



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

PAULO SÉRGIO DOS SANTOS

**TEORES DE FLUORETO NAS ÁGUAS DO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DA PORÇÃO NORTE DA 17ª REGIONAL  
DE SAÚDE DO PARANÁ: IMPLICAÇÕES PARA SAÚDE  
BUCAL**

---

Londrina

2023

PAULO SÉRGIO DOS SANTOS

**TEORES DE FLUORETO NAS ÁGUAS DO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DA PORÇÃO NORTE DA 17ª REGIONAL  
DE SAÚDE DO PARANÁ: IMPLICAÇÕES PARA SAÚDE  
BUCAL**

Dissertação de Mestrado em Geografia  
apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Geografia do Departamento de Geociências  
da Universidade Estadual de Londrina, como  
requisito parcial à obtenção do título de Mestre  
em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini  
Pinese

Londrina  
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Santos, Paulo Sérgio dos .

Teores de fluoreto nas águas do sistema de abastecimento da porção norte da 17ª Regional de Saúde do Paraná: implicações para saúde bucal / Paulo Sérgio dos Santos. - Londrina, 2023.  
132 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese.  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2023.  
Inclui bibliografia.

1. Água - Tese. 2. Flúor - Tese. 3. Geografia da Saúde - Tese. 4. Saúde Bucal - Tese. I. Pinese, Prof. Dr. José Paulo Peccinini . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 91

PAULO SÉRGIO DOS SANTOS

**TEORES DE FLUORETO NAS ÁGUAS DO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DA PORÇÃO NORTE DA 17ª REGIONAL  
DE SAÚDE DO PARANÁ: IMPLICAÇÕES PARA SAÚDE  
BUCAL**

Dissertação de Mestrado em Geografia  
apresentada ao Programa Pós-Graduação em  
Geografia do Departamento de Geociências da  
Universidade Estadual de Londrina, como  
requisito parcial à obtenção do título de Mestre  
em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

---

Orientador: Prof. Dr. José Paulo P. Pinese  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. André Celligoi  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Gilson Burigo Guimarães  
Universidade Estadual de Ponta Grossa -UEPG

Londrina, 24 de fevereiro de 2023.



À minha avó, Guilhermina Vieira da Silva, vó Zumira.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a Deus por tudo de bom que ele tem proporcionado nas nossas vidas: paz, saúde, esperança e amor.

Agradecer também a todos aqueles que usam a ciência e o conhecimento a serviço da humanidade e do planeta.

Ao Prof. José Paulo Peccinini Pinese, meu orientador, por ter me aceito como orientando, pelo trabalho prestado à Universidade Estadual de Londrina, pelas orientações e ensinamentos que contribuíram na realização deste trabalho.

Agradeço também aos ensinamentos e orientações dos outros professores das demais disciplinas que cursei durante o Mestrado.

A todos os meus amigos que sempre me apoiaram. Aos meus amigos de trabalho do Colégio Pe. José Pires, em especial à Professora Marly Savio e Ana Maria Xavier, que me apoiaram desde o início do curso.

Ao Professor Sérgio Pereira, por todo apoio e orientações que contribuíram muito na concretização desse trabalho.

À minha prima Edilaine Pereira e seu esposo Anderson Fagner, que sempre me acolheram em sua casa e sempre me apoiaram em tudo.

Muita gratidão a todos vocês!

## RESUMO

SANTOS, P. S. **Teores de fluoreto nas águas do sistema de abastecimento na porção norte da 17ª regional de saúde do Paraná: implicações para a saúde bucal.** 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

O presente trabalho traz uma abordagem sobre o consumo da água, considerando aspectos ambientais, antrópicos e os impactos sobre a saúde bucal. Para o referencial teórico, houve o resgate histórico de estudos geográficos inseridos em áreas da saúde, buscando afirmar a importância da interdisciplinaridade na consolidação dos resultados. Este estudo apresenta uma análise sobre “teores de fluoreto nas águas do sistema de abastecimento na porção norte da 17ª regional de saúde do Paraná: implicações para a saúde bucal”. O Ministério da Saúde tem estabelecido determinados parâmetros para adição de flúor (fluoretação), onde deve-se considerar os valores estabelecidos para a concentração de íon fluoreto, portanto o VPM (Valor Máximo Permitido) não pode ultrapassar 1,5 mg/L. Considerando as condições climáticas da área de estudo, o valor recomendado é de 0,6 a 0,8 mg/L, conforme as médias máximas de temperatura diárias do ar em diferentes regiões do Brasil. Desse modo, foram analisados dados do SISAGUA no período de 2014 e 2018, que apresentaram valores abaixo e acima do recomendado, podendo ser relacionado com as mudanças sazonais. Houve a análise das medidas encontradas nos municípios pertencentes a porção norte da 17ª Regional de Saúde do Paraná, entre os anos de 2014 e 2018, onde analisou-se cada ano, e considerou-se cada período de pluviosidade: chuvoso nos meses de janeiro a março e outubro a dezembro; seco entre os meses de abril a setembro. Essas médias resultaram na produção de mapas, evidenciando que em períodos chuvosos o teor é menor que 0,6 a 0,8 mg/L, e em períodos secos o teor encontra-se maior. É importante destacar que independente do período climático, foram observados durante cada ano, teores abaixo e acima do recomendado. Por meio dos dados da ANVISA e SISAGUA, pelo software Qgis, foram elaborados mapas das médias por municípios. Portanto, os mapas apresentaram municípios com teores baixos, tal qual o município de Miraselva, e municípios com teores altos, por exemplo, o município de Centenário do Sul. Desta forma, observou-se que em algumas áreas, no período chuvoso, ocorreu uma deficiência do flúor e em outras no período seco, ocorreu um excesso, podendo ser explicado pela ocorrência de tais fatores: geogenéticos (condições hidrogeológicas) e tecnogenéticos (tratamento da água em que se adiciona o flúor sem o devido rigor). Portanto, esta pesquisa visa advertir o consumo indevido de flúor, considerando períodos climáticos. Para melhorar a saúde e o bem estar da população em estado de vulnerabilidade a problemas de saúde bucal, como a cárie e fluorose. Nesse sentido, este estudo busca, auxiliar autoridades competentes sobre melhorias na vigilância e rigor no tratamento de água, observando com maior atenção os teores de flúor em período sazonais diferentes. E colaborar com outras pesquisas científicas, para futuros projetos de pesquisa, para gestores no planejamento urbano e de saúde.

**Palavras-chave:** água; geografia da saúde; geoquímica; flúor; saúde bucal.

## ABSTRACT

SANTOS, P. S. **Fluoride levels in water from the supply system on the north portion of Paraná's 17th Regional Health: Implications for Oral Health**2023.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

This work presents an approach to water consumption, considering environmental aspects, anthropic aspects, and the impacts on oral health. To theoretical framework, there has been a historical revival of geographic studies in the health field, seeking to prove the importance of interdisciplinary research in the consolidation of findings. This research displays an analysis of "fluoride levels in water from the supply system on the north portion of Paraná's 17<sup>th</sup> Regional Health: implications for oral health". The health minister has established certain parameters for the addition of fluoride (fluoridation), where it should be considered established values for the concentration of fluoride ions, so the VPM (Maximum Value Allowed) shouldn't go beyond 1,5 mg/L. Considering the climate conditions of the study field, the recommended value is 0,6 to 0,8 mg/L, according to Brazil's different regions average daily maximum air temperature. Thereby, it was analyzed using data from SISAGUA in 2014 to 2018 period, which showed low and high values above the recommend, which can be related to seasonal changes. Was done the analyses of measurements found in the municipality from the northern part of Paraná's 17<sup>th</sup> Regional Health, between 2014 to 2018, where they were analyzed each year, and it was considered each period of rainfall: rainy in January from March and October to December; dry between April to September. This average resulted in the production of maps, showing on rainy periods the content is lower than 0,6 to 0,8 mg/L, and on dryer periods the content is higher. It is important to say that, independently of climate period, it was observed during each year to be lower and higher than recommended. Therefore, the maps presented municipalities with lowered contents, for example, the municipality of Miraselva, and municipalities with the highest contents, for example, the municipality of Centanário do Sul. In this way, it could be seen in some areas, on rainy periods, occurred a deficiency of fluoride and in others on driest periods occurred the excess occurred. This can be explained by the occurrence of such factors as geogenetics (hydrogeological conditions) and tecnogenetics (water treatment to which fluoride is added without due rigor). Therefore, this research aims to warn against the misuse of fluoride, considering climate periods. To improve the health and well-being of the population in a state of vulnerability to oral health problems, such as caries and fluorosis. In this sense, this study seeks to inform competent authorities about improvements in surveillance and rigor in water treatment, observing with greater attention the fluoride levels in different seasonal periods. In addition, collaborate with other scientific research, future research projects and managers in urban and health planning.

**Key words:** water; health geography; geochemistry; fluoride; oral health.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Padrão de resposta biológica (curva dose-resposta) a elementos essenciais e não essenciais .....	43
<b>Figura 2</b> - Metabolismo do F no corpo humano .....	45
<b>Figura 3</b> - Fluorose dentária - Aparência do esmalte dos dentes de acordo com os graus de intensidade da fluorose dentária (Dean, 1942) .....	45
<b>Figura 4</b> - Fluorose óssea .....	46
<b>Figura 5</b> - Mapa de localização da área de estudo .....	47
<b>Figura 6</b> - Geologia da área de estudo .....	49
<b>Figura 7</b> - Unidades Geológicas da área de estudo .....	54
<b>Figura 8</b> - Geomorfologia da área de estudo .....	55
<b>Figura 9</b> - Mapa pedológico da área de estudo .....	57
<b>Figura 10</b> - Mapa climático da área de estudo .....	58
<b>Figura 11</b> - Hidrografia da área de estudo .....	61
<b>Figura 12</b> - Mapa do sistema Aquífero Caiuá e SASG da área de estudo .....	64
<b>Figura 13</b> – Média de concentração de fluoreto (mg/L) em amostras de SAA na 17ª Regional de Saúde entre 2014 e 2018 .....	68
<b>Figura 14</b> - Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa .....	76
<b>Figura 15</b> - Responsável pelo abastecimento e fonte .....	78
<b>Figura 16</b> - Mapa de localização dos pontos de coleta das amostras na área de estudo (2014 – 2018) .....	80
<b>Figura 17</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso-2014 .....	82
<b>Figura 18</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco – 2014 .....	86
<b>Figura 19</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras: período chuvoso-2015 .....	89
<b>Figura 20</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco -2015 .....	92
<b>Figura 21</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras: período chuvoso-2016 .....	95
<b>Figura 22</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco-2016 .....	98

<b>Figura 23</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso-2017 .....	101
<b>Figura 24</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco -2017 .....	104
<b>Figura 25</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso-2018 .....	107
<b>Figura 26</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco -2018 .....	110
<b>Figura 27</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso 2014 a 2018 .....	113
<b>Figura 28</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco 2014 a 2018 .....	115
<b>Figura 29</b> – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras entre 2014 e 2018 .....	117

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Percentual de setores censitários por município e níveis de risco a cárie na porção norte da 17ª Regional de Saúde .....	66
<b>Tabela 2</b> - Percentual de população urbana que consumiu água com teores de fluoreto fora do valor de referência entre 2014 e 2018 na porção norte da 17rs – método de análise municipal .....	70
<b>Tabela 3</b> - Limites de flúor para as águas de consumo, de acordo com as médias das temperaturas máximas diárias .....	72

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Concentrações médias de F (ppm) de diferentes culturas em relação à concentração média de F no solo .....	39
<b>Gráfico 2</b> -Médias mínimas e máximas na área de estudo, conforme legislação entre 2014 e 2018 .....	69
<b>Gráfico 3</b> – Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período chuvoso – 2014 .....	84
<b>Gráfico 4</b> –Médias de teores de fluoreto (mg/L) por municípios conforme as amostras de SAA período seco – 2014 .....	87
<b>Gráfico 5</b> – Médias de teores de fluoreto (mg/L) por municípios conforme as amostras de SAA período chuvoso – 2015 .....	90
<b>Gráfico 6</b> – Médias de teores de fluoreto (mg/L) por municípios conforme as amostras de SAA período seco – 2015 .....	93
<b>Gráfico 7</b> – Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme as amostras de SAA período chuvoso – 2016 .....	96
<b>Gráfico 8</b> – Médias teores de fluoreto (mg/L) por municípios conforme as amostras de SAA período seco – 2016 .....	99
<b>Gráfico 9</b> – Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme as amostras de SAA período chuvoso – 2017 .....	102
<b>Gráfico 10</b> - Médias teores de Fluoreto (mg/L) por município conforme as amostras de SAA: período seco – 2017 .....	105
<b>Gráfico 11</b> - Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme as amostras de SAA período chuvoso – 2018 .....	108
<b>Gráfico 12</b> -Média de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme as amostras de SAA período seco – 2018 .....	111



## LISTA DE SIGLAS

17ª RS	17ª Regional de Saúde do Estado do Paraná
Al	Alumínio
ANA	Agência Nacional de Água
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
B	Boro
Ca	Cálcio
DATASUS	Departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe	Ferro
IAT	Instituto de Água e Terra do Estado do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
LOS	Lei Orgânica de Saúde
Mg/L	Miligramas por litro
MINEROPAR	Minerais do Paraná
OMS	Organização Mundial da Saúde
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAG	Sistema Aquífero Guarani
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SASG	Sistema de Aquífero Serra Geral
SD	Desvio Padrão
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SUS	Sistema Único de Saúde
UEL	Universidade Estadual de Londrina
VMP	Valor Máximo Permitido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	15
<b>2 OBJETIVOS</b>	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	20
3.1 A GEOGRAFIA MÉDICA	21
3.2 A GEOGRAFIA DA SAÚDE	24
3.3 GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E A SAÚDE	25
3.4. ÁGUA E A SAÚDE	26
3.5. LEGISLAÇÃO	28
3.6 A GEOGRAFIA DA SAÚDE E O FLÚOR	29
3.7. IMPACTOS DA VARIAÇÃO DOS TEORES DE FLÚOR NOS DIVERSOS AMBIENTES, PRODUTOS E SAÚDE HUMANA	31
3.7.1 O Ciclo Hidrogeoquímico	32
3.7.2 A Presença do Flúor no Solo e na Atmosfera	32
3.7.3 O Flúor nas Águas Subterrâneas e Superficiais	34
3.7.4 Água de Abastecimento e Fluoretação	35
3.7.5 O Flúor nos Animais e Plantas	37
3.7.6 Produtos Industrializados	39
3.7.7 Efeitos e Impactos Sobre os Seres Humanos	42
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA</b>	47
4.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS	47
4.1.1 Grupo Serra Geral	49
4.1.2 Grupo Bauru	50
4.1.3 Grupo Caiuá	51
4.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	54
4.3 ASPECTOS PEDOLÓGICOS	55
4.4 ASPECTOS CLIMÁTICOS	57
4.5 ASPECTOS HIDROLÓGICOS	58
4.5.1 Bacia do Tibagi	58
4.5.2 Bacia Paranapanema III	59
4.5.3 Bacia do Pirapó	60
4.5.4 Aspectos Hidrogeológicos	61

4.6 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	64
4.7 TEORES DE FLUORETO NA 17ª REGIONAL DE SAÚDE (2014-2018).....	66
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>72</b>
5.1 PARÂMETROS E DADOS.....	72
5.2 GEOPROCESSAMENTO.....	73
5.3 METODOLOGIA E ENCAMINHAMENTO PROCEDIMENTAL .....	74
5.3.1 Estatística descritiva.....	76
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>77</b>
6.1 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2014 .....	81
6.2 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2015 .....	88
6.3 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2016 .....	94
6.4 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2017.....	100
6.5 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2018 .....	106
6.6 A RELAÇÃO DOS TEORES DE FLÚOR COM A CONDIÇÃO GEOLÓGICA E A FLUORETAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO .....	118
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>120</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>124</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>130</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A natureza e a sociedade, do ponto de vista da Geografia, estão interligadas e em constante transformação, impondo ao conhecimento científico o desafio de entender essa dinâmica. Estudos sobre o meio ambiente tem buscado compreender os impactos gerados por ações antrópicas na natureza, portanto, a pesquisa aprimora os debates para melhorar a qualidade de vida da população.

A água é reconhecida como um elemento de suma importância para a existência dos seres vivos, e como essencial das atividades presentes no planeta terra, também é agente fundamental de impactos ambientais. Ela representa, sobretudo, o principal constituinte de todos os organismos vivos. No entanto, nas últimas décadas, o recurso hídrico vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem, resultando em prejuízo para a própria humanidade (Moraes; Jordão, 2002).

Portanto, os impactos gerados pela água, ocorrem de diferentes formas, sendo elas, por ações antrópicas ou causas naturais, tais quais: pela ausência, contaminação, qualidade, condição geoquímica, vetor de doenças ou como agente natural de risco. Segundo Guimarães (2020), grande parte da população afetada encontra-se em situação de vulnerabilidade socioambiental.

Nesse sentido, na área da Saúde, a água é um dos elementos fundamentais, tidas como agentes de riscos e soluções em aspectos sanitários. E considerando o papel fundamental deste elemento, na natureza e sociedade, este estudo visa ter como base os seguintes pilares: o meio ambiente, a água e a saúde.

Em 1976, criou-se a definição de Geografia da Saúde por meio da Comissão de Geografia Médica da União Geográfica Internacional, assumindo-se um tema mais abrangente, que passou a estimular novos debates sobre saúde e bem-estar, educação, moradia, saneamento básico, infraestrutura, entre outros (Junqueira, 2009 apud Deus, 2013; Nogueira; Remoaldo, 2010).

Desse modo, a aproximação da Geografia com questões de saúde não é recente e remonta há séculos. Estudos relacionados a questões de saúde constataavam a necessidade de se conhecer as doenças e buscar possíveis soluções considerando o espaço vivido, suas condições naturais e socioambientais. Nesse aspecto, a Geografia da Saúde surge com uma visão mais crítica e integradora, na busca de soluções para a saúde nesse contexto socioambiental.

Este estudo visa colaborar, por meio de material científico, outros projetos desenvolvidos com a temática: “Teor de flúor e os desdobramentos na saúde”, aprimorando os debates sobre os impactos gerados pelo uso indevido de flúor na água. Conforme Santos (2019) é justificado pela relevância da caracterização dos arranjos espaciais do flúor sobre as fontes de abastecimento humano, sendo elas de origem superficial ou subterrânea.

Onde, mesmo que a presença do flúor seja necessária em fontes de abastecimento público para o controle de doenças, pesquisas recentes mostram que a difusão maciça do uso de flúor, em diversas formas, aumenta a prevalência de fluorose (Toassi, 2005).

