002	61,87	0,0006	0,0106	0,0203	0,0282	0,0575	0,021	3
	G1	47	0,0257	0,0160	0,0003	62,23	0,00006	0,015	0,022	0,0377	0,0761	0,02	5
G2	57	0,0389	0,0277	0,0008	71,21	0,0024	0,0138	0,0356	0,0562	0,1	0,0111	2	

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 10 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM em Goiás

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	15	0,0089	0,0101	0,0001	113,69	0,0015	0,0018	0,0042	0,0138	0,038	0,01	2
	P2	13	0,0133	0,0102	0,0001	76,36	0,0004	0,0043	0,0140	0,0198	0,0306	0,014; 0,0187	2
	M1	4	0,0014	0,0006	0	39,48	0,0008	0,0009	0,0014	0,0020	0,0021	-	0
	M2	2	0,0126	0,0081	0,00007	64,24	0,0069	-	0,0126	-	0,0183	-	0
	G1	1	0,0084	-	-	-	0,0084	-	0,0084	-	0,0084	-	2
	G2	6	0,0381	0,0659	0,0043	173	0,0004	0,0005	0,0151	0,063	0,17	0,0274	2
ST	P1	187	0,0082	0,0103	0,0001	125,48	0,0004	0,0018	0,0040	0,0102	0,0481	0,01	4
	P2	155	0,0082	0,0087	0,0001	106,04	0,0004	0,0016	0,0047	0,0129	0,0383	0,02	3
	M1	84	0,0049	0,0046	0,00002	95,5	0,0004	0,0012	0,0032	0,0073	0,02	0,02	0
	M2	44	0,0040	0,0042	0,00002	104,92	0,0003	0,0008	0,0024	0,0066	0,0166	0,0004; 0,0027; 0,01	0
	G1	115	0,0051	0,0049	0,00002	97,09	0,0001	0,0009	0,0030	0,01	0,02	0,01	0
	G2	23	0,0289	0,0528	0,0028	182,79	0,0004	0,001	0,0053	0,03	0,19	0,03; 0,0311	2
SD	P1	76	0,0104	0,0096	0,0001	92,75	0,0001	0,0038	0,0076	0,0139	0,0457	0,01	4
	P2	73	0,0105	0,0132	0,0002	125,89	0,0002	0,0012	0,0049	0,0149	0,0686	0,0043; 0,0049; 0,0078; 0,0179	2
	M1	57	0,0080	0,0092	0,0001	115,16	0,0005	0,0015	0,0046	0,0093	0,0412	-	2
	M2	30	0,0036	0,0043	0,0000	118,72	0,0004	0,0005	0,0015	0,0049	0,0143	0,0004	2
	G1	47	0,0050	0,0055	0,0000	109,93	0,0004	0,0009	0,0027	0,0078	0,0235	0,0102	19
	G2	11	0,0030	0,0058	0,0000	191,62	0,0004	0,0005	0,0007	0,0032	0,02	0,0007	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 11 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Mato Grosso

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	5	0,028	0,0409	0,0017	145,85	0,0001	0,005	0,01	0,06	0,1	0,01	2
	P2	13	0,0116	0,0091	0,0001	78,08	0,00006	0,004	0,012	0,017	0,033	0,012	4
	M1	2	0,023	0,0255	0,0006	110,68	0,005	-	0,023	-	0,041	-	0
	M2	5	0,0188	0,0093	0,0001	49,67	0,004	0,012	0,02	0,025	0,03	0,02	3
	G1	5	0,0081	0,0108	0,0001	132,92	0,00006	0,00006	0,0006	0,02	0,02	0,00006; 0,02	2
	G2	1	0,004	-	-	-	0,004	-	0,004	-	0,004	-	0
ST	P1	9	0,0020	0,0031	0,00001	154,62	0,00006	0,0005	0,001	0,002	0,01	0,001	5
	P2	84	0,0073	0,0090	0,0001	122,56	0,00006	0,001	0,004	0,0128	0,0360	0,001	18
	M1	38	0,0122	0,0083	0,0001	68,41	0,00006	0,004	0,015	0,02	0,02	0,02	18
	M2	78	0,0063	0,0098	0,0001	155,71	0,00006	0,00006	0,001	0,0103	0,04	0,001	30
	G1	79	0,0101	0,0096	0,0001	94,86	0,00006	0,0006	0,0061	0,02	0,02	0,02	37
	G2	111	0,0072	0,0041	0,00002	56,47	0,001	0,0043	0,006	0,01	0,0175	0,004	13
SD	P1	6	0,0050	0,0050	0,00002	99,52	0,00006	0,00006	0,004	0,0105	0,012	0,00006; 0,004	2
	P2	7	0,0184	0,0196	0,0004	106,45	0,00006	0,001	0,02	0,0360	0,0507	0,001; 0,02	2
	M1	2	0,05	0,0424	0,0018	84,85	0,02	-	0,05	-	0,08	-	0
	M2	12	0,00006	0	0	0	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	12
	G1	1	0,02	-	-	-	0,02	-	0,02	-	0,02	-	0
	G2	69	0,0096	0,0045	0,00002	47,31	0,001	0,0063	0,01	0,012	0,0212	0,01	13