Portanto, por meio de procedimentos metodológicos em Geografia, seguidos de análises epidemiológicas, este estudo buscou mapear o “status” de fluoretação presentes na porção Norte da 17ª Regional de Saúde do Paraná (17ª RS). Visando contribuir com estudos socioambientais relacionados ao uso e qualidade da água, buscando contribuir com a saúde e qualidade de vida da população.

Nesse sentido, apresenta-se a análise das irregularidades encontradas nesta sub-região, consoante o Sistema de Abastecimento de Água (SAA), baseado na Portaria GM/MS n.º. 888, de 04 de maio de 2021, Art. 36 (Brasil, 2021), onde:

§ 1º No caso de adição de flúor (fluoretação), os valores recomendados para concentração de íon fluoreto devem observar o anexo XXI da Portaria de Consolidação nº 5/2017, não podendo ultrapassar o VMP expresso no Anexo 9 deste Anexo.

E como complemento metodológico, esta pesquisa ocorre por meio da caracterização da área de estudo, na identificação dos aspectos físicos-naturais e socioeconômicos. Em seguida, a revisão bibliográfica dos temas aqui apresentados e o levantamento de dados em sites oficiais, tais quais: a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Após, utilizou-se como ferramenta de análise em geoprocessamento, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS para a elaboração de produtos cartográficos e a estatística descritiva para a análise e interpretação dos dados georreferenciados,

promovendo o papel transdisciplinar da Geografia da Saúde por meio do mapeamento.

Desse modo, as análises foram realizadas nos municípios localizados no Norte da 17ª Regional de Saúde do Paraná, sendo eles: Alvorada do Sul, Bela Vista do Paraíso, Cafeara, Centenário do Sul, Florestópolis, Guaraci, Jaguapitã, Lupionópolis, Miraselva, Pitangueiras, Porecatu, Prado Ferreira, Primeiro de Maio e Sertanópolis. Portanto, os dados analisados mostraram que a área de estudo apresenta teores abaixo do recomendado para a região, 0,6 – 0,8 miligramas por litros (mg/L) (Pinese *et al.*, 2021), como teores acima, onde pode ocorrer a cárie dentária e a fluorose.

A princípio, as amostras foram divididas em dois períodos: seco e chuvoso, para cada ano analisado, desde 2014 até 2018. Deve-se destacar que nos períodos chuvosos apresentam-se áreas com teores abaixo do ideal recomendado. E nos períodos secos de cada ano analisado, a água apresenta teores acima do recomendado. Isso ocorre tanto por fatores naturais quanto por fatores antrópicos (geogenéticos e tecnogenéticos).

Nessa área, foram analisadas amostras de águas naturais e águas fluoretadas, mas no presente trabalho foi analisado somente o grupo do SAA. Onde as amostras foram agrupadas por ano e período, sendo feitas as médias de teor por município, o período chuvoso entre os meses de janeiro a março e outubro a dezembro.

Durante a análise dos dados realizadas ano a ano, observou-se que em cada ano os períodos chuvosos apresentaram teores mais próximos do recomendado, pois, nesses períodos, o flúor está mais diluído nas águas, a ponto de algumas áreas apresentarem valores abaixo do ideal. E destaca-se que mesmo nesse período as amostras apresentaram teores acima do recomendado.

Já em períodos secos, entre os meses de abril a setembro, a concentração é maior por conta da baixa pluviosidade, e, nesse caso, as amostras por quase toda a área de estudo apresentaram valores acima do recomendado. Lembrando que as amostras nesse período também apresentaram teores abaixo do recomendado.

Após análise dessa variação das condições de teores de flúor, tanto abaixo como acima do ideal, nas águas do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da 17ª Regional de Saúde do Estado do Paraná (RS), decorrentes de condições naturais e tecnogenéticas, verifica-se a possibilidade de ocorrência da cárie e fluorose, despertando, assim, um alerta para uma melhor vigilância pelos responsáveis pelo

abastecimento. Também se deve investigar se há uma relação com fatores geológicos tanto nas áreas e período em que há deficiências quando ocorre o excesso.

Portanto, o presente trabalho faz um alerta, que se deve considerar as condições naturais das águas segundo as condições climáticas de pluviosidade. E a dosagem do fluoreto deve ser acompanhada de uma vigilância constante do teor durante todo o ano para a população estar assegurada sobre o e não consumir água com deficiência ou excesso de flúor, colocando a saúde bucal em risco.

Desse modo, espera-se que os resultados sirvam como base para futuros projetos acadêmicos, nas mais diversas áreas. E como referência para nortear projetos de planejamento urbano e de saúde, pelos mais diversos órgãos públicos, privados e de autoridades responsáveis pelo abastecimento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Identificar e analisar os municípios da porção norte da 17ªRS, onde os teores de flúor estão abaixo ou acima do intervalo recomendado, alertando sobre implicações a saúde bucal.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contribuir com os estudos socioambientais e da Geografia da Saúde;
- Analisar amostras do SAA entre 2014 e 2018;
- Estudar e propor soluções à saúde pública, através do geoprocessamento, análises estatísticas e socioeconômicas;
- Prevenir a ocorrência de cárie e fluorose, consequentes do baixo ou alto teor de flúor (considerando os valores recomendados pelos estudos específicos, conforme Pinese *et al.*, 2021).



### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água tem sido, nos últimos tempos, um tema de diversas discussões e análises que envolvem diversas áreas do conhecimento humano. Estudá-la, nesse contexto do século XXI, é uma questão fundamental para a Geografia, que tem como objeto de estudo a relação da sociedade com a natureza Deus (2013), ou seja, estudar a água contribui na busca da qualidade de vida, para todo planeta.

A água representa, sobretudo, o principal constituinte de todos os organismos vivos (Cunico *et al.*, 2014), além de sua importância social, econômica, cultural entre outras.

Constantemente a Geografia se depara com situações empíricas que a realidade a impõe, e busca estudá-las com todo o rigor científico que se espera Deus (2013). Diante desse contexto, a água está relacionada a diversos problemas de ordem ambiental e socioambiental.

Tal contexto, a água revela-se de diferentes formas, seja na sua escassez, por questões climáticas Miller Junior (2008), seja na sua disputa por questões Geopolíticas, nas questões sanitárias, por ser meio de transmissão de doenças ou contaminação por agentes químicos ou biológicos (Tundisi, 2005)

Tem prejudicado a saúde dos seres em determinado meio, dentre outros problemas de ordem ambiental. Segundo Ross (2015), a água é responsável por 65% das internações hospitalares e até 20% de ingestão de elementos nocivos à saúde.

Os estudos do teor do flúor, em ambientes naturais e antrópicos, mostrando os desdobramentos na saúde coletiva e individual, estão sendo muito promissores e de interesse da Geografia da Saúde, envolvendo a Medicina e outras áreas (Pinese *et al.*, 2021).

Esses estudos revelam que avaliar as condições da água relacionada a esse elemento, às vezes em defasagem ou excesso é fundamental para garantir a saúde de uma forma geral e evitar a ocorrência de doenças como a cárie, fluorose dental ou óssea Deus (2013). A 17ª Regional de Saúde de Londrina tem sido uma região onde trabalhos científicos são realizados interdisciplinarmente com essa temática.

E a Geografia da Saúde torna-se um eixo fundamental nesta área de estudo, onde atua interdisciplinarmente contribuindo com a integração de conhecimentos

específicos, buscando solucionar problemas atuais na complexa relação entre a humanidade e os elementos naturais, e segundo Deus (2013, p. 20-21):

[...]a Geografia da Saúde, vista no seu caráter interdisciplinar por meio da inter-relação com outros ramos geográficos- climatologia e biogeografia, bem com outras ciências – Geologia Médica, Epidemiologia, Sociologia, Estatística, Geoprocessamento, Hidrogeologia, dentre outras, pode contribuir para o aprofundamento dos estudos que relacionam ambiente e saúde.

Dessa forma, a abordagem interdisciplinar apresenta de forma clara e objetiva, a relações conceituais entre as ciências. Conceitos esses que irão contribuir teórica e metodologicamente com a Geografia da Saúde, na construção de conhecimento, buscando alternativas para diversas questões socioambientais envolvendo a temática “água e flúor”.

Portanto, nesta abordagem, apresentam-se conceitos de áreas como: Geografia Médica, Geografia da Saúde, Geologia, Geoquímica, Geoprocessamento, Região, Legislação, Flúor a Água e o Meio Ambiente. Abordagem essa que contribui com a base teórica sobre os estudos de uso e teor de flúor nas águas de abastecimento (Deus, 2013; Ross, 2015).

### 3.1 A GEOGRAFIA MÉDICA

A Geografia tem uma característica de análise interdisciplinar que integra outras áreas do conhecimento, tanto os que envolvem fenômenos relacionados à natureza física, química e biológica. Como conhecimentos que buscam a compreensão da sociedade, sua evolução e dinâmica, sendo exemplos a Filosofia e a História (Deus, 2013; Peiter, 2005).

Pesquisas sobre o meio ambiente buscam analisar a relação entre os indivíduos e o meio natural, e os impactos gerados pela intervenção antrópica no espaço vivido, objetivando melhorar a qualidade de vida das pessoas Deus (2013).

Segundo Ross (2015) a relação Geografia e Medicina, interagindo com outras áreas, surgem como contribuição para ambas as partes. A preocupação de analisar questões da saúde humana com um olhar geográfico não é recente na Medicina,

apresenta-se desde os filósofos da antiguidade, tendo Hipócrates como o precursor dessa Ciência.

Nesse sentido, Edler (2011) destaca que a obra de Hipócrates teve como objetivo instruir médicos em relação ao ambiente, os tipos de doenças e na elaboração de um tratamento mais adequado. Através de seus apontamentos acerca da necessidade de considerar a natureza das doenças, ou melhor, as características do clima, a qualidade da água, o regime alimentar e os costumes dos habitantes de determinada localidade.

Buscando compreender a gênese de doenças, por meio da observação da relação entre aspectos climáticos, geológicos, hidrológicos e manejo do solo. Onde, a Medicina busca analisar questões de ordem sanitárias, utilizando metodologias e categorias de análises específicas, tal qual o conceito de regionalização do espaço, como apontam Lacaz, Baruzzi e Siqueira Junior (1972) e Edler (2011).

Conforme o estudo de Ross (2015), utilizando-se da Ecologia, a partir da metodologia geográfica, a Medicina terá condições de entender a gênese de algumas patologias. E nessa perspectiva, por meio de métodos geográficos, a pesquisa metodológica em Medicina avança deixando de ser apenas descritiva, passando a se relacionar com aspectos sociais e culturais, fatores determinantes de patologias (Ross, 2015).

Portanto, na antiguidade, a Medicina buscava olhares místicos e espirituais para explicar a existência das doenças, pois, naquela época eram consideradas como castigos divinos (Pires, 2008). E durante anos, em determinados lugares, esse pensamento era relevante e interferiam nos conhecimentos e métodos da Medicina.

Após o Século XV, com algumas descobertas e os avanços dos europeus em outras terras, além do continente europeu, a Geografia médica ressurgiu como um instrumento Geopolítico. Baseando-se em uma análise determinista, pois relacionava as características do lugar com as condições de saúde, sem considerar outros fatores. Assim, como mostram estudos realizados no Brasil no processo de construção do território. Segundo Pessoa (1960 *apud* Ross, 2015, p.39):

[...] estudos de cunho determinista de médicos, sanitaristas, viajantes estrangeiros e naturalistas durante o processo de ocupação do interior do país a fim de reunir informações acerca das condições locais para a implantação de projetos, sem nenhuma preocupação com os problemas socioambientais e de saúde na região.

Desse modo, o avanço europeu sobre o território abriu grandes possibilidades para as ciências, e principalmente para a Medicina. Portanto, os conhecimentos sobre novas áreas da biodiversidade, dos recursos hídricos e geológicos, tornaram-se essenciais para explicar o surgimento de algumas doenças, relacionadas a água Peiter (2005).

Esse conhecimento ambiental assim como estudar as indústrias, aglomerações urbanas, Rosen (2006) foram fundamentais para entender algumas doenças e os impactos sobre a qualidade de saúde da população. O período sanitarista objetivava a garantia da saúde pública, motivando o poder público ao planejamento de saneamento em ambiente degradados.

Nesses novos espaços urbanos, abriram-se novas possibilidades de estudos para a Geografia Médica, pois as questões sanitárias passaram a existir, de fato, em meio as grandes concentrações urbanas, e se tornando reflexo das sociedades, que de maneira progressiva passam a ser desiguais e insalubres Peiter (2005).

Portanto, a partir da evolução das ciências, a Geografia passa a ganhar espaço dentro da interdisciplinaridade, e principalmente na Medicina, baseados no planejamento e na vigilância de epidemias, por meio de estudos estatísticos, urbanos e regionais (Oliveira, 1993; Peiter, 2005).

O conhecimento geográfico tem um papel fundamental, porém sem bases teóricas que envolvam a microbiologia, e ainda limitado às questões sócio espaciais, fazendo análises empíricas, baseando-se na observação e descrição, desse modo consoante Ross (2015, p. 43):

Assim, visualiza-se que a Geografia, até então, é vista pelos autores, apenas como uma fonte de metodologias, técnicas e de conhecimentos sistematizados de informações do território. E não como uma ciência que possa debater os temas do processo ambiente-saúde-doenças a partir de seus próprios embates teórico-conceituais.

Portanto, renasce a importância de se reformular algumas metodologias Deus (2013), de maneira ampla, compreende-se que o espaço está em constante transformação, seja ele por questões naturais, ou antrópicas. E neste contexto, a Geografia e a Medicina, em conjunto possam traçar novos caminhos metodológicos para o surgimento da Geografia da Saúde.

### 3.2 A GEOGRAFIA DA SAÚDE

A partir da segunda metade do século XX, o mundo começa a passar por diversas transformações de ordem social, política e econômica, mudando a sociedade e a vigente ordem cultural Luiz (1997). Nas ciências e na Medicina, diversas mudanças e avanços vão ficando cada vez mais evidentes.

Essas transformações impactam a sociedade de uma forma geral, e nesse contexto começam a surgir os problemas ambientais despertando ainda mais as atenções no mundo acadêmico e das lideranças mundiais, na busca de soluções Luiz (1997).

Dos estudos e análises teórico-metodológicas, relacionadas ao ambiente e à qualidade de vida, surge a Geografia da Saúde. Segundo Maranhão (2014, p. 42):

[...] na Geografia uma das áreas que mais cresce é a Geografia da Saúde, podendo oferecer muitas contribuições à sociedade, principalmente no que se refere aos contextos territoriais necessários aos programas de promoção da saúde”

Segundo Rojas (1998), Milton Santos por ser um estudioso do espaço produzido pelo homem e suas complexidades, traz nova perspectiva de análise no Brasil, em relação à Geografia da Saúde. Ao interpretar a espacialidade das transformações do ambiente técnico-científico-informacional, esse estudioso corroborou para compreender e direcionar ações desse espaço. Na herança social, conjunto de objetos e sistemas de ações, relações e formas, história de processos passados e presentes, tendo determinantes da ocorrência e distribuição de endemias.

Desse modo, a realidade social se modifica, assim como, questões epidêmicas, devido às mudanças comportamentais da sociedade. Nesse sentido, a Geografia, de maneira interdisciplinar contribui com outras ciências que partem da análise sobre o meio ambiente e o comportamento humano, onde, de acordo com Ross (2015, p. 50):

Diante disso, a integração com outras áreas da Geografia (Climatologia, geologia Urbana, geografia da População, Geografia Econômica e outras) torna-se uma das características da atual fase da Geografia da Saúde, assim como a transdisciplinaridade, envolvendo outras áreas do conhecimento (Biologia, Epidemiologia, Geologia, Sociologia, Química e outras)

Portanto, as transformações sociais e culturais são constantes e dinâmicas, assim o atual modelo econômico potencializa as formas de intervenções humanas na natureza, e muitas vezes de forma irracional. Onde, essas ações corroboram com mudanças severas na dinâmica da natureza, prejudicando a saúde e o bem-estar das pessoas Luiz (1997).

Assim, as mudanças no comportamento e a organização do espaço urbano também são fatores que impõe à Geografia da Saúde muitos desafios Maranhão (2014), como surgimento de diversas doenças, por causas biológicas ou químicas. Podendo ocasionar surtos, contaminações, epidemias dentre outros, tornando a Geografia um instrumento de solução para esses problemas. Nesse contexto, os estudos da Geografia, junto com a Medicina, se tornam importantes para nossa sociedade, como afirma Maranhão (2014, p. 47-48):

Neste estudo foi possível perceber a retomada do interesse pelo espaço geográfico na área da saúde tanto como categoria de análise da distribuição espacial de agravos à saúde, quanto para o aperfeiçoamento dos sistemas de saúde. Este movimento tem como bases a renovação epidemiológica, que busca caracterizar os determinantes sociais e ambientais dos problemas de saúde; a preocupação com o desenvolvimento da promoção de saúde, compreendendo o território como estratégia de ação; e a necessidade de regionalizar os serviços e ações de saúde, entre outros fatores ligados à história recente da saúde coletiva.

Na atual conjuntura, a Geografia é solicitada, em relação a estudos de saúde pública, Deus (2013), planejamento social e urbano, por diversas instituições que visam o interesse privado ou público, buscando saúde e qualidade de vida para a população.

### 3.3 GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E A SAÚDE

A base de estrutura geológica do nosso planeta são as rochas e são nelas que estão os minerais. E desses minerais pode-se obter parte dos elementos químicos importantes para todo o restante da natureza, sendo esses elementos responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção da vida, segundo Pinese e Martins Junior (2005, p. 26):

Como visto no desenvolvimento da Geografia da Saúde, que ao lançar luz sobre a relevância ambiental como fator contribuinte à saúde humana pode incorporar ciências como a Geologia mediante a distribuição geográfica de doenças ocasionadas por elementos químicos liberados pelas rochas, pelo solo e sedimentos através da água.

Os elementos químicos são importantes para os seres vivos e principalmente para a fisiologia humana, porém eles devem estar presentes em dosagens equilibradas nos organismos. Onde, a falta ou o excesso podem comprometer a saúde, principalmente dos seres humanos, e segundo Ross (2015, p. 28):

Os elementos químicos são intrínsecos ao ambiente e a cada componente e processos associados aos seus ecossistemas. O mecanismo fisiológico humano exige a presença de diversos elementos químicos e metais, mas deve-se ter atenção à concentração ingerida, pois quando em quantidade que ultrapassam o limite necessário às reações bioquímicas dos corpos humanos podem resultar em efeitos adversos à saúde.

De acordo com a necessidade fisiológica e o teor de concentração, os elementos químicos são classificados em quatro grupos (Pinese, 2000). Alguns são de extrema importância em doses essenciais para o bom funcionamento da fisiologia humana, outros têm uma importância razoável, e ambos precisam de uma concentração específica, um equilíbrio. E existem os elementos que podem apresentar certa toxicidade e comprometer a saúde e vida humana Pinese, Stripp e Oliveira (2006).

O flúor, segundo Cortecchi (2020) e Cury (2001), deve ser usado com o teor adequado para não ocorrer toxicidade e danos à saúde, o que seria o valor máximo permitido no Brasil de 1,5 mg/L. Considerando um intervalo por região, acima seria nocivo podendo provocar patologias, e abaixo insuficiente as necessidades humanas, desse modo, segundo Pinese *et al.* (2021), esses índices podem variar conforme as condições ambientais de cada região.

### 3.4. ÁGUA E A SAÚDE

A água é parte integrante nas transformações físicas que ocorrem na natureza e também na manutenção da vida (Deus, 2013). Boa parte dos seres vivos, em

específico o ser humano, tem seus corpos formados por expressiva quantidade de água.

Este recurso é essencial à vida, e está presente entre os seres humanos, tanto para o consumo, quanto em atividades econômicas, tal quais: agropecuária, indústria, turismo, dentre outros, portanto segundo Tundici (2005 *apud* Deus, 2013, p. 28):

Para o ser humano em especial, a água representa importância não somente na manutenção da vida, mas também como elemento fundamental para o desenvolvimento econômico, nesse sentido, Tundisi (2005, p. 728) lembra que “a água foi e sempre será um fator limitante para o desenvolvimento sustentável, para o desenvolvimento econômico e social.

As condições da água podem adquirir determinadas características, por questões ambientais naturais, devido a características geológicas do lugar, ou por ações antrópicas (no processo de tratamento).

A água está em constante movimento como: no ciclo, a sua interação com os elementos químicos, geológicos com os biológicos, pode causar consequências em toda uma cadeia Deus (2013), Cortecchi (2014).

Para Cortecchi (2014), a água é uma importante conexão entre os elementos químicos do meio ambiente e a fisiologia humana, pois é por meio desta que ocorre o transporte de elementos químicos necessários a vida para os seres vivos, a partir do consumo da água e alimentos (de origem vegetal e animal).

A necessidade de conhecer o ciclo das águas e sua dinâmica, estudos realizados pela Geografia passam a ganhar mais vigor, e atualmente, pela Geografia da Saúde. Pois, os problemas sanitários e de saneamento básico são fatores promoventes de doenças a humanidade Ross (2015).

Para Confalonieri, Heller e Azevedo (2010), a água interfere na saúde humana como sendo reservatório de vetores, causando contaminação, transporte de agentes tóxicos e impactos físicos como inundações.

Além das causas naturais, por meio de aspectos geológicos e teores químicos, as classes de uso da terra, assim como o manejo sendo eles por: extrativismo, agricultura e industrialização, prejudicam a qualidade da água e consequentemente a saúde populacional.

O teor do flúor varia em cada lugar devido as condições naturais específicas, como geológicas, sendo a natureza dinâmica e em constante transformação,



alterando as condições naturais. Os diferentes teores de flúor nos diversos espaços e os diferentes tipos de água, podem ser consequência disso (Brasil, 1976).

Devido as condições ambientais e antrópicas, tanto nas águas subterrâneas como superficiais, a presença do elemento flúor pode variar (Celligoi, 1993; Cortecchi, 2014; Deus, 2013).

### 3.5. LEGISLAÇÃO

A Lei das águas n.º. 9433/1997 e a Política Nacional de Recursos Hídricos e seus fundamentos, são exemplos do uso racional e cuidados que se deve ter com a água (Brasil, 1997). A Organização Mundial da Saúde (OMS), que define as legislações relacionadas às diversas questões de saúde no mundo, exemplo institucional de gestão da água.

No Brasil, a fluoretação teve início no Rio Grande do Sul em 1944, que resultou posteriormente na Lei Estadual nº3125 de 18 de junho de 1957. Em 1974, o congresso aprova a Lei nº 6050 (Brasil, 1974) que, segundo Deus (2013), em seu artigo 1º, determina a inclusão dos planos relativos à fluoretação das águas para os projetos de construção ou ampliação de sistemas públicos de abastecimento pelo Decreto nº 76872 da Presidência da República, em 22 de dezembro de 1975 (Brasil, 1975).

A utilização do flúor no Brasil observa a portaria nº 635, de 30 de janeiro de 1976 (Brasil, 1975), que estabelece a utilização segundo as condições climáticas de cada região com valores que variam entre 0,6mg/L a 1,5mg/L (VPM).

Dentro dos parâmetros dessa portaria, considera-se como ideal para evitar doenças que prejudiquem a saúde bucal como as cáries e fluorose dentária, na área de estudo, um consumo entre 0,6mg/L a 0,8mg/L, (Pinese *et al.*, 2021).

A última portaria do Ministério da Saúde que determina os diversos padrões de potabilidade para o consumo seguro das águas de abastecimento, Portaria GM/MS n.º. 888, de 4 de maio de 2021, Art. 36 (Brasil, 2021):

§ 1º No caso de adição de flúor (fluoretação), os valores recomendados para concentração de íon fluoreto devem observar o anexo XXI da Portaria de Consolidação nº 5/2017, não podendo ultrapassar o VMP expresso no Anexo 9.

Segundo a tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que representam risco a saúde, o valor máximo permitido para o fluoreto é de 1,5 mg/L.

### 3.6 A GEOGRAFIA DA SAÚDE E O FLÚOR

Como nos define Santos (2019) o flúor é um elemento químico não metálico do grupo dos halogênicos, o mais leve e mais abundante na natureza, tem número de massa 18.998, sendo o mais eletronegativo dos elementos e soluções, íons fluoretos (F<sup>-</sup>). Não é encontrado de forma pura, mas sim como fluoretos e, em condições normais, tem aspecto amarelo claro.

Segundo Marimon (2006), é um dos elementos mais encontrados na crosta terrestre, abrangendo desde a geologia até os corpos hídricos. As concentrações variam conforme a temperatura, pH, complexos minerais, íons, solubilidade de minerais, troca iônica, granulometria e tipo de litologia.

A presença do flúor sobre a superfície da Terra, tanto na litosfera como na hidrosfera depende de vários fatores, dentre eles: químicos, físicos e principalmente geológicos.

Os elementos químicos presentes nas rochas e nos minerais interagem entre si e têm a água como um fator importantíssimo nesse processo (Ross, 2015). A água é o principal solvente e tem uma capacidade de mudança no seu estado físico e de circulação sobre a superfície terrestre.

O flúor em águas naturais, segundo Marimon (2006), se concentra por causa do equilíbrio entre a água e a rocha, e ocorre devido aos processos ígneos dos minerais, hidrólise, solubilidade e intemperismo.

Desse modo, o teor do flúor nas rochas também depende de suas características geológicas (Ross, 2015), e essa condição é bem variável devido a alguns processos naturais físicos e químicos. No intemperismo, por exemplo, a condição do flúor muda, deixando de substituir o grupo hidroxila (OH) passando para a forma de íon fluoreto livre F<sup>-</sup> no ambiente.

O teor de flúor em águas de aquíferos também depende das condições geológicas naturais e nas águas superficiais também vai depender de vários fatores, inclusive antrópicos, segundo Ross (2015, p.67):

Modificações na concentração de flúor em águas normalmente é decorrente de processos hidrogeoquímicos, mas eventualmente pode estar associada com ações antropogênicas como a mineração, produção agrícola com insumos fosfatados e a queima de carvão mineral, sendo essas as fontes de poluição difusa de flúor.

Nas águas superficiais, os fatores dinâmicos são aqueles envolvendo características climáticas, de rochas e dos solos. Alguns autores Marimon (2006), destacam que nas águas superficiais teor de flúor é menor devido à solubilidade baixa dos minerais, pois a migração é lenta, e, no trajeto, o Flúor fica retido nos argilominerais, consoante Marimon (2006, p. 42):

As águas superficiais mostram baixas concentrações de fluoreto e o transporte dos continentes aos oceanos é mais eficiente através partículas em suspensão nos rios do que em solução. A concentração de fluoreto nas águas naturais resulta do equilíbrio entre as águas e os minerais das rochas, da capacidade destes minerais em liberar flúor para a solução, ou, ao contrário, de sorver este elemento da solução.

Em cada tipo de rocha apresentam-se diferentes elementos químicos, que, como já mencionado anteriormente, interagem na dinâmica hidrogeoquímicas, alterando os teores de flúor (Ross, 2015). Alguns estudos evidenciam a presença maior em rochas vulcânicas e solo, esse teor também irá depender de dinâmica geoquímica, sofrendo variações envolvendo também os fatores: climáticos, hidrológicos, biológicos e antrópicos, e consoante Ross (2015, p. 62):

O solo também está associado à conexão geoquímica das rochas e ao ambiente, bem como à fisiologia animal. Quando em excesso no solo o flúor pode causar toxicidades às plantas e animais de pastagem, podendo em alguns casos resultar no desgaste dos dentes e dos ossos dos animais.

Essa condição de excesso pode impactar, em cadeia, as condições biológicas locais, envolvendo plantas e animais, ocasionando anomalias e impactos que podem afetar até mesmo seres humanos.

Em alguns casos, a rede de distribuição pública falha na fiscalização e manutenção no processo de tratamento da água, podendo ocorrer uma insuficiência ou excesso, causando problemas de saúde, inclusive bucal.

Tanto a OMS(1984) como o Ministério da Saúde (Brasil, 1976; 2017), apontam que a ingestão diária de águas naturalmente enriquecidas em flúor ( $\geq 1,5$  mg/L) podem gerar patologia como a fluorose dental e óssea (Pinese *et al.*, 2021).

Como nos mostra Venturini *et al.* (2016, p.972-988), em estudos recentes:

O monitoramento dos teores de fluoreto na água de abastecimento público pode ser realizado apenas com a finalidade de assegurar sua conformidade aos padrões de potabilidade, ou pode também ser empregado para assegurar a qualidade dos teores visando o máximo benefício da prevenção da cárie dentária com o mínimo de risco de fluorose ou manchas no esmalte dentário. Quando esse monitoramento é parte da ação permanente do Estado, ele é chamado de vigilância

Estudos sobre teor de flúor na água já foram realizados, e outros estão em andamento em países como China, Índia e Brasil, que visam identificar áreas de vulnerabilidade, riscos, e como isso pode implicar na saúde pública.

A toxicidade do flúor tem sido apresentada de modo recorrente em diversos trabalhos científicos, mostrando que a ingestão de teores inadequados, de acordo com os parâmetros estabelecidos, tem apresentado estreita relação com prejuízos à saúde humana. (Pinese *et al.*, 2021, p. 91).

### 3.7. IMPACTOS DA VARIAÇÃO DOS TEORES DE FLÚOR NOS DIVERSOS AMBIENTES, PRODUTOS E SAÚDE HUMANA

O flúor não está presente somente na água, mas sim em diversas fontes como: solo, ar, vegetação, animais e diversos produtos industrializados (Edmunds *et al.*, 2013; Shahab *et al.*, 2017). A principal fonte de consumo humano é na água, sendo as subterrâneas com maior concentração, devido a diversos fatores naturais Cellegoi (1993).

Não só na água, mas também na natureza, nos produtos industrializados, o teor de flúor, deve ser foco de atenção e vigilância pelas autoridades, para que esse elemento não comprometa a saúde humana OMS (2002), Deus (2013), Pinese *et al.* (2021).

A presença do flúor sem o devido controle nos diversos ambientes, principalmente na água pode causar problemas à saúde. “Assim como no caso da ocorrência de fluorose dentária, além de uma alta ingestão de flúor por meio da água, outros fatores associados podem ser responsáveis pelo desenvolvimento da fluorose esquelética e/ou óssea, como a desnutrição, o clima e a ingestão por outras fontes como os alimentos (OMS, 2002)” (Pinese *et al.*, 2021).

### 3.7.1 O Ciclo Hidrogeoquímico

No ciclo da água ocorre uma interação de fenômenos envolvendo a atmosfera, a litosfera e a hidrosfera, ou seja, nessa dinâmica, o flúor está presente e em movimento, interagindo com outros elementos (Celligoi, 1993; Pinese; Ross; Alves, 2019).

A interação ocorre pela cooperação de duas forças físicas, a energia solar e a força da gravidade. A energia solar interfere na atmosfera, que, por sua vez, interage com a hidrosfera, recebendo a água na forma gasosa e devolvendo para a terra na forma líquida (Celligoi, 1993; Pinese; Ross; Alves, 2019).

A atmosfera também recebe interferência, cuja presença do flúor pode ocorrer por emissões vulcânicas, introdução de clorofluorcarbono, por emissão de gases de atividades industriais e pela evapotranspiração. Consoante Edmunds *et al.* (2013), a água retorna para a superfície pela força da gravidade, interagindo com a litosfera que transforma as rochas e os solos, fazendo os minerais interagirem quimicamente.

Dessa forma, a água vai para os aquíferos, onde pode ser consumida pelos seres vivos e outra parte vai para os rios, seguindo assim o ciclo hidrológico, como aponta Edmunds *et al.* (2013). Isso permite entender por que ocorre a variação de teores do flúor nos diversos espaços.

### 3.7.2 A presença do flúor no solo e na atmosfera

A concentração de flúor no solo vai depender do material geológico de origem e a sua distribuição estar relacionada ao processo de formação do solo (Shahabet *et al.*,

2017). Estima-se que a presença de flúor no mundo está estimada num valor, em média, de 329 µg/mg. Segundo (Shahab *et al.*, 2017, p.394):

O menor conteúdo de F está geralmente presente em solo arenoso em ambientes relativamente úmidos, enquanto as maiores concentrações de F são encontradas em solo de rochas magmáticas intemperizadas e em solo argiloso pesado.

Os determinantes do teor de flúor no solo são o pH, a argila e teor de carbono, ele pode entrar no solo pela deposição, precipitação e através de lixo contaminado. Pode, como fluoreto livre, Edmunds *et al.* (2013), formar complexos com elementos como Ferro (Fe), Boro(B), Cálcio (Ca) e Alumínio (Al), conforme Edmunds *et al.* (2013, p. 6):

Dos insumos antropogênicos para os solos, altas concentrações de flúor são encontradas em fertilizantes fosfatados (8500–38.000 mg kg<sup>-1</sup>) (Kabata-Pendias e Pendias, 1984) e lodo de esgoto (80–1950 mg kg<sup>-1</sup>) (Rea, 1979). As contribuições destes podem aumentar consideravelmente as concentrações nos solos agrícolas.

A adsorção do flúor é favorecida em condições ligeiramente ácidas e a absorção nos solos ácidos pode ser bem maior que nos solos alcalinos. Os solos arenosos retêm menos flúor que os solos argilosos.

A adsorção em solos finos ocorre pela presença de Fe (OH)<sub>3</sub> ou Al (OH)<sub>3</sub>, também os minerais de argila e a matéria orgânica. Quando ocorre carregamento contínuo a partir de fontes antropogênicas, é provável que a capacidade de retenção seja excedida e o flúor infiltre no lençol (Edmunds *et al.*, 2013). Também tem a interferência climática, a evapotranspiração, que pode diminuir a concentração do flúor em climas quentes e úmidos. Já nos climas temperados e semiáridos a concentração é maior, atingindo o lençol freático.

A atmosfera pode conter e transportar quantidades de flúor para diferentes ambientes da superfície, sendo parte do ciclo hidro geológico, interferindo nos teores desse elemento, que irá impactar nesses diversos meios (Edmunds *et al.*, 2013).

Segundo Edmunds *et al.* (2013) o flúor pode chegar à atmosfera por meios naturais e antrópicos, como, por exemplo, através de aerossóis marinhos, emissões vulcânicas, evapotranspiração, introdução de clorofluorcarbono e emissões industriais.

Essas emissões são de queima de carvão, fábricas de tijolos e fundição de alumínio, assim como também a queima doméstica de carvão e desidroxilação mediante aquecimento em processos industriais.

Nos aerossóis marinhos essa concentração por  $\mu\text{g} / \text{L}$  oscila de região para outra, tanto em condições naturais com antrópicas, podendo ser bem mais elevada em áreas de aerossóis geotérmicos. Segundo Edmunds *et al.* (2013, p. 4).

Concentrações mais altas, na faixa  $<20\text{--}80 \mu\text{g L}^{-1}$  (média  $30 \mu\text{g L}^{-1}$ ), foram encontradas na chuva de Anuradhapura, centro do Sri Lanka. É provável que tais valores reflitam uma grande contribuição dos aerossóis marinhos. Neal (1989) relatou concentrações típicas de flúor na chuva do País de Gales de  $20\text{--}70 \mu\text{g l}^{-1}$ , refletindo em parte as influências marinhas. Valores ocasionais mais altos até  $220 \mu\text{g l}^{-1}$  foram interpretados como entradas atmosféricas aumentadas, presumivelmente de origem antropogênica.

Os agentes poluentes da atmosfera podem contribuir na concentração de flúor na mesma, o que pode fazer com que o flúor chegue em outros espaços através da precipitação ocasionando alguns problemas na natureza e na saúde dos seres humanos Edmunds *et al.* (2013).

### 3.7.3 O Flúor nas águas subterrâneas e superficiais

Além da importância biológica da água, é importante destacar sua importância socioeconômica. É importante considerar também a importância da água para as diversas atividades humanas, principalmente as econômicas. No ciclo da água o flúor interage nos diversos ambientes e minerais, desempenhando seu papel positivo como elemento químico, no solo, na água ou ar (Tundisi, 2005).

Nas subterrâneas dependem de vários fatores do aquífero, como a geologia, a profundidade, salinidade entre outros Celligoi (1993). As condições climáticas, biológicas e ações antrópicas também podem ser levadas em consideração.

Conforme Edmunds *et al.* (2013, p. 9):

Uma das melhores maneiras de entender os controles sobre as concentrações de flúor nas águas subterrâneas é examinar sua distribuição de acordo com a geologia, profundidade, salinidade e outros parâmetros de controle.

Apesar das concentrações de flúor serem maiores em águas subterrâneas em relação a outros ambientes hídricos, isso devido à interação da água com rocha, as concentrações, na maioria dos aquíferos, estão abaixo das concentrações consideradas prejudiciais à saúde (Edmunds *et al.*, 2013).

Nas águas superficiais (rios, córregos, lagos, oceano etc.), estudos têm demonstrado que os teores do flúor são menores em relação às águas subterrâneas, isso por conta da dinâmica hidrológica diferenciada nas águas superficiais, como a velocidade de movimentação, a temperatura e evaporação (Edmunds *et al.*, 2013).