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 12 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Mato Grosso do Sul

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	5	0,0324	0,0427	0,0018	131,84	0,004	0,004	0,004	0,075	0,1	0,004	3
	P2	11	0,0086	0,0045	0,00002	52,43	0,002	0,002	0,012	0,012	0,012	0,012	6
	M1	2	0,05	0	0	0	0,05	-	0,05	-	0,05	0,05	2
	G1	3	0,0335	0,0285	0,0008	85,05	0,0006	0,0006	0,05	0,05	0,05	0,05	2
ST	P1	9	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	9
	P2	26	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	26
	M1	16	0,0175	0,0161	0,0003	92,14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	13
	M2	1	0,05	-	-	-	0,05	-	0,05	-	0,05	-	0
	G1	28	0,0403	0,0218	0,0005	54,09	0,008	0,01	0,05	0,05	0,1	0,05	19
	G2	90	0,004	0	0	0	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	90
SD	P1	18	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	18
	P2	23	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	23
	M1	12	0,0467	0,0078	0,00006	16,68	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
	M2	3	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	3
	G1	10	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
	G2	55	0,0040	0,0004	0	10,62	0,003	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	48

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 13 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM na Bahia

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	2	0,004	0	0	0	0,004	-	0,004	-	0,004	0,004	2
	P2	1	0,013	-	-	-	0,013	-	0,013	-	0,013	-	0
	M1	1	0,024	-	-	-	0,024	-	0,024	-	0,024	-	0
	G1	20	0,0436	0,0406	0,0017	93,23	0,001	0,008	0,0130	0,08	0,1	0,008	8
ST	P1	149	0,0353	0,0326	0,0011	92,45	0,01	0,01	0,02	0,0515	0,141	0,01	49
	P2	439	0,0285	0,0233	0,0005	82,02	0,001	0,01	0,019	0,039	0,106	0,01	139
	M1	263	0,0214	0,0178	0,0003	82,85	0,001	0,01	0,01	0,027	0,08	0,01	130
	M2	205	0,0251	0,0186	0,0004	74,04	0,005	0,01	0,017	0,0395	0,092	0,01	90
	G1	156	0,0207	0,0158	0,0003	76,46	0,001	0,01	0,0103	0,0288	0,067	0,01	75
	G2	39	0,0835	0,0432	0,0019	51,69	0,01	0,05	0,076	0,117	0,19	0,042	3
SD	P1	169	0,0668	0,0656	0,0043	98,22	0,01	0,0145	0,046	0,0980	0,296	0,01	37
	P2	482	0,0392	0,0314	0,0010	80,08	0,009	0,013	0,0295	0,057	0,148	0,01	96
	M1	292	0,0437	0,0408	0,0017	93,41	0,01	0,01	0,026	0,07	0,176	0,01	96
	M2	145	0,0496	0,0457	0,0021	92,02	0,005	0,01	0,034	0,0765	0,175	0,01	51
	G1	131	0,0377	0,0285	0,0008	75,55	0,001	0,01	0,0344	0,059	0,116	0,01	43
	G2	21	0,0785	0,0283	0,0008	36,1	0,037	0,0585	0,0723	0,091	0,145	0,048; 0,072; 0,085	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 14 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Ceará