Essas águas também estão mais vulneráveis ao fator climático, que podem influenciar na hidroquímica, pelas temperaturas e precipitações, contribuindo com o processo de hidrólise dos minerais. Estão também vulneráveis às ações antrópicas, relacionadas às atividades rurais, extrativismo, indústrias, e a outras atividades urbanas (Pereira, 2021).

Segundo Marimon (2006), a concentração de flúor nas águas naturais relaciona-se com o equilíbrio entre essas águas e os minerais. A ocorrência vincula-se à interação da água com a rocha, aos processos ígneos, intemperismo, solubilidade e hidrólise, que pode aumentar o flúor em águas de superfície.

Conforme Pires (2008) os solutos nessas águas superficiais têm origem nos solos e da água subterrânea no contexto e interação da água com as rochas. Assim a qualidade da água pode sofrer variações devido aos processos hidrogeológicos.

Existem métodos e variáveis para se estudar as variações, conforme Pires (2008), condições e qualidade das águas superficiais, como variáveis básicas: metais, nutrientes, íons, pH e temperaturas, assim como também parâmetros adicionais de importância para a agricultura e para a saúde.

#### 3.7.4 Água de Abastecimento e Fluoretação

Essa água é a mais acessível ao consumo humano e para as outras atividades sociais e econômicas, pois é, em grande maioria, fornecida pelo poder público. Pode ser de origem subterrânea ou de origem superficial, conforme o contexto geográfico de cada lugar. (Guimarães, 2020; Pinese; Ross; Alves, 2019). As águas de



abastecimento público passam por processos de tratamento, químico e biológico, buscando a qualidade para o consumo humano.

Uma das etapas desse processo é a fluoretação, a adição do flúor que busca a atender uma questão de política de saúde pública, visando suprir a carência desse elemento na água, e evitando assim a ocorrência de cárie dentária.

A principal atividade humana que insere íons de fluoreto no organismo humano se dá via fluoretação de água de abastecimento, sua presença constante na cavidade bucal com associação a processos químico-físicos que ali ocorrem contribui para o controle da cárie. (Guimarães, 2020, p.43).

Além da ocorrência natural de fluoretos nessas águas, tem sido comum promover a fluoretação artificial da mesma, que consiste no método de agregar flúor à água de consumo humano. Esta ação objetiva obter um nível de fluoretos, dentro dos padrões ideais recomendados para atuar no controle da cárie, mas que raramente é acompanhado de um rígido controle de dosagem” (Ramires; Buzalaf, 2007 apud Pinese; Ross; Alves, 2019, p.65).

Essa política vem sendo adotada há muito tempo em vários lugares, no Brasil desde início da década de 80, apresentando bons resultados. O problema é que, em algumas situações, não se considera as condições hidrogeoquímicas do lugar (Pinese; Ross; Alves, 2019), sendo que a água já possui naturalmente uma quantidade suficiente de flúor, e essa adição, sem um rígido rigor e vigilância, aumenta o teor, podendo ocasionar riscos à saúde. Segundo Santos (2019, p. 34-35).

Contudo, fatores antagônicos aos benefícios deste método têm fomentado questionamentos sobre sua eficácia em relação aos prejuízos, sendo a fluorose dentária e óssea alguns destes ônus. A desinformação desse procedimento toca em questões éticas pois não há concordância fisiológica de todos os organismos frente a uma padronização nas dosagens estabelecidas, havendo beneficiados e prejudicados.

Conclui-se que a fluoretação da água de abastecimento é a forma mais popular de acesso constante a essa substância, atingindo diferentes camadas sociais dentro da área de cobertura do sistema de distribuição. (Guimarães, 2020 p.51)

É imprescindível uma política séria de tratamento de água, dentro dos rigores científicos e de legislação, que garanta um abastecimento com uma água de qualidade, garantindo a saúde das pessoas que a consomem.

### 3.7.5 O Flúor nos Animais e Plantas

Os animais e as plantas, como aponta Shahab *et al.* (2017), estão vulneráveis às variações de teores de flúor, sendo muitas vezes afetados no seu habitat com alguns prejuízos, e as condições ambientais, muitas vezes, são determinantes, e podem agravar alguns problemas.

A presença elevada de flúor no solo, na água, na vegetação ou até mesmo em alguns produtos industrializados ou naturais, pode afetar a integridade, o desenvolvimento e a saúde de plantas e animais.

Muitas vezes, segundo Cortecchi (2014), essa condição pode chegar até os seres humanos, através da cadeia alimentar, por exemplo, quando se come uma carne, um legume ou vegetal com grande quantidade de flúor, isso irá contribuir para o aumento de doenças provocadas pelo mau uso desse elemento.

#### 3.7.5.1 A toxicidade nos animais

O flúor em teores inadequados também é prejudicial para os animais se ingerido através dos alimentos e da água, comprometendo a saúde (Shahab *et al.*, 2017). A fluorose, tanto em humanos como animais, pode afetar também cérebro, fígado, rim, tireoide e medula, como comprovam estudos que foram realizados em alguns tipos de animais, como aves e herbívoros.

Nas aves foram detectados problemas hepáticos e renais em animais expostos a altos teores de flúor, assim como alguns tipos de fluorose nos herbívoros (Shahab *et al.*, 2017). Esses animais consomem o flúor em rações, água e forragem contaminadas, como podem ter consumido em fonte de água potável. A água ou o alimento, podem ter sido contaminados por solo e vegetação de áreas de erupções vulcânicas e atividades industriais (Edmunds, 2013; Shahab *et al.*, 2017).

#### 3.7.5.2 A fitotoxicidade nas plantas

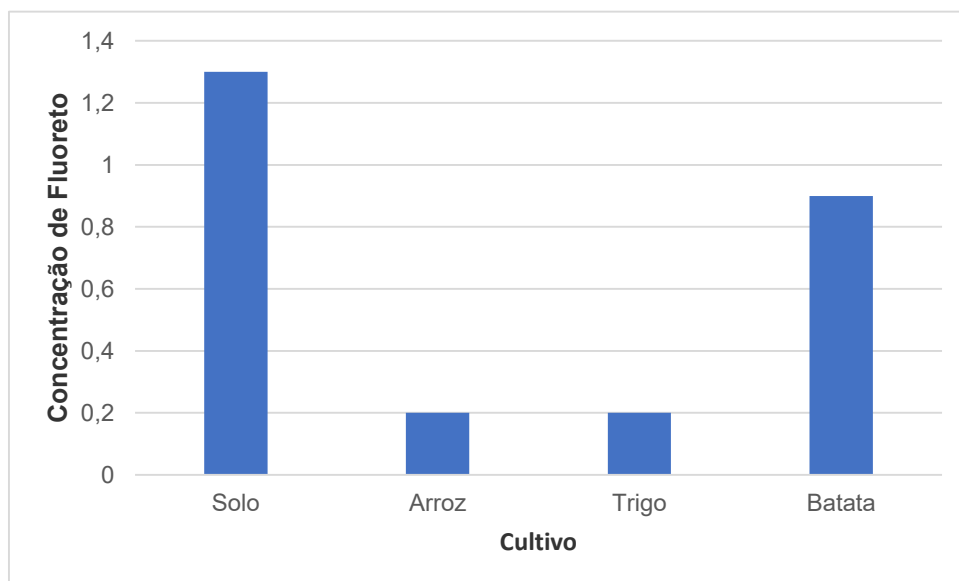
As plantas são vulneráveis a altos teores desse elemento através de fontes como: ar, água, solo e outras condições geológicas, como a presença de minerais ricos nesse elemento como apatita, feldspato, gases de vulcões e aerossóis marinhos (Edmunds, 2013; Ross, 2015; Shahab *et al.*, 2017).

A contaminação também pode ocorrer devido a algumas atividades industriais que se utilizam do fosfato. Algumas plantas estão mais suscetíveis a absorver o flúor que outras, sendo que em algumas podem ocorrer danos desde as raízes, passando pelas folhas até atingir os frutos. (Shahab *et al.*, 2017, p.397)

Pode afetar diversos tipos de plantas, como flores e frutas, além de alimentos dietéticos, sendo exemplos de flores a dracena, véu de noiva, frutos como damasco, pêssago e ameixa. Plantações de trigo, arroz e batata, sendo que esses e outros alimentos podem conter altos teores de flúor e levar à ocorrência de fluorose.

Devido a alta capacidade de algumas plantas absorverem, como é o caso do espinafre, em muitas lavouras deve ser observados os teores no solo e na água, conforme Shahab *et al.* (2017). Algumas plantas podem concentrar altos teores e não fazer bem à dieta, mas também foi observado nessas plantas a capacidade de remediação desse produto do solo e do ar, exemplo da batata e alguns tipos de chás.

**Gráfico 1** - Concentrações médias de F (ppm) de diferentes culturas em relação à concentração média de F no solo.



**Fonte:** Shahab *et al.* (2017) adaptado pelo autor.

### 3.7.6 Produtos Industrializados

Estudos têm demonstrado, segundo Deus (2013), Ross (2015), Shahab *et al.* (2017), Pinese *et al.* (2021), que no Brasil e em outras regiões do mundo, a ocorrência da fluorose dentária tem aumentado consideravelmente. Além do consumo de água com alto teor de flúor, têm se observado no consumo de alguns produtos, como os de higiene bucal, alimentos e bebidas industrializados a presença desse elemento.

Também se tem comprovado altos índices de consumo por crianças menores de oito anos, algo a considerar, pois, nessa faixa etária, elas estão mais vulneráveis aos efeitos do flúor na saúde bucal (Pinese *et al.*, 2021; Shahab *et al.*, 2017).

#### 3.7.6.1 Produtos de higiene bucal e medicamentos

Ao relacionar o teor do Flúor com produtos industrializados e saúde, naturalmente cogitam-se os produtos disponíveis para a higiene bucal, conforme Cury *et al.* (2000), Chowdhury *et al.* (2019), entre eles os cremes, enxaguantes, géis e

medicamentos. Estando presente nas diversas marcas existentes no mercado mundial, alguns mais, outros menos recomendados por profissionais de saúde bucal.

Deve-se fazer um alerta que alguns desses produtos só devem ser utilizados e aplicados por esses profissionais. Segundo, Cury *et al.* (2000, p.4).

Os géis e os vernizes 1,23% de flúor (9.000 a 12.300 ppm F) Nos vernizes são encontrados 22.600 pp F. São portanto, produtos com alta concentração de flúor e que dever ser manipulados por profissionais qualificados, uma vez que o seu emprego é indicado nos procedimentos de fluoroterapia intensiva, preconizados para indivíduos de médio e alto risco de cárie.

Estudos têm mostrado, conforme Chowdhury *et al.* (2019), que algumas marcas de “creme dental”, na Índia, apresentam teores diferentes daqueles informados em seus rótulos.

Especialistas na Índia têm avaliado que o aumento da ingestão de produtos com flúor, junto a essa inconsistência de informações em rótulos de produtos, associado ao uso de água fluoretada ou não, podem aumentar os riscos de ocorrência da fluorose e outras doenças em algumas regiões. Segundo, Chowdhury *et al.* (2019, p.192):

Algumas áreas do estado de Karnataka que têm menos de 0,3 ppm de flúor na água potável, enquanto níveis muito altos de flúor, como 4 ppm estão presentes na água potável em áreas endêmicas de fluorose. Estes diferentes regiões precisam de recomendações diferentes para suplementação de flúor.<sup>22</sup> A quantidade de dentífrico usado também contribui para a ingestão de flúor diferente e pode ser diretamente associado ao idade das crianças. Além disso, enxágue de a cavidade da boca com água da torneira imediatamente após escovar com pasta de dente fluoretada reduz o disponibilidade de flúor na saliva, que também precisa ser enfatizado. Há um aumento de 50% no risco de fluorose em crianças menores de 6 anos, que não são supervisionados enquanto escovação.<sup>24</sup> Uma dose recomendada de dentífrico para crianças indianas é essencial para reduzir o risco de fluorose e este precisaria levar em consideração a dieta fontes de flúor.

Em relação aos enxaguantes bucais analisados, o mesmo estudo indica que para alguns produtos não foi encontrado problemas, pois os produtos estavam dentro dos padrões da OMS para região. Porém, alguns tiveram problemas da falta de informações de teores e sobre as instruções de uso.

Os medicamentos fluoretados não têm causado nenhum benefício. A exemplo dos complementos vitamínicos, o uso não tem sido bem recomendado em pré-natal e pós-natal, quando se tem acesso a dentrífcios e outras situações, pois as

experiências não têm apresentado resultados positivos (Chowdhury *et al.*, 2019). A ocorrência tem sido preocupante em medicamentos pediátricos, pois em alguns medicamentos foi constatados teores de até 10,00 mg/L.

### 3.7.6.2 Bebidas e alimentos industrializados

A maior parte dos estudos relacionando teores de flúor com a cárie e fluorose estão relacionados ao consumo de água, seja ela fluoretada, ou na condição natural, por carência ou excesso, comprometendo a saúde das pessoas, principalmente a saúde bucal (Pinese *et al.*, 2021).

Nessa abordagem, apresenta-se um alerta com base em alguns estudos que têm comprovado a vulnerabilidade das pessoas, principalmente as crianças, no consumo de produtos com alto teor de Flúor, alguns tipos de bebidas e alimentos. Segundo, Levy *et al.* (2006 *apud* Miziata *et al.*, 2006, p. 121).

O aumento dessa prevalência de fluorose dentária está associado ao fato de o flúor estar sendo amplamente distribuído para a população, principalmente através da água fluoretada, pasta de dente fluoretada e dos alimentos, bebidas, fórmulas e suplementos infantis, fazendo com que sua ingestão venha aumentando consideravelmente, desde a década de 30.

Refrigerantes, sucos de uva e água mineral, tem demonstrado altos teores. Nos refrigerantes a concentração é justificada pelas águas que são utilizadas no processo de industrialização, sendo os sabores de maior concentração os de guaraná e uva. No suco de uva, a ocorrência é justificada por conta dos agrotóxicos utilizados nas plantações e que ficam concentrados na casca do fruto (Chowdhury *et al.*, 2019; Miziata *et al.*, 2006).

Alguns tipos de chás apresentam concentrações expressivas, apesar de não contribuírem muito na ingestão de flúor, devido ao baixo consumo, recomenda-se em regiões endêmicas de fluorose um consumo ainda menor. Em relação aos alimentos, segundo Miziara *et al.* (2006), também são destacados aqueles da dieta infantil como: cereais, papinhas, derivados lácteos, como Mucilon, Neston e Achocolatado Toddynho (Chowdhury *et al.*, 2019).

### 3.7.7 Efeitos e Impactos Sobre os Seres Humanos

São vários os condicionantes que causam as variações dos teores de Flúor nos diversos ambientes e produtos, de ordem natural ou antrópica. O flúor como outros elementos é importante para os seres vivos, porém seu uso deve ser em dosagem correta (Pinese *et al.*, 2021). Ele pode ter uma toxicidade menor que o Arsênio, mas pode ser maior em relação ao chumbo e outros elementos (Deus, 2013; Pinese *et al.*, 2021; Shahab *et al.*, 2017).

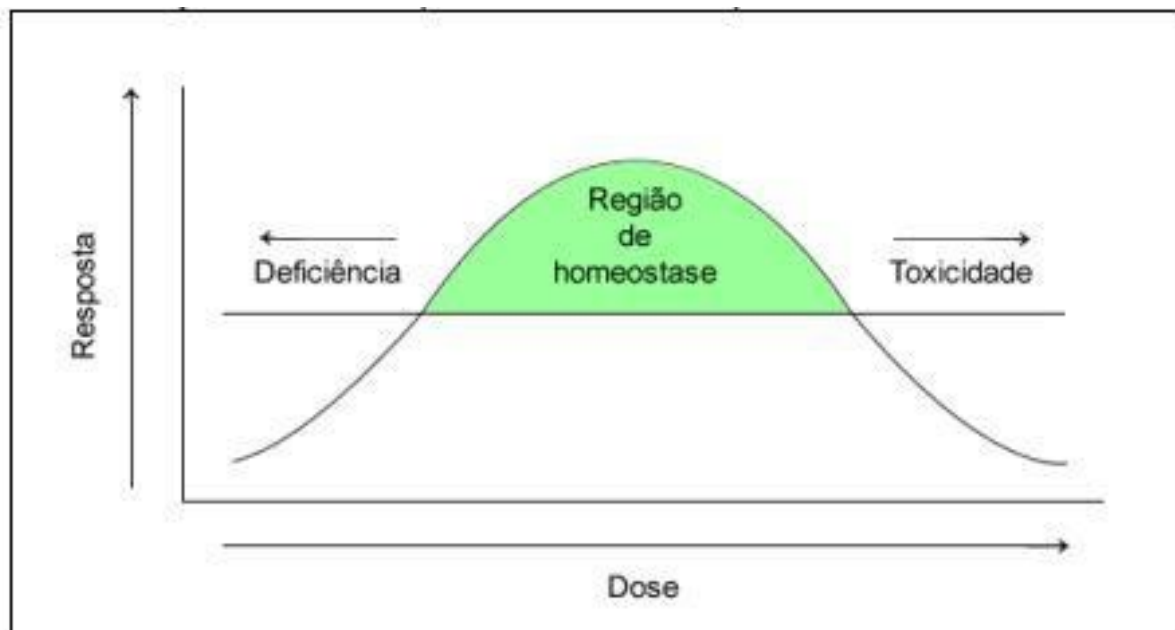
Em relação aos seres humanos, sua eficácia à prevenção da cárie tem sido positiva, como têm mostrado vários estudos de Pinese *et al.* (2021). Porém, outros estudos demonstram o aumento de diversas anomalias e patologias, consequentes do consumo inadequado desse elemento, principalmente associado à água.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem determinado parâmetros, com intervalos entre mínimo e máximo, sendo que esse valor vai variar nas diversas regiões, conforme condições climáticas, não podendo ultrapassar o limite máximo de 1,5 mg/L (Guimarães, 2020; Pinese *et al.*, 2021).

Segundo Pires (2008), para os vários elementos que o ser humano consome, deve-se fazer a análise e dimensionamento dos valores ótimos de absorção. A Figura 1, de modo genérico, mostra os efeitos no organismo em excesso e/ou deficiência dos elementos essenciais e não essenciais.

Sendo que esse padrão de referência pode ser utilizado na observação do intervalo adequado para os valores de teores no uso do flúor, na região de estudo 0,6 – 0,8 mg/L Pinese *et al.* (2021).

**Figura 1** - Padrão de resposta biológica (curva dose-resposta) a elementos essenciais e não essenciais.



**Fonte:** Klaassen e Watkins (2012), adaptado pelo autor.

A cárie dentária é um exemplo de que, quando o teor mínimo não é observado, as consequências que isso representa na saúde bucal podem ser significativas. Cárie é uma lesão no esmalte dentário, em que o flúor tem o papel de proteger. Segundo Cury *et al.* (2000), o esmalte é formado por minerais (cálcio e fosfato) quando o açúcar se acumula na placa se transforma em ácido que vai destruir esse esmalte.

Por outro lado, estudos têm mostrado os diversos problemas na saúde que o uso em excesso do flúor pode acarretar, como problemas renais, reumáticos, hormonais, obesidade, fluorose dentária e óssea, problemas cognitivos, dentre outros. Segundo, Choi *et al.* (2012, p. 1365):

Resultados de nossas meta-análises de 27 estudos publicados ao longo de 22 anos sugerem uma associação inversa entre a alta exposição ao flúor e a inteligência das crianças. Crianças que viviam em áreas com alta exposição ao flúor tiveram escores de QI mais baixos do que aquelas que viviam em áreas de baixa exposição ou controle.

A fluorose dentária e óssea tem sido objeto de muitos estudos, pois têm relação ao consumo de águas com altos teores de flúor por grande parcela da população, que às vezes, por falta de informação e uma vigilância ineficiente, conforme Pinese *et al.*



(2021), fica vulnerável a esse problema que envolve água de abastecimento. Segundo, Gonçalves *et al.* (2022, p.56):

A fluorose dentária equivale a uma maior mineralização e porosidade da região imediatamente abaixo da superfície do esmalte dentário decorrente da ingestão crônica de doses tóxicas de flúor durante a formação do germe dentário, e, por isso, atinge as crianças com até os seis anos de idade (CURY *et al.*, 2019). Além disso, Pahuja; Pradhan e Nagar (2019) assinalam que as alterações do esmalte da fluorose dentária podem promover um padrão de manchas, perda na estrutura dentária e problemas estéticos, funcionais e psicossociais, ou seja, comprometer à saúde e à qualidade de vida das crianças com fluorose.

Entre os efeitos colaterais sobre o consumo de fluoretos nos dentes, está a toxicidade crônica, chamada de fluorose dental, esse é considerado um efeito sistêmico do flúor consumido, pois o fluoreto é absorvido pelo sangue e afeta o esmalte do dente em formação, manifestando-se em diferentes graus (severidade) de opacidade do dente. (Guimarães, 2020 p.47).

Sobre a fluoretação, segundo Pinese, Ross e Alves (2019, p. 64):

O consumo de fluoretos é necessário em níveis ideais (ultratraços) e é benéfico à saúde, inibindo o desdobramento de cáries por formar a fluorapatita que protege o esmalte dentário e auxiliando no desenvolvimento saudável dos ossos. Contudo, em altas dosagens por um longo período, excede o necessário às reações bioquímicas do organismo humano e se torna nocivo à saúde, gerando enfermidades como a fluorose dentária e a fluorose óssea.

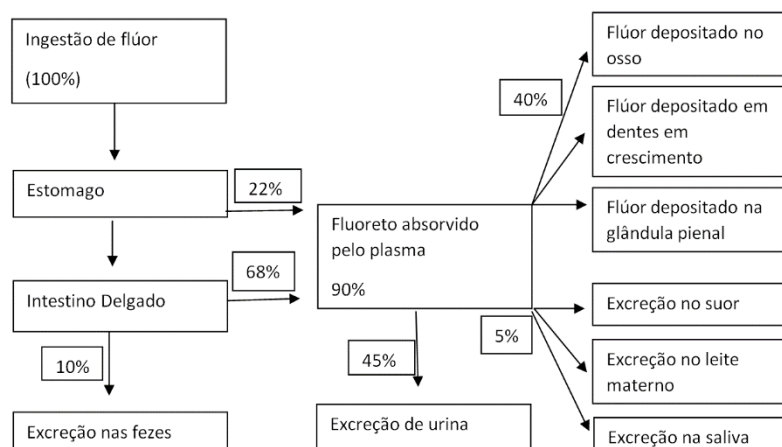
Estudar o flúor no ambiente, tanto nas águas como em outros produtos, os impactos que ele pode causar à saúde pública Guimarães (2020), assim como fazer uma boa vigilância, se faz necessário por parte de pesquisadores e gestores.

A Figura 2 demonstra como ocorre a distribuição em % do flúor no organismo no processo de metabolismo, segundo Shahab *et al.* (2017). Uma parcela é eliminada de alguma forma, através de urina, suor, saliva, mas uma parcela é retida nos dentes, ossos e outros órgãos, comprometendo a saúde.

A Figura 3 mostra, segundo Dean (1942), os graus de intensidade da fluorose dentária e a Figura 4 mostra uma pessoa com fluorose óssea, ambas sendo consequências do uso de flúor em doses excessivas, ou acima dos parâmetros de consumo humano.



**Figura 2 - Metabolismo do F no corpo humano.**



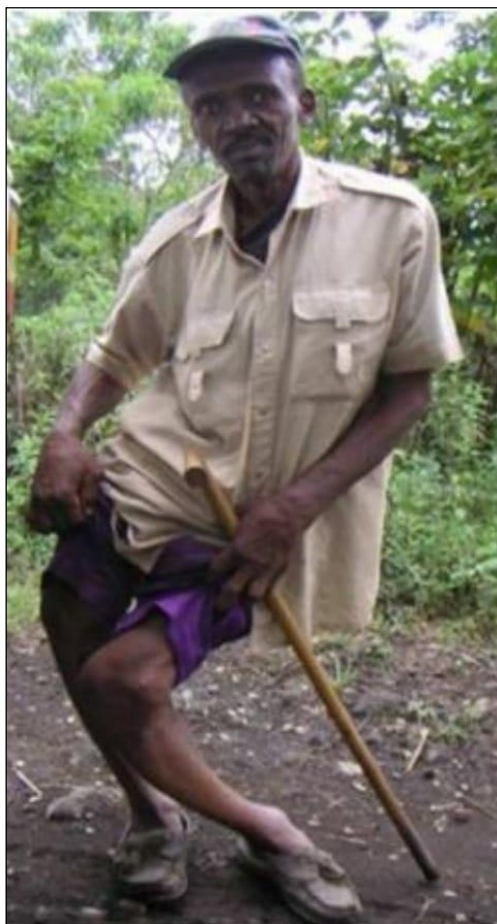
Fonte: Shahab *et al.* (2017), adaptado pelo autor.

**Figura 3 - Fluorose dentária- Aparência do esmalte dos dentes de acordo com os graus de intensidade da fluorose dentária (Dean, 1942).**



Fonte: Dissanayake e Chandrajith, (2009). Adaptado pelo autor.

**Figura 4** - Fluorose óssea.

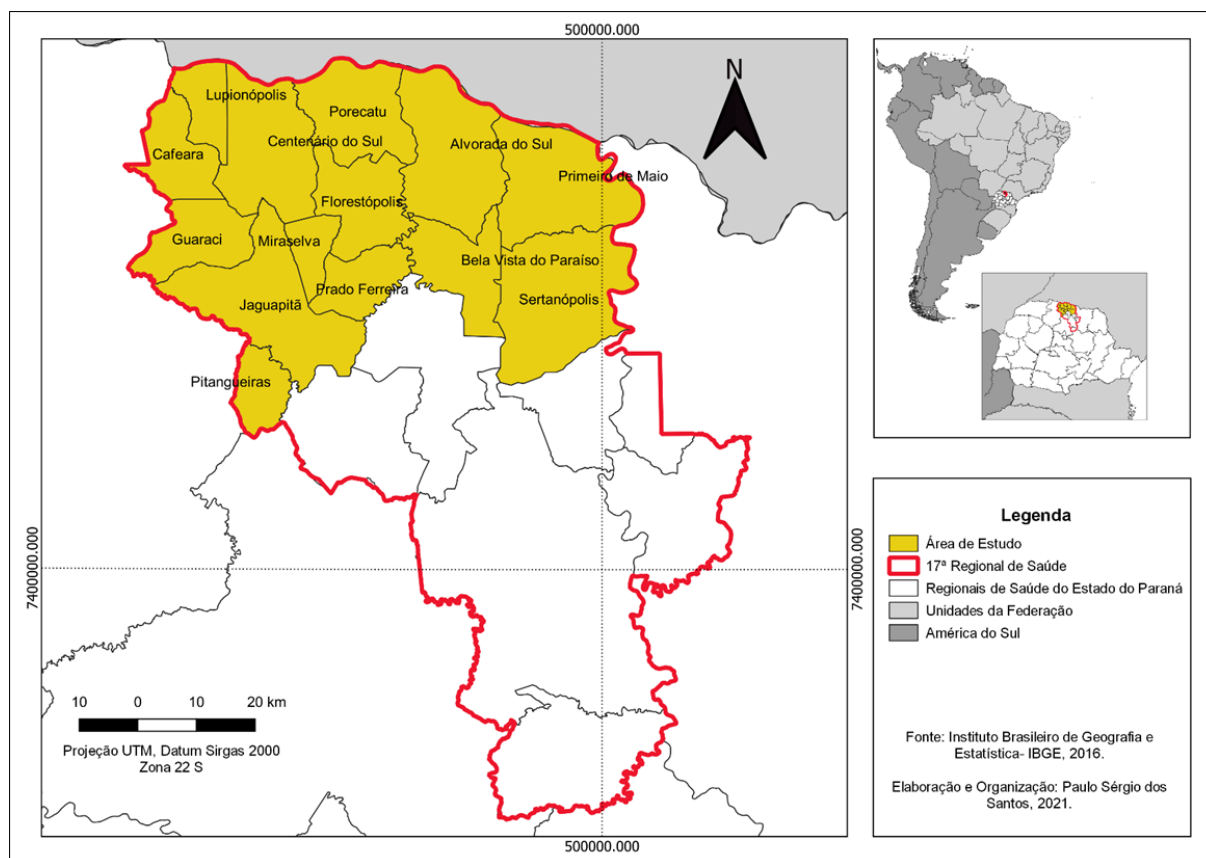


**Fonte:** Santos (2019).

#### 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estado do Paraná está localizado na região sul do Brasil, possuindo 22 Regionais de Saúde, divididos em quatro macrorregionais, sendo elas: norte, sul, leste, oeste e noroeste. Este estudo abrange 14 municípios pertencentes a região norte de Londrina, incluindo: Alvorada do Sul, Bela Vista do Paraíso, Cafeara, Centenário do Sul, Florestópolis, Guaraci, Jaguapitã, Lupionópolis, Miraselva, Porecatu, Prado Ferreira, Pitangueiras, Primeiro de Maio e Sertãoópolis (Figura 5).

**Figura 5**– Mapa de localização da área de estudo.



##### 4.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A área de estudo, encontra-se, em sua grande maioria, no Grupo Serra Geral (Figura 6). Segundo Hartmann (2014) é um conjunto de rochas eruptivas magmáticas,

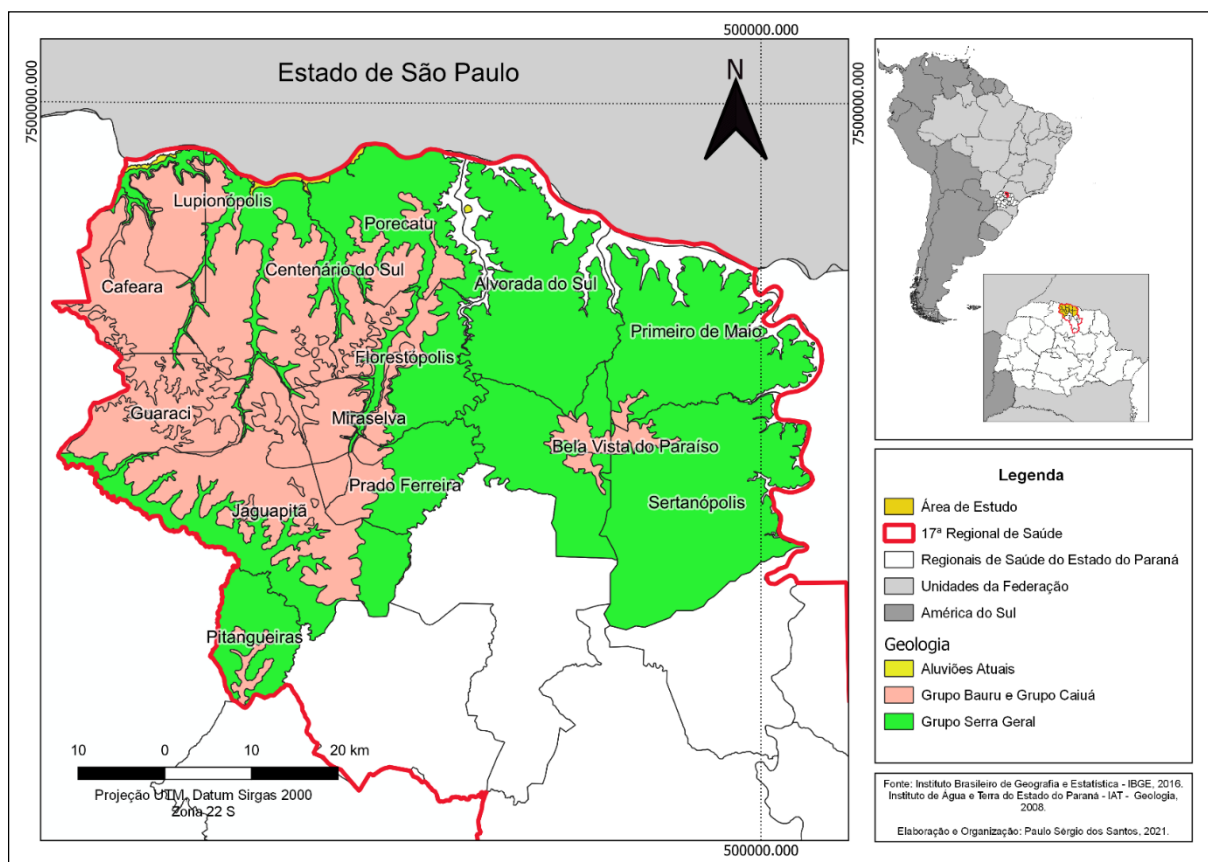
originadas por derrames, sendo repositório de jazidas de geodos de ametista de classe mundial, com tipos de rochas variados e um forte potencial de bens minerais.

O Grupo Serra Geral, pertence ao período Triássico Superior e Cretáceo Superior, e apresenta características fissurais intracratônicas, associados aos movimentos de ruptura do Gondwana (Cretáceo Inferior), durante o deserto Botucatu (Pinese; Stripp; Oliveira, 2000).

Dentre os municípios analisados, encontra-se o Grupo Bauru, com forte presença no noroeste do estado do Paraná e o Grupo Caiuá (Figura 6), onde suas formações referem-se a depósitos de trato de sistemas deposicionais eólicos, do antigo Deserto Caiuá (Fernandes, 2004).

Desse modo, classifica-se que os municípios pertencentes ao norte da 17ª Regional de Saúde do estado do Paraná, encontram-se entre os grupos: Serra Geral, formações Pitanga e Paranapanema; Bauru, formação Vale do Rio do Peixe; e Caiuá, com as formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio (Deus, 2013; Licht; Ariolli, 2018; Milani *et al.*, 2007).

**Figura 6–** Geologia da área de estudo.



#### 4.1.1 Grupo Serra Geral

O Grupo Serra Geral é uma unidade geológica que desperta interesses dentre os meios científicos e socioeconômicos, ao possuir uma vasta extensão com aproximadamente 1.000.000 km<sup>2</sup> e largura entre 500-1.000 metros de repositório de jazidas de geodos e ametista de classe mundial, possui tipos de rochas com ampla variedade, apresentando um forte potencial de bens minerais (Hartmann, 2014).

Segundo o autor, este Grupo faz parte da Bacia Sedimentar do Paraná, resultante de um dos maiores vulcanismos identificados, portanto, as rochas vulcânicas dominantes são basaltos (95 vols.%), andesito, basáltico e andesito, seguidas de riodacito e pouco riolito (5 vols.%).

##### 4.1.1.1 Formação Pitanga

Esta formação, segundo Licht e Ariolli (2018) é composta em sua maioria por derrames pahoehoe delgados, acompanhados localmente por derrames rubblypahoehoe. Onde, ocorrem derrames pahoehoe tabulares espessos, mas em proporções subsidiárias.

Segundo os autores, a Formação Pitanga também é composta por derrames de basaltos com textura hipohialina, enriquecidos em álcalis e flúor, que é representado por lavas de fluidez elevada e de temperatura um pouco mais baixa que dos basaltos toleíticos (Figura 8).

#### 4.1.1.2 Formação Paranapanema

São derrames de valas básicas com frequentes ocorrências de pegmatitos básicos e raros depósitos Vulcano clásticas, que decresce da base para o topo, constituindo o Sub Grupo Serra Geral Centro Norte (Licht; Ariolli, 2018).

Segundo os autores, esta formação é frequente pelo noroeste do estado do Paraná, e percorre 71. 884 km<sup>2</sup> a sudoeste do estado, onde suas rochas se afloram no oeste, até o norte do estado de Santa Catarina.

Na associação litológica, os derrames são pahoehoe, tabulares que bastante espessos devido aos processos de infiltração do magma. E a litoquímica é composta por andes basaltos subalcalinos e secundariamente traquibasaltos alcalinos, com raras intercalações. Conforme Licht e Ariolli (2018), a Formação Paranapanema possui grande parte coberta por rochas sedimentares dos Grupos Caiuá, com presença de conglomerados basais arenosos ou arenitos maciços. Com subdivisão em Membros Salto do Lontra e Santa Amélia, mas de pequena expressão (Figura 8).

#### 4.1.2 Grupo Bauru

Inserido na Bacia Bauru, este Grupo pertence ao período Cretáceo da Era Mesozoica (Éon Fanerozoico), constituído por rochas sedimentares (Minerpar, 2006). E, segundo Bettú *et al.* (2006), o Grupo Bauru está localizado nas regiões de: Mato Grosso do Sul (oriente); São Paulo (planalto ocidental); Paraná (noroeste) e

Paraguai, preenchendo a área de 370.000 km<sup>2</sup>, na porção centro-sul da Plataforma sul-americana.

Portanto, as deformações que afetaram a Bacia Bauru e o seu embasamento permitiram a geração de zonas de mistura das águas dos Sistema de Aquífero Serra Geral (SASG) e Caiuá (Sistema Alternativo Coletivo) (Bettú *et al.*, 2006). Assim, é composto pela Formação Vale do Rio do Peixe, acima do Grupo Serra Geral.