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P2	5	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5
	ST												
ST	P1	48	0,1458	0,0582	0,0034	39,9	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	28
	P2	241	0,1526	0,0708	0,0050	46,37	0,01	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	134
	M1	141	0,1664	0,0747	0,0056	44,87	0,06	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	69
	M2	140	0,1949	0,1243	0,0155	63,81	0,02	0,1	0,2	0,2	0,6	0,1	64
	G1	52	0,1635	0,0768	0,0059	46,97	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	28
	G2	22	0,1000	0,0002	0	0,21	0,099	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	21
SD	P1	52	0,1753	0,0782	0,0061	44,63	0,016	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	21
	P2	322	0,1572	0,0699	0,0049	44,47	0,09	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	175
	M1	222	0,1569	0,0727	0,0053	46,32	0,07	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	124
	M2	201	0,2001	0,1243	0,0154	62,09	0,09	0,1	0,2	0,25	0,6	0,1	89
	G1	80	0,1474	0,0601	0,0036	40,77	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	43
	G2	14	0,1036	0,0134	0,0002	12,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	13

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 12 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Sergipe

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	3	0,312	0,524	0,275	167,93	0,007	0,007	0,012	0,917	0,917	-	0
	P2	2	0,054	0,0594	0,0035	109,99	0,012	-	0,054	-	0,096	-	0
	M1	1	0,1	-	-	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0
	M2	1	0,003	-	-	-	0,003	-	0,003	-	0,003	-	0
	G1	1	0,016	-	-	-	0,016	-	0,016	-	0,016	-	0
ST	P1	2	0,531	0,546	0,298	102,8	0,145	-	0,531	-	0,917	-	0
	P2	6	0,0305	0,0308	0,0009	100,99	0,005	0,0058	0,023	0,0505	0,088	-	0
	M1	8	0,0421	0,0196	0,0004	46,6	0,019	0,0218	0,04	0,063	0,067	-	0
	M2	13	0,1328	0,104	0,0108	78,31	0,0092	0,0345	0,125	0,186	0,358	0,15	2
	G1	7	0,1083	0,107	0,0114	98,8	0,011	0,02	0,076	0,206	0,3	-	0
	G2	1	0,062	-	-	-	0,062	-	0,062	-	0,062	-	0
SD	P1	18	0,0797	0,068	0,0046	85,34	0,005	0,0213	0,0695	0,118	0,24	0,01	2
	P2	46	0,0664	0,0743	0,0055	111,82	0,001	0,009	0,03	0,1348	0,267	0,002	6
	M1	12	0,0478	0,0395	0,0016	82,65	0,001	0,007	0,052	0,0825	0,108	-	0
	M2	2	0,1085	0,1294	0,0167	119,26	0,017	-	0,1085	-	0,2	-	0
	G1	20	0,0796	0,0835	0,007	104,88	0,003	0,0178	0,0545	0,1333	0,324	0,01	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

Tabela 16 - Estatística descritiva dos dados quantificados de THM no Tocantins

		N ¹	Média	DV ²	Var ³	CV ⁴	Mín ⁵	Q1 ⁶	Med ⁷	Q3 ⁸	Máx ⁹	Moda	n ¹⁰
PC	P1	5	0,0207	0,0121	0,0002	58,43	0,001	0,0111	0,0231	0,0291	0,0341	-	0
ST	P1	154	0,0198	0,0090	0,00008	45,29	0,003	0,0119	0,0209	0,0273	0,048	0,0273; 0,03	4
	P2	67	0,0149	0,0086	0,00007	57,68	0,0004	0,0083	0,0137	0,0189	0,0437	0,004; 0,005; 0,006; 0,0064	2
	M2	7	0,0142	0,0110	0,0001	77,79	0,002	0,006	0,012	0,0278	0,0309	-	0
	G1	20	0,0149	0,0127	0,0002	85,34	0,0009	0,0049	0,0087	0,0285	0,0445	0,0285	2
SD	P1	240	0,0227	0,0089	0,00008	39,03	0,002	0,0162	0,0239	0,0299	0,0494	0,03	11
	P2	83	0,0197	0,0140	0,0002	70,81	0,002	0,0078	0,0169	0,027	0,0579	0,002	4
	M2	8	0,0134	0,0049	0,00002	36,5	0,007	0,0081	0,0137	0,0166	0,0212	0,007	2
	G1	19	0,0181	0,0137	0,0002	75,64	0,0026	0,0066	0,013	0,0283	0,0542	-	0

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sisagua (Brasil, 2020)

(1): Número de dados quantificados considerado; (2) Desvio padrão; (3) Variância; (4) Coeficiente de variação; (5) Mínimo; (6) Primeiro quartil; (7) Mediana; (8) Terceiro quartil; (9) Máximo; (10) Número de moda.