Conforme Fernandes (2004), o Grupo Bauru é composto pelas seguintes formações: Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília. Incluindo os Analcimitos Taiúva, com rochas vulcânicas intercaladas (Figura 7).

#### 4.1.2.1 Formação Vale do Rio do Peixe

Possui a maior extensão na porção leste da Bacia Bauru, consoante Fernandes e Coimbra(2000), constitui o substrato de boa parte do oestede São Paulo e Triângulo Mineiro, e possui espessura máxima preservada com ordem de 100 metros, medida sobre perfurações de poços de água subterrânea.

A formação Vale do Rio do Peixe assenta-se diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral. E gradualmente percorre sentido oeste para sudoeste, preenchendo a Formação Santo Anastácio (Fernandes; Coimbra, 2000), conforme a (Figura 7).

#### 4.1.3 Grupo Caiuá

Composto por deposição eólica e fluvial, este grupo é formado por arenitos finos e médios, arroxeados, com estratificação cruzada de grande porte. É classificado como uma área de sedimentação eólica, pertencente ao período Triássico Superior, contendo a deposição do arenito Botucatu até o Neocretáceo (Licht; Ariolli, 2018; Maack, 2002 apud Ross, 2015; Marimon, 2006)

De acordo com Fernandes (2004), o Grupo Caiuá está presente nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, podendo surgir no extremo nordeste do Paraguai. E segundo o autor, é composto pelas formações do Rio Paraná, Goio Erê e



Santo Anastácio, e apresentam cores marrom-avermelhado e arroxeado, sendo a última mais pálida, caracterizando depósitos do tipo red beds.

#### 4.1.3.1 Formação Rio Paraná

A Formação Rio Paraná está na parte meridional da bacia Bauru, com as maiores espessuras preservadas no noroeste do Paraná, com 277 m em Altônia; 205 m em Terra Rica e no Pontal do Paranapanema — SP. Consoante Fernandes (2004), são raras às vezes que se expõe de modo contínuo, como nas vertentes dos morros dos Três Irmãos (Terra Rica — PR) e o morro do Diabo (Teodoro Sampaio, SP), onde tais elevações são sustentadas devido à silicificação dos arenitos.

Esta formação pertence ao Grupo Serra Geral, caracterizado pelo estrato de aspecto brechóide (1 m), composto por arenito lamoso maciço, fragmentos de basalto, nódulos de esmectita e carbonato. É composta por arenitos quartzosos marrom-avermelhados a arroxeados, finos ou muito finos (Fernandes, 2004; Licht; Ariolli, 2018), representados pelo mapa apresentado na Figura 7.

#### 4.1.3.2 Formação Goioerê

Esta formação ocorre no sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná, com espessura de 50 m (Fernandes; Coimbra, 2000). Possui contato transicional com a Formação Rio Paraná e contatos erosivos com a Serra Geral. Com camadas tubulares, estratificação cruzada alternando com aspecto maciço, laminação paralela incipiente, ondulações de adesão, climbing ripples eólicos e pequenas dobras.

Desse modo, a Formação Goio Erê é constituída por arenitos quartzosos, marrom-avermelhado a cinza-arroxeados, finos a muito finos. Seus grãos têm superfície fosca, com película de óxido de ferro. Onde, é frequentemente revestido de poros por esmectita, transformada em caulinita autigênica por processos intempéricos (Fernandes, 2004).

E segundo o autor supracitado, sua cimentação é comum formando nódulos e crostas e apresenta uma base com intercalações horizontais com arenitos maciços conglomeráticos.

Portanto, a ocorrência nos vales do Ligeiro e Goio Erê, Tamboara, oeste e noroeste de Campo Mourão. Onde, apresenta depósitos de áreas periféricas sujeitas a oscilações no nível freático, dunas eólicas, de cristas sinuosas e interdunas úmidas (Licht; Ariolli, 2018).

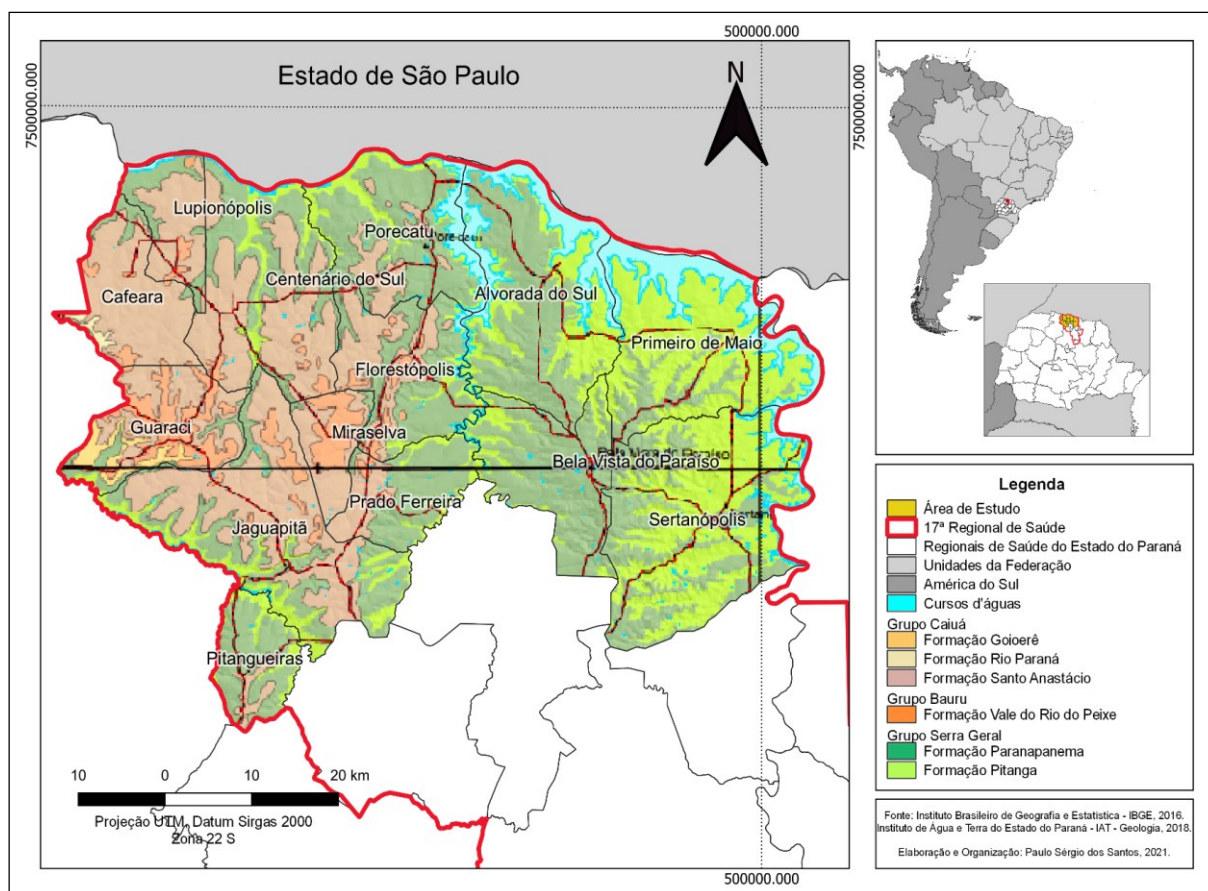
#### 4.1.3.3 Formação Santo Anastácio

Formado em ambiente de planície aluvial, constituído por arenitos muito finos a médios, com raros leitos de lamitos avermelhados. Com estruturas sedimentares que são estratificações dos tipos cruzadas e plano paralela. Que apresenta arenitos com coloração marrom-avermelhado a arroxeado, com granulação fina e média, quartzos e em menor proporção feldspatos, calcedônia e opacos (Deus, 2013; Licht; Ariolli, 2018; Milani *et al.*, 2007).

Segundo Fernandes e Coimbra (2000), é constituído de arenitos quartzosos subarcoseanos, quase sempre maciços, finos a muito finos, pobremente selecionados, com a fiação silte subordinada, e pequena quantidade de matriz silto-argilosa. Possui grãos subangulosos a subarredondados, foscos, encobertos por uma película de óxido de ferro. Em conjunto deposicional consiste em depósitos de lençóis de areia, essencialmente secos, acumulados em extensas e monótonas planícies desérticas, marginais dos grandes complexos de dunas do Deserto Caiuá (Figura 7).

Em conjunto com o Rio Paraná e Goio Erê, essa Formação, formam o Grupo Caiuá, portanto, formando o aspecto geológico desta área de estudo, junto as demais formações aqui já citadas.

**Figura 7**–Unidades Geológicas da área de estudo.



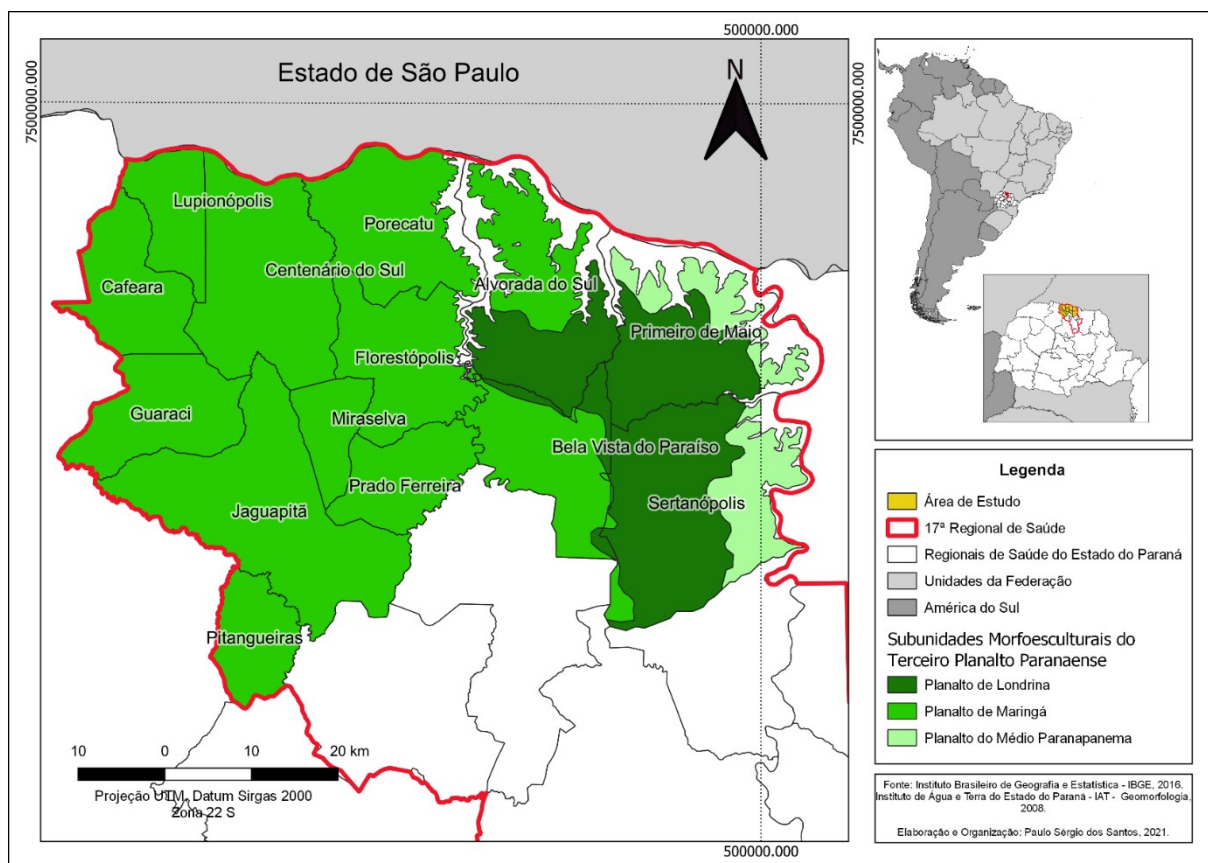
#### 4.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A porção norte da 17ª Regional Norte de Saúde está inserida no Terceiro Planalto do Paraná (Planalto de Guarapuava). E segundo Ab'Saber (2011), começa no reverso da Formação Serra Geral, em escarpa arenítico-basáltica, denominada Serra da Esperança. Correspondente a uma grande área com derrame de rochas eruptivas pertencentes à Formação Serra Geral associadas às rochas areníticas do Bauru (Ab'Saber, 2011; Maack, 2002 *apud* Ross, 2015; Muller, 2007).

Portanto, a área de estudo está localizada na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, na Unidade Morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense, que apresenta as subunidades morfoesculturais: Planalto de Londrina, com morfologias dominantes de dissecação-média, topos-alongados, vertentes-convexas e vales V; Planalto do Médio Paranapanema, com dissecação-baixa, topos-aplainados, vertentes convexas e vales em formato de V; e Planalto Maringá, com

dissecação-baixa, topos-alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em formato de V (Figura 8) (Mineropar, 2006).

**Figura8** – Geomorfologia da área de estudo.



#### 4.3 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

Os aspectos pedológicos compostos pela porção norte da 17ª Regional de Saúde do Paraná, apresenta as classes de solos: Nitossolos, Latossolos, Argissolos, Neossolos e Gleissolos, representados pela (Figura 11).

Por meio da análise sobre o mapa da (Figura 11), a classe predominante são os Nitossolos, caracterizados pelo horizonte B nítico abaixo do horizonte A. Que possui critério de desenvolvimento com a expressão de horizonte B nítico, em sequência a qualquer tipo de horizonte A, com pequeno gradiente textural, porém apresentando estrutura em blocos banguares ou angulares ou prismática, de grau

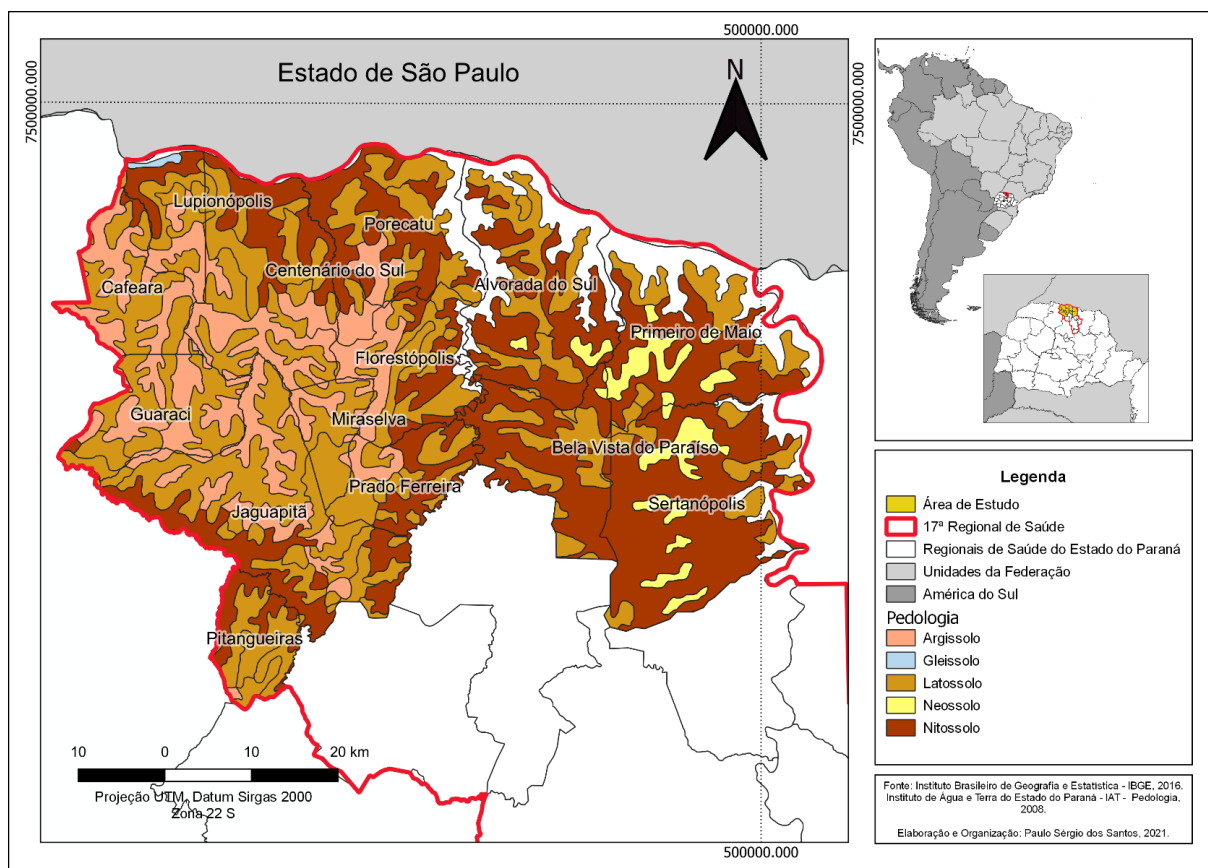
moderado ou forte, com cerosidade expressiva e/ou caráter retrátil Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2018).

Assim, consoante a Embrapa Solos (2018), os Nitossolos Vermelhos possuem maior presença na região norte do estado do Paraná, constituídos por minerais, eutróficos, não-hidromórficos e vermelho-escuro, apresentando um forte potencial para atividades agropecuárias. E esse tipo de solo é classificado como profundo, entre 1 e 2 metros e bem drenados.

Nesse sentido, nota-se a presença equilibrada da classe dos Latossolos (Figura 9), conforme a Embrapa Solos (2018) possui critério de desenvolvimento de horizonte B lotossólico, direcionado para qualquer tipo A, com a ausência ou pouco aumento de argila. Estabelecido por uma evolução avançada, com expressivo processo de latolização (ferralitização), resultando em alta intemperização de constituintes minerais primários, onde mesmos secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização.

Portanto, a quarta classe com maior frequência ao norte do estado do Paraná, são os Argissolos (Figura 9), que possui critério de desenvolvimento de horizonte diagnóstico B textural, que evidenciam a baixa atividade da fração argila ou atividade alta, desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico. E base evolutiva avançada com atuação incompleta de processo ferralitização, em ligação com paragênese caulínítico-oxídica ou virtualmente caulínítica, ou vermiculita com hidróxi-Al entre camadas na vigência de mobilização de argila da parte mais superficial do solo, com acumulação em horizonte subsuperficial (Embrapa, 2018).

**Figura 9**–Mapa pedológico da área de estudo.



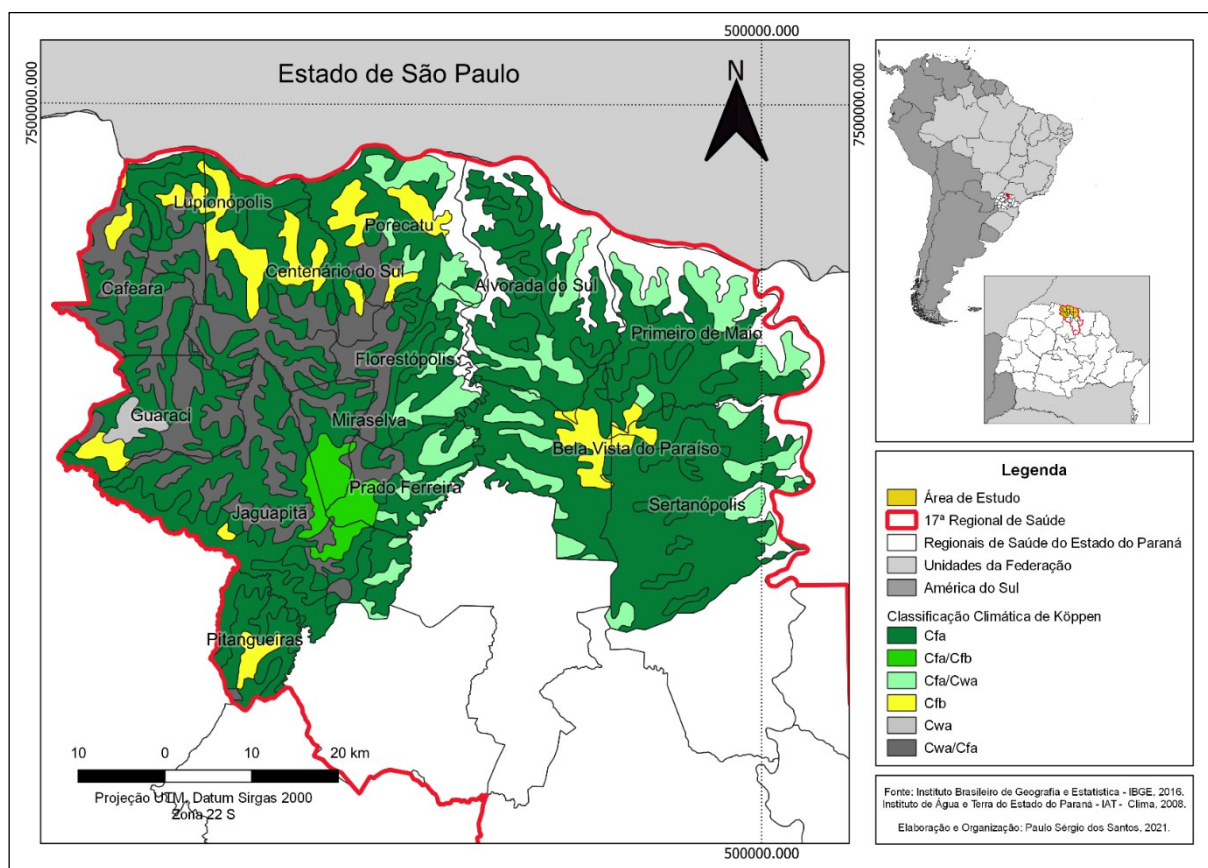
#### 4.4 ASPECTOS CLIMÁTICOS

O norte do Paraná apresenta certa individualidade, pois se trata de uma área transitória entre o clima subtropical e o tropical de altitude. Já o Paraná apresenta uma variedade climática sendo criado um modelo de classificação, onde, o Paraná apresenta 5 grupos (Figura 10).

Segundo Deus (2013), conforme a classificação de Köppen, na área de estudo predomina o clima subtropical (Figura 10), tendo a temperatura variando entre 18º graus e 22º graus, entre os dias mais frios e os mais quentes, com pluviosidade de até 1.200 mm anuais. Portanto, os meses mais quentes no estado do Paraná ocorrem entre janeiro e fevereiro, onde as temperaturas mais elevadas são entre 3 e 4 semanas depois da radiação vertical em sentido norte do estado (Maack, 2002 *apud* Ross, 2015).



**Figura 10**–Mapa climático da área de estudo.



#### 4.5 ASPECTOS HIDROLÓGICOS

O norte do estado do Paraná é constituído pelas bacias hidrográficas do 20/03/2024Paraná, sendo elas a: Tibagi, Paranapanema III e Pirapó (Figura 11). Portanto, esta área é abastecida por águas subterrâneas pertencentes aos Aquíferos Serra Geral e Caiuá (Deus, 2016; França, 2002; Guimarães, 2020).

##### 4.5.1 Bacia do Tibagi

Segundo Guimarães (2020), a bacia do Rio Tibagi encontra-se entre as cabeceiras do Tibagi, desde Palmeira e Ponta Grossa até a foz nos municípios de Primeiro de Maio e Sertaneja. Abrangendo 53 municípios do Paraná, a área correspondente a 17ª Regional de Saúde e está na área do Baixo Tibagi com nascentes de altitude 1.060 metros. Na área de recorte do presente trabalho, essa

bacia tem uma abrangência sobre os municípios de Bela Vista do Paraíso, Primeiro de Maio e Sertanópolis.

Segundo Paraná (2010apudGuimarães, 2020), entre os afluentes da margem esquerda pode-se citar: Capivari, Apucarantina e Três Bocas, além da margem direita com Pitangui, Ribeirão das Antas e Congonhas, sentido montante jusante.

A bacia hidrográfica do Tibagi (Figura 11), possui 65 tributários principais, distribui-se por uma ampla área de 24.937,40km<sup>2</sup>, somando 13% da área do estado, limita-se ao norte com a bacia do Paranapanema, a leste com as bacias dos rios Cinzas e Itararé, a sudeste com a bacia do rio Ribeira, ao sul com a do rio Iguaçu, a oeste com a bacia do rio Ivaí; e, a noroeste, com a baciado rio Pirapó (França, 2002).

Portanto, por abranger uma ampla área no estado do Paraná (Figura 13), esta encontra-se dividida nas seguintes unidades hidrográficas: Alto, Médio e Baixo Tibagi (Paraná, 2008 apud Deus, 2016, p.94).

O Tibagi possui cabeceiras inseridas nos domínios dos Campos Gerais e altitude média de 1.150 m, sentido oeste da escarpa Devoniana e no reversoda escarpa da Serrinha, integrantes da Unidade de Relevo Patamares da Bacia Sedimentar do Paraná (Maack, 1981 apud França,2002).

#### 4.5.2 Bacia Paranapanema III

Abrange os municípios de Alvorada do Sul, Bela Vista do Parais, Cafeara, Centenário do Sul, Florestópolis, Guaraci, Jaguapitã, Miraselva, Porecatu, Primeiro de Maio e Prado Ferreira.

Segundo Guimarães (2020), é formada por 12 afluentes diretas, desde a foz do Tibagi, próximo à represa da Hidrelétrica de Capivara e a Foz do Pirapó. Apresenta 1% da disponibilidade hídrica do Estado e a qualidade da água é vulnerável à contaminação, devido à infraestrutura de esgoto e drenagens urbanas.

Segundo Deus (2013), o Instituto das Água do Paraná monitorou essas bacias, Tibagi, Paranapanema III e Pirapó, constatando contaminação por produtos agrícolas e também de origem urbana, mas o instituto ainda considerou, recomendável para o abastecimento da região.



#### 4.5.3 Bacia do Pirapó

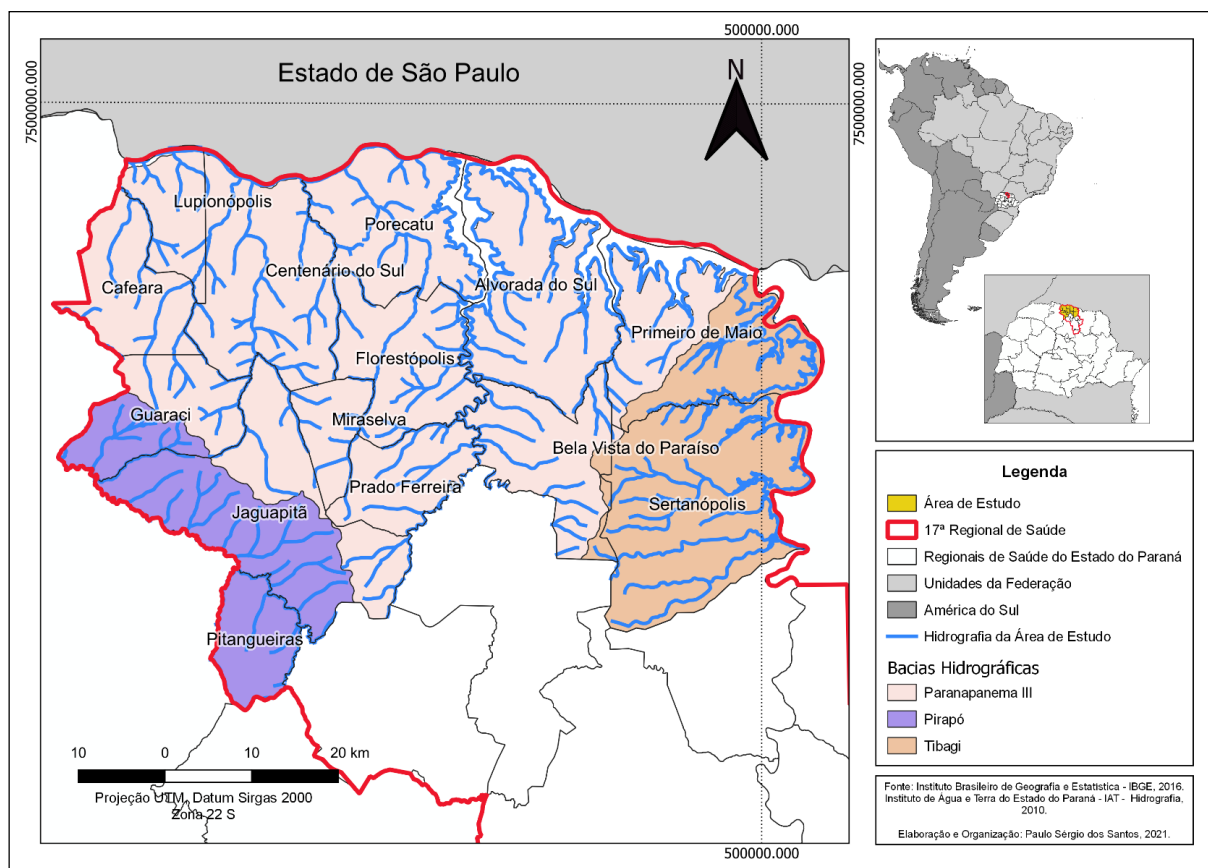
Segundo Guimarães (2020), essa bacia cobre uma área de cerca de 3% do território paranaense, sendo um afluente do Paranapanema, tendo uma altitude de 1.000 metros na nascente e 300 metros na área da foz no município de Jardim Olinda.

É formada por 60 tributários e tem o rio Bandeirantes como principal afluente, apresenta um potencial de contaminação por se tratar de uma área agrícola. Na área de estudo, a abrangência dessa bacia é sobre os municípios de Guaraci, Jaguapitãe Pitangueiras (Guimarães, 2020).

Pode-se observar na figura 13 a distribuição dessas bacias hidrográficas na área de estudo, sendo que a Paranapanema III possui maior abrangência. Esses municípios que fazem parte da área de estudo tem a agropecuária como atividade econômica importante, sendo então a bacia do Pirapó uma região vulnerável a contaminação por agrotóxicos. Segundo (Alievi, 2017, p.67):

Com o aumento das atividades industriais bem como de atividade agroindustriais na região, assim como o despejo de afluentes em que são presentes substâncias tóxicas a questão da presença de metais nas águas do Rio Pirapó é uma temática a se aprofundada e analisada, tendo em vista os agravos que podem ser gerados à saúde coletiva da população.

**Figura 11 – Hidrografia da área de estudo.**



#### 4.5.4 Aspectos Hidrogeológicos

O estudo das águas subterrâneas é de extrema importância, pois esse recurso é parte integrante do ciclo da água, e encontra-se em algumas áreas vulneráveis a algum tipo de contaminação (Pires, 2008). Conhecer a hidrogeoquímica é importante para se conhecer a qualidade da água em cada aquífero. A área de recorte do presente trabalho está situada sobre dois aquíferos, que serão abordados na sequência, o Sistema Aquífero Serra geral – SASG e o Aquífero Caiuá (Figura 12).

##### 4.5.4.1 Sistema Aquífero Serra Geral – SASG

Esse aquífero se desenvolve nos fraturamentos da litologia vulcânica e subvulcânica do Grupo Serra Geral. A penetração e o armazenamento da água desse aquífero pela característica fraturada e conectada da estrutura, que ocorreu devido à

ruptura das rochas ao longo do tempo geológico. Segundo Deus (2013), são encontrados teores elevados de fluoretos nas águas subterrâneas nas estruturas do Sistema Aquífero Guarani (SAG), assim como nas que percolam os fraturamentos do Serra Geral.

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), segundo Celligoi (1993), está localizado entre as rochas do Grupo Serra Geral e suas condições de armazenamento e hidráulica, e estão restritas nas zonas de descontinuidade física das rochas. Segundo essas características litológicas, ele é um aquífero de condições heterogênicas e anisotrópicas. Tanto a circulação como o acúmulo de suas águas ocorrem pelos fraturamentos e falhamentos, descontinuidades e zonas vesículo-amigdaloidais. Segundo, Rebouças (1978 *apud* Celligoi, 1993, p. 24):

Em escala regional, as rochas vulcânicas da formação em questão constituem a camada confinante do aquífero Botucatu, bem como o substrato rochoso onde se acumulam as águas provindas da cobertura sedimentar do Grupo Bauru. Ao contrário dos sistemas aquíferos sedimentares, os quais possuem uma certa homogeneidade física, o sistema Serra Geral, pelas suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas.

A ocorrência da água nas rochas (SASG), segundo Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (Paraná, 2014), está relacionada com o condicionamento dos derrames, representado pelas falhas e fraturas, estruturas originadas de desprendimento de gases dos derrames, que são as zonas vesículo-amigdaloidais interderrames, que proporcionam poros interconectados em porções superiores.

A rocha por si só não constitui o aquífero, “sendo que a porosidade e permeabilidade associadas principalmente aos vazios provocados pelas falhas e fraturas resultem em maior ou menor significância. Essas rochas, apesar de ígneas, são capazes de fornecer volumes de água dez vezes maiores do que a maioria das rochas ígneas e metamórficas”. (Paraná, 2014, p. 18).

#### 4.5.4.2 Aquífero Caiuá

No Paraná, esse aquífero está situado nas regiões norte e noroeste, no afloramento das rochas sedimentares do grupo Caiuá, delimitado ao oeste pelo rio

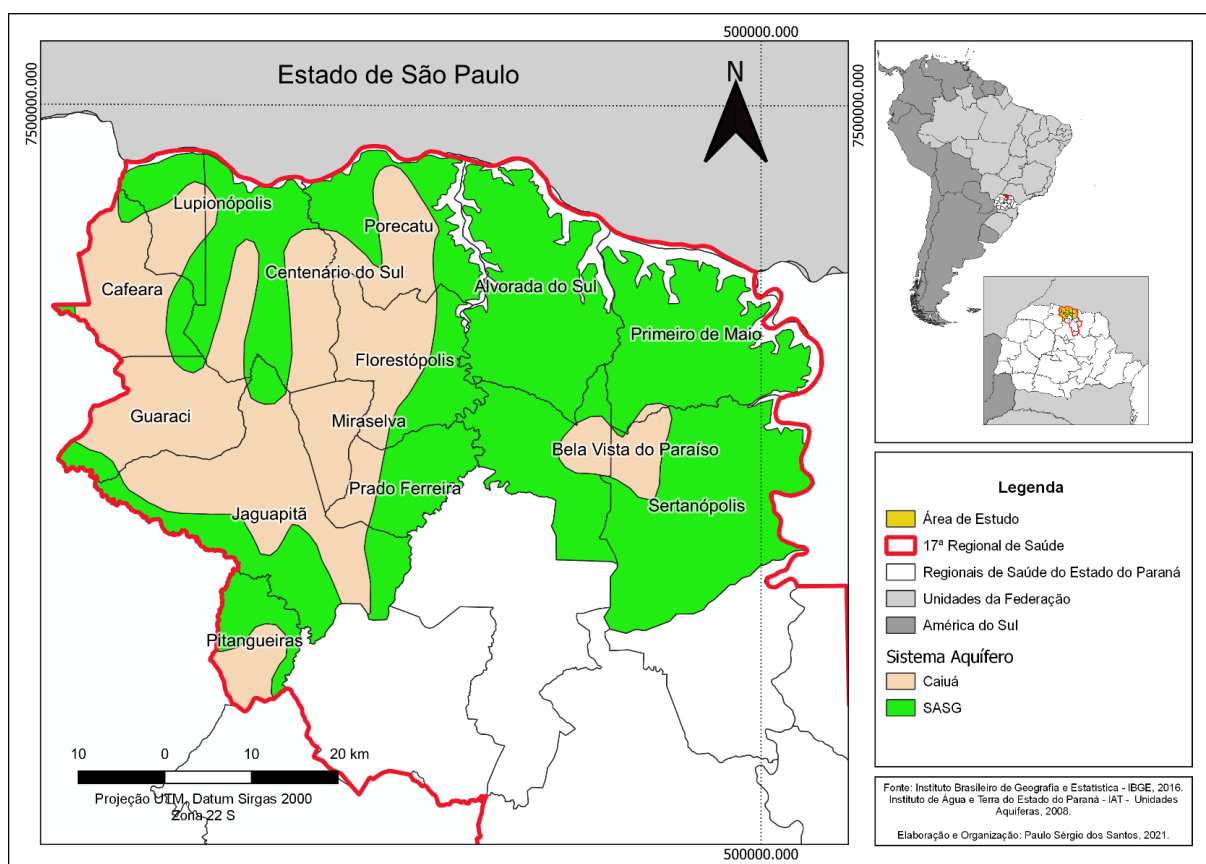
Paraná, norte do Paranapanema e sul com o Piquiri e limite de ocorrência do Grupo acima no lado leste, com uma área de 24.000 km<sup>2</sup>.

O desenvolvimento econômico da região e o aumento da população ocasionou uma demanda das águas desse aquífero para as diversas atividades. Sendo assim, é importante o estudo das condições e qualidade de sua água para uma boa vigilância e gestão, na utilização desse recurso.

O Caiuá é um meio poroso constituído de rochas sedimentares cretáceas pós-basálticas da Bacia Sedimentar do Paraná. Unidades sedimentares, homogêneas, pouco argilosas compactadas tornando o aquífero livre. “Fernandes (1992), afirma que o Aquífero Caiuá se comporta como livre, por sua maior homogeneidade litológica e decorrente permeabilidade” (Fernandes, 1992).