APÊNDICE E – Ocorrência percentual de pH, cloro residual livre e cor no Brasil

Tabela 1 – Percentual de ocorrência de pH, cloro residual livre e cor por faixas de ocorrência por estado brasileiro e porte municipal.

		pH (%)		CRL (%)		Cor (%)	
		Maior que 9	Menor que 6	Menor que 0,2 (mg/L)	Entre 2 e 5 (mg/L)	Maior que 5 (mg/L)	Maior que 15 (uH)
PR	P1	0,77	7,51	0,66	1,22	0,00	0,69
	P2	0,38	2,67	0,00	4,26	0,00	0,29
	M1	0,18	3,35	0,03	7,06	0,00	0,58
	M2	0,00	3,78	0,88	1,21	0,00	0,01
	G1	0,09	1,02	1,35	7,38	0,00	0,47
	G2	0,00	0,01	0,00	10,20	0,00	0,00
RS	P1	1,13	16,91	6,70	10,53	0,68	0,73
	P2	0,39	9,11	6,18	7,88	0,06	0,06
	M1	1,77	4,15	1,93	4,86	1,53	0,74
	M2	1,14	17,17	13,32	6,35	1,05	1,67
	G1	0,03	7,27	3,87	10,20	0,00	2,86
	G2	0,07	15,05	1,70	4,81	0,06	1,43
SC	P1	0,19	2,45	0,31	7,19	0,03	2,59
	P2	0,06	3,58	0,26	12,29	0,06	2,11
	M1	0,06	2,14	0,49	9,21	0,01	1,21
	M2	0,02	0,69	0,05	8,46	0,00	2,09
	G1	0,09	1,58	0,07	9,53	0,02	2,49
	G2	0,01	1,42	0,19	32,53	0,07	7,43
ES	P1	0,00	0,46	14,15	0,00	0,00	0,00
	P2	0,00	0,31	0,28	4,10	0,00	0,05
	M1	0,02	1,47	2,33	24,84	0,01	1,27
	G1	0,03	0,23	0,03	2,82	0,01	0,29
	G2	0,00	0,07	0,01	21,59	1,92	0,00
MG	P1	0,32	0,18	0,00	2,45	0,06	2,42
	P2	0,05	1,46	0,46	1,23	0,00	1,40
	M1	0,08	6,86	0,11	1,49	0,29	5,88
	M2	0,04	0,87	0,15	2,84	0,13	0,31
	G1	0,81	3,25	0,06	3,37	0,02	1,08
	G2	0,14	3,59	0,03	0,50	0,00	0,27
RJ	P2	0,00	0,02	0,21	14,05	0,00	12,04
	M1	0,02	0,56	0,14	40,55	0,00	0,10
	M2	0,10	2,27	0,00	55,63	0,02	0,04
	G1	0,05	0,62	0,34	32,30	0,00	0,58
	G2	0,17	0,30	0,08	10,25	0,00	3,16
SP	P1	0,74	1,40	0,80	6,68	0,40	3,55
	P2	0,20	1,87	1,11	7,77	0,41	3,11
	M1	1,86	1,80	0,74	13,22	0,02	0,89
	M2	0,26	1,72	1,07	20,29	0,09	2,42
	G1	0,77	1,84	0,33	22,35	0,06	0,96
	G2	2,60	1,07	0,18	23,47	0,00	0,58

Tabela 1 - Percentual de ocorrência de pH, cloro residual livre e cor por faixas de ocorrência por estado brasileiro e porte municipal (continuação).

		pH (%)		CRL (%)		Cor (%)	
		Maior que 9	Menor que 6	Menor que 0,2 (mg/L)	Entre 2 e 5 (mg/L)	Maior que 5 (mg/L)	Maior que 15 (uH)
GO	P1	0,17	6,67	0,13	1,22	0,02	2,46
	P2	0,19	5,97	1,65	0,69	0,52	1,96
	M1	0,53	2,11	1,60	1,25	0,02	2,32
	M2	0,22	5,00	0,52	3,48	0,01	4,29
	G1	0,17	0,69	0,25	1,16	0,03	1,07
	G2	0,03	0,55	0,24	0,57	0,03	11,67
MT	P1	0,00	3,05	0,09	0,59	0,32	1,95
	P2	0,00	8,13	0,63	3,77	0,00	0,10
	M1	0,07	8,78	0,03	0,41	0,07	0,09
	M2	0,01	47,09	0,31	0,55	0,14	0,43
	G1	0,08	31,77	5,08	5,49	0,00	18,74
	G2	0,03	0,89	0,03	0,66	0,00	1,63
MS	P1	0,00	6,73	0,04	3,28	0,00	0,78
	P2	0,01	12,65	0,41	24,87	0,01	10,45
	M1	0,13	6,70	0,21	2,45	0,00	8,37
	M2	0,00	28,19	0,00	0,00	0,00	0,00
	G1	0,00	7,77	0,17	0,27	0,00	0,04
	G2	0,00	9,32	0,35	0,01	0,00	0,00
TO	P1	0,01	0,62	0,04	0,84	0,01	1,47
	P2	0,00	0,11	0,00	0,83	0,00	0,05
	M1	0,00	70,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	M2	0,00	0,04	0,00	0,06	0,00	0,01
	G1	0,32	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
BA	P1	0,08	21,85	0,12	35,08	0,04	2,92
	P2	0,06	10,91	0,31	42,61	0,98	1,08
	M1	0,05	13,84	0,14	49,07	0,12	1,72
	M2	0,04	9,55	0,08	83,64	0,11	3,17
	G1	0,13	19,44	0,30	71,51	0,03	1,48
	G2	0,07	0,29	0,16	89,46	0,15	2,00
CE	P1	1,20	0,05	0,00	69,38	17,79	23,69
	P2	0,91	0,89	0,11	74,36	4,72	29,02
	M1	0,06	0,30	0,02	80,97	4,30	28,39
	M2	0,00	0,29	0,07	78,67	0,43	18,78
	G1	0,32	0,15	0,04	93,29	0,30	32,97
	G2	0,00	0,00	0,02	94,04	0,28	3,71

APÊNDICE F – Temperaturas médias, máximas e mínimas

Quadro 1 – Temperaturas médias históricas (1961-1990), temperatura mínima (2014-2019) e temperatura máxima (2014-2019) nos estados brasileiros abordados nesse estudo.

		Temperatura							
		Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Junho	Julho	Agosto	Setembro
TO	Média ⁽¹⁾	21-25	25-26	25-26	25-26	24-26	24-27	25-29	26-27
	Mínimo ⁽²⁾	20,1-24	20,1-24	20,1-24	20,1-24	16,1-22	14,1-22	14,1-22	18,1-24
	Máximo ⁽²⁾	28,1-36	30,1-34	30-36	30,1-34	30,1-36	30,1- >36	32,1- >36	32,1- >36
BA	Média ⁽¹⁾	24-27	24-27	24-27	24-27	17-26	20-25	20-26	21-26
	Mínimo ⁽²⁾	18-24	18-24	18-24	18-24	16,1-20	12,1-20	14,1-20	16,1-22
	Máximo ⁽²⁾	26,1- >36	28,1-36	28,1-36	30,1-36	24,1-34	24,1-34	26,1-36	26,1- >36
CE	Média ⁽¹⁾	24-29	24-27	24-29	24-27	24-26	24-27	24-29	24-29
	Mínimo ⁽²⁾	20,1- >24	20,1- >24	20,1-24	20,1- >24	18,1-24	18,1-24	18,1-24	20,1-24
	Máximo ⁽²⁾	30,1- >36	30,1- >36	30,1-36	30,1-36	28,1-36	28,1-36	30,1->36	28,1- >36
SE	Média ⁽¹⁾	29	26-27	27-29	27-29	24-25	24-25	24-25	24-25
	Mínimo ⁽²⁾	22,1-24	22,1-24	22,1-24	22,1-24	18,1-24	18,1-24	18,1-22	18,1-22
	Máximo ⁽²⁾	28,1-36	34,1-36	34,1-36	32,1-34	28,1-32	26,1-30	26,1-32	28,1-32
GO	Média ⁽¹⁾	24-25	24-26	24-26	24-26	17-24	19-22	22-25	24-26
	Mínimo ⁽²⁾	18-22	18-22	18-22	18-22	12,1-18	12,1-18	16,1-22	16,1-24
	Máximo ⁽²⁾	24,1-34	26,1-34	26,1-34	26,1-34	24,1-34	24,1-34	30,1-36	28,1- >36
MT	Média ⁽¹⁾	25-27	25-27	25-27	24-27	22-25	21-25	24-26	25-27
	Mínimo ⁽²⁾	20,1-24	20,1-24	20,1-24	20,1-24	14,1-22	14,1-22	16,1-20	18,1-24
	Máximo ⁽²⁾	28,1-36	28,1-34	28,1-36	28,1-34	30,1-36	28,1-36	28,1->36	32- >36
MS	Média ⁽¹⁾	24-27	24-27	25-27	22-27	16-22	16-21	19-24	19-25
	Mínimo ⁽²⁾	20,1-24	20,1-24	20,1- >24	18,1-24	12,1-20	12,1-20	12,1-20	14,1-24
	Máximo ⁽²⁾	28,1-36	30,16	30,1-36	30-34	22,1-30	24,1-32	26,1-34	26,1-36
PR	Média ⁽¹⁾	19-24	20-25	19-25	19-24	16	16-17	16-19	16-21
	Mínimo ⁽²⁾	14,1-20	16,1-24	14,1-20	14,1-22	6,1-18	6,1-18	8,1-18	8,1-18
	Máximo ⁽²⁾	24,1-32	24,1-34	24,1-34	24,1-32	<18-28	<18-28	20,1-30	20,1-32
RS	Média ⁽¹⁾	21-25	24-26	22-25	20-24	16	16	16	16-19
	Mínimo ⁽²⁾	14,1-20	16,1-22	14,1-20	14,1-20	<6 - 16	6,1-16	6,1-16	8,1-16
	Máximo ⁽²⁾	24,1-32	24,1-34	24,1-34	24,1-32	<18-24	<18-24	18,1-26	18,1-28
SC	Média ⁽¹⁾	19-25	24-26	20-25	19-24	16	16	16	16-19
	Mínimo ⁽²⁾	14,1-20	16,1-20	14,1-20	14,1-20	<6-16	6,1-16	6,1-16	8,1-16
	Máximo ⁽²⁾	24,1-32	24,1-32	24,1-32	24,1-30	<18-24	<18-24	18,1-26	18,1-28
ES	Média ⁽¹⁾	24-26	26-27	26-27	26-27	20-24	21	22-24	24
	Mínimo ⁽²⁾	18,1-24	18,1-24	18,1-24	18,1-24	14,1-20	12,1-20	14,1-20	14,1-20
	Máximo ⁽²⁾	26,1-36	28,1-36	26,1-36	26,1-34	24,1-30	24,1-30	24,1-30	24,1-32
MG	Média ⁽¹⁾	19-25	22-26	20-26	19-26	16-22	16-21	16-24	19-25
	Mínimo ⁽²⁾	16,1-24	16,1-24	14,1-22	16,1-22	8,1-20	8,1-20	8,1-20	10,2-22
	Máximo ⁽²⁾	26,1-36	26,1-36	26,1-36	26,1-36	22,1-32	22,1-32	24,1-34	24,1->36
RJ	Média ⁽¹⁾	24-26	24-26	24-27	24-26	17-22	16-21	19-21	19-22
	Mínimo ⁽²⁾	18,1-24	18,1-24	18,1-24	18,1-24	14,1-18	12,1-18	14,1-18	16,1-20
	Máximo ⁽²⁾	26,1-32	26,1-36	26,1-36	26,1-34	24,1-30	20,1-30	24,1-30	24,1-32
SP	Média ⁽¹⁾	20-26	22-26	24-26	20-26	16-21	16-22	16-21	17-24
	Mínimo ⁽²⁾	16,1-22	18,1-22	16,1-24	16,1-24	8,1-18	8,1-18	12,1-18	12,1-22
	Máximo ⁽²⁾	26,1-36	26,1-36	26,1-32	26,1-34	22,1-32	20,1-32	20,1-32	22,1-36

(1)médias históricas com dados de 30 anos (1961 a 1990); (2) mínimos e máximos entre os anos de 2014 e 2019.

Fonte: elaboração própria a partir de dados do CPTEC/INPE(2022).