Em relação à composição química, uma análise com o diagrama de Piper com águas do Caiuá no Paraná apresentou um caráter bicabornatado cálcio a cálcio-magnésiano. Verifica-se também que, embora as concentrações iônicas não sejam homogêneas ao longo do Aquífero, a composição bicabornatada cálcica é uma constante em praticamente a maioria dos poços”. (Celligoi, 2002, p. 24).

**Figura 12**–Mapa do sistema Aquífero Caiuá e SASG da área de estudo.



#### 4.6 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Os municípios da área de estudo são municípios de médio a pequeno porte, com população predominantemente urbana, porém as atividades econômicas de destaque estão relacionadas à agropecuária. Essa região tem uma parcela de sua população prestando serviço em atividades ligadas ao setor agropecuário, uma parte no setor terciário e uma pequena no secundário, pois os municípios são pouco industrializados (Guimarães, 2020).

Esses municípios têm certo vínculo e dependência em relação ao município de Londrina, na prestação de serviço e comércio de diversas áreas. Isso ocorre devido a alguns fatores, como pelo fato de Londrina ser o maior centro urbano da região e a formação da Região Metropolitana. Isso contribui para uma boa integração entre os municípios dessa área, com o comércio e os serviços que a cidade de Londrina presta na região, principalmente serviço de saúde.

Em 1990, por meio da Lei Orgânica de Saúde (LOS), estabelecida como um instrumento de gestão do Sistema Único de Saúde(SUS), são institucionalizados os consórcios de regionalização da atenção da saúde. (Deus, 2013 p. 64).

Surge então a 17ª Regional de Saúde de Londrina, junto a mais 21 regionais por todo o Estado, tendo como objetivo realizar o atendimento especializado e de alta complexidade.

No atendimento odontológico, esses municípios são restritos ao atendimento em postos de saúde e algumas clínicas particulares, sendo o primeiro, a principal referência para tal atendimento, pois a população desses municípios no geral é dependente do Sistema Único de Saúde (SUS). Essa condição, nesses municípios, limita o diagnóstico relacionado à fluorose dentária (Guimarães, 2020; Pinese *et al.*, 2021). Segundo Deus (2013, p. 72):

São diversas as dificuldades de diagnóstico da fluorose dentária, nas quais se inclui a ausência de informações sobre a patologia; as pequenas alterações no esmalte dentário apresentadas na fase inicial, bem como a carência de informações a respeito durante a formação profissional.

O presente estudo ocorre num contexto geográfico regional, conceito importante nos estudos da Geografia. Então se faz o seguinte questionamento: Qual a importância de se estudar Geografia na perspectiva da região? La Blache, sobre essa perspectiva de gestão e estudo, apresenta relevante reflexão:

[...] região geográfica nos termos propostos, entre outros, por Vidal de La Blache; é uma área vista por um aspecto ao qual se atribui relevância, como uma determinada produção, um suposto problema social, a gravitação em torno de uma cidade dotada de funções regionais, ou pertinente a uma mesma bacia hidrográfica (Corrêa, 1995, p.47).

A dimensão da 17ª Regional de Saúde de Londrina é objeto de estudo no tema flúor e saúde bucal. Assim, num contexto mais específico, entender investigar melhor a porção norte dessa região, analisando as condições naturais e antrópicas, relacionando com as questões que envolva teores de Flúor e seus riscos à saúde, se torna algo importante (Deus, 2013; Guimarães, 2020).

A área de estudo segue um critério regional político-administrativo, tendo a gestão da saúde como foco principal. Fazer a relação entre dados naturais,

demográficos, socioeconômicos com dados de estudos relacionados às águas de abastecimento é importante para analisar as implicações na saúde bucal Guimarães (2020).

A Tabela 1 apresenta o percentual de setores do censo em cada município da área, mostrando os níveis de risco para ocorrência da cárie, variando de muito baixo ao muito alto.

**Tabela 1**—Percentual de setores censitários por município e níveis de risco a cárie na porção norte da 17ª Regional de Saúde.

<b>Município</b>	<b>Muito Baixo</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>	<b>Muito Alto</b>
Alvorada do Sul	-	-	37,50	62,55	-
Bela Vista do Paraíso	6,25	18,75	37,50	37,50	-
Cafeara	-	-	66,67	33,33	-
Centenário do Sul	-	-	72,73	27,27	-
Florestópolis	7,69	7,69	46,15	38,46	-
Guaraci	-	-	100,00	-	-
Jaguapitã	-	15,38	53,85	-	-
Lupionópolis	-	16,67	83,33	-	-
Miraselva	-	-	-	-	100,00
Pitangueiras	-	33,33	33,33	33,33	-
Porecatu	8,33	16,67	58,33	16,67	-
Prado Ferreira	-	-	33,33	50,00	16,67
Primeiro de Maio	-	18,18	36,36	45,45	-
Sertanópolis	13,33	20,00	53,33	13,33	-

**Fonte:** Guimarães (2020), adaptado pelo autor.

#### 4.7 TEORES DE FLUORETO NA 17ª REGIONAL DE SAÚDE (2014-2018)

Em estudos anteriores, assim como no presente trabalho, foi detectado que os teores de flúor em alguns municípios da 17ª RS estão fora do padrão da legislação atual (1,5 mg/L (VMP) e 0,6–0,8 mg/L) para a região de estudo. Esses estudos

(Guimarães, 2020) e o presente foram elaborados com base em amostras coletadas em cavaletes em diversos pontos nas áreas urbanas: casas, escolas, comércios etc.

Tanto na área de estudo quanto em toda a 17<sup>a</sup> regional, os dados apresentaram teores abaixo e também acima do teor recomendado pelos órgãos de saúde responsáveis pela distribuição da água.

Conforme estudo de Guimarães (2020), amostras do SAA coletadas entre 2014 a 2018 foram analisadas posteriormente, produzindo variado material (mapas, gráficos e tabelas), em que se pode obter um panorama das condições das águas da área de estudo em relação aos teores de Flúor.

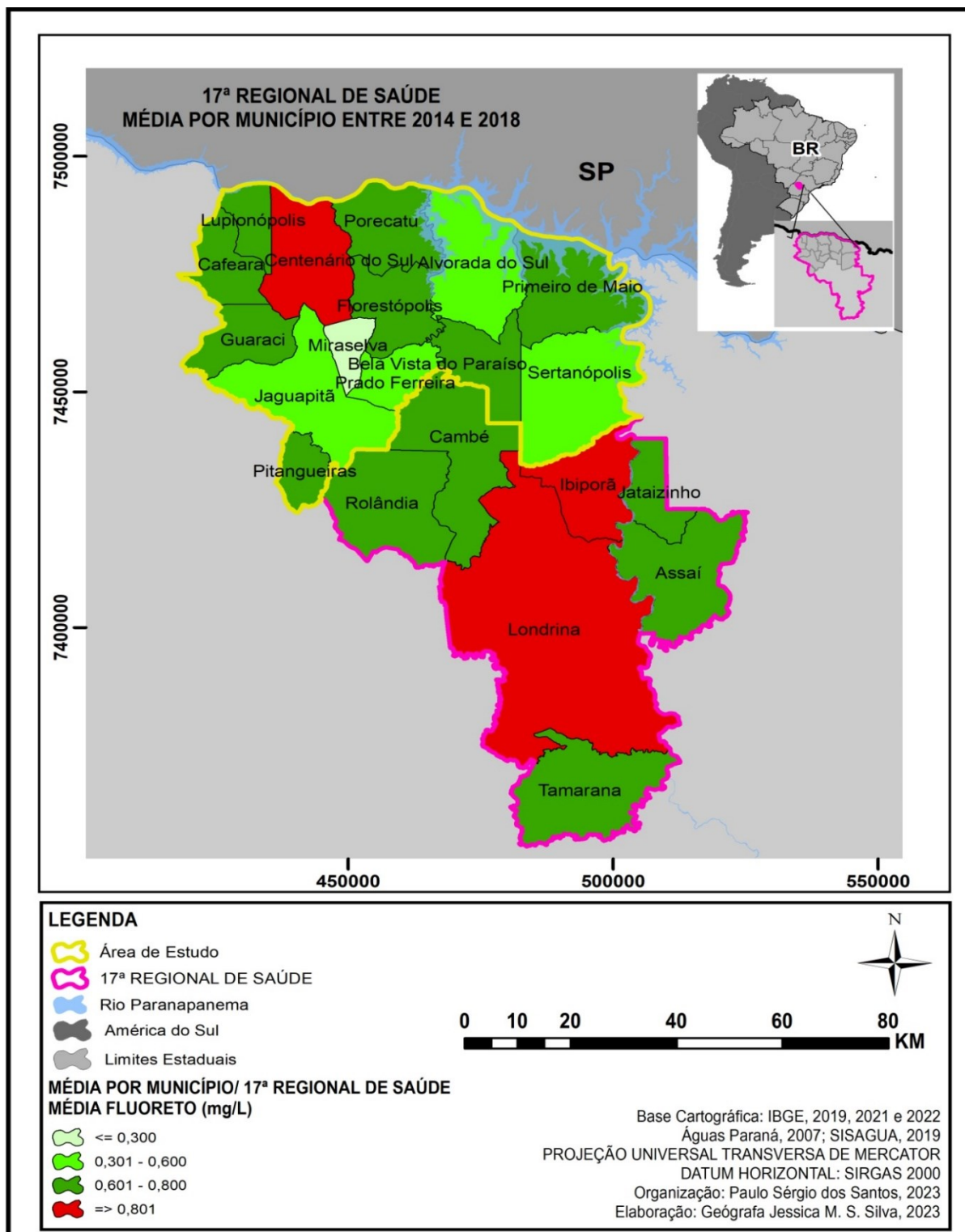
Pode-se observar que em alguns municípios, no período já mencionado, ocorreram variações tanto abaixo como acima em teores de Flúor, considerando o teor recomendado.

A Figura 15 é parte dos resultados (Guimarães, 2020), e mostra os municípios onde as médias estão dentro do recomendado (Pinese *et al.*, 2021) assim como a legislação (1,5 mg/L indicado pela Portaria 635/76 do MS e a Portaria de Consolidação nº5 de 2017) (Brasil, 1975; 2017), e também as variações negativas e excessivas de fluoreto.

No estudo de Guimarães (2020), foram utilizadas amostras com coordenadas para o SAA que somaram 6723 (90,7%) das amostras do SAA na 17<sup>a</sup> Regional de Saúde. É importante destacar que esse estudo foi feito com todos os municípios da 17<sup>a</sup> regional de saúde de Londrina. Foram investigadas concentrações de amostras em escala regional e municipal, com o objetivo de determinar diferentes situações espaciais ao consumo do fluoreto na regional (Guimarães, 2020).



**Figura 13** – Média de concentração de fluoreto (mg/L) em amostras de SAA na 17ª Regional de Saúde entre 2014 e 2018.

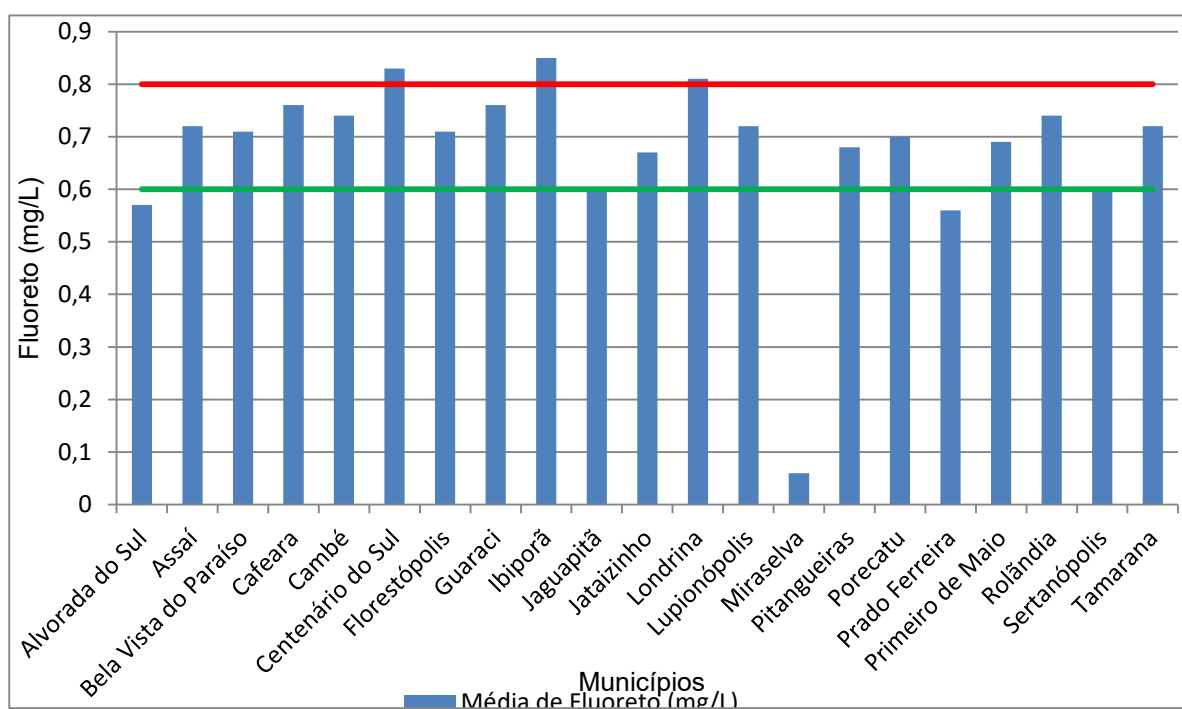


Esses dados também subsidiaram a elaboração do Gráfico 2, mostrando quais municípios da área estão abaixo, dentro e acima do intervalo recomendado, conforme

(Pinese *et al.*, 2021). Aqui cabe um destaque aos municípios de Alvorada do Sul, Miraselva e Prado Ferreira, que apresentam teores abaixo do intervalo ideal para as condições ambientais da região.

Outro destaque é para o município de Centenário do Sul, Ibiporã e Londrina, onde os dados indicam uma média acima do intervalo recomendado.

**Gráfico 2** – Médias mínimas e máximas na área de estudo, conforme legislação entre 2014 e 2018.



**Fonte:** Adaptado de Guimarães (2020), elaborado e organizado pelo autor (2021).

O percentual de população urbana que consumiu teores acima e abaixo do indicado por município, segundo o método de análise municipal, está disponível na Tabela 2, que foi elaborada com base nos dados entre 2014 e 2018.

**Tabela 2** -Percentual da População Urbana que consumiu Água com Teores de Fluoreto fora do Valor recomendado entre 2014 e 2018 na Porção Norte da 17RS – Método de Análise Municipal.

<b>Município</b>	<b>Menor que 0,6 mg/L</b>	<b>Maior que 0,8 mg/L</b>	<b>Total</b>
Alvorada do Sul	75,55	4,78	80,34
Assaí	5,48	6,01	11,49
Bela Vista do Paraíso	16,85	29,13	45,98
Cafeara	-	-	-
Cambé	4,40	33,96	38,35
Centenário do Sul	-	70,13	70,13
Florestópolis	-	-	-
Guaraci	-	11,79	11,79
Ibiporã	3,42	72,01	75,44
Jaguapitã	47,46	-	47,46
Jataizinho	6,22	3,88	10,11
Londrina	4,77	30,09	34,86
Lupionópolis	-	0,66	0,66
Miraselva	100,00	-	100,00
Pitangueiras	-	-	-
Porecatu	20,30	6,10	26,40
Prado Ferreira	55,32	43,98	99,30
Primeiro de Maio	26,55	5,81	32,36
Rolândia	10,88	30,75	41,63
Sertanópolis	53,29	6,91	60,20
Tamarana	-	-	-

**Fonte:** Adaptado de Guimarães (2020), elaborado e organizado pelo autor (2021).

A Tabela 7 é parte do estudo de Guimarães (2020), em que, segundo o autor, foram usadas ferramentas do geoprocessamento para aferir as porcentagens do consumo de água da população da 17ª regional de saúde, com base nas proporções do total de amostras do SAA, para amostras que apresentaram teores abaixo do

recomendado e amostras acima. Esse estudo (Guimarães, 2020), foi feito em escala regional e depois adaptado à escala municipal.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 PARÂMETROS E DADOS

Em relação a fluoretação o presente trabalho teve como referência na legislação, as portarias n.º. 635/GM/MS Brasil (1976) e a n.º. 888/GM/MS (Brasil, 2021), que tratam da relação temperatura para a média de consumo de flúor em cada região e o Valor Máximo Permitido (VMP) (1,5 mg/L).

No caso da área de estudo, a média recomendada segundo essa legislação e estudos recentes na região, o intervalo recomendado é de 0,6 – 0,8 mg/L, conforme consta na Tabela 3.

**Tabela 3-** Limites de flúor para as águas de consumo, de acordo com as médias das temperaturas máximas diárias.

Médias das temperaturas Máximas diárias do ar em °C	Limites recomendados para a Concentração de íons de fluoreto emmg/L		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 – 12,1	0,9	1,5	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 -17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 – 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 – 32,5	0,6	0,8	0,6

**Fonte:** Ministério da Saúde (Brasil, 1976). Organizado pelo autor.

Citando alguns dos autores que embasaram esse projeto, destacam-se: Edler (2011), Deus (2013), Guimarães (2020), Pinese e Martins Junior (2005), Pinese (2021), Ross (2015) dentre outros.

Para a caracterização da área de estudo foram utilizados dados da Agência Nacional de Águas (ANA), Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paranapanema, Instituto Água e Terra do Estado do Paraná (IAT), Minerais do Paraná (MINEROPAR), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES).

O presente trabalho utilizou-se de dados secundários de instituições como: IBGE, Departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS), SISAGUA, ANVISA, também de amostras que foram analisadas pelo laboratório do departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

## 5.2 GEOPROCESSAMENTO

O Geoprocessamento foi de suma importância no desenvolvimento e produção desse projeto de pesquisa. O QGIS que foi utilizado no presente trabalho, é uma das geotecnologias têm contribuído, não só para a Geografia, mas também para as demais ciências que abordam a temática ambiental e de planejamento, segundo Molina (2016, p. 17):

O QGIS é um software livre utilizado para a criação e edição de mapas temáticos e cadastrais, bem como para o processamento digital de imagens de satélite. Atualmente, é um dos softwares mais utilizados no meio das geotecnologias tanto pelo quesito financeiro, pelo fato de ser gratuito, quanto pelo seu poderio de processamento e edição de dados.

Esses softwares usaram dados tanto de pesquisa realizada anteriormente, como de outras instituições que contribuíram no desenvolvimento do projeto, exemplos: ANVISA, IBGE, outras tecnologias como o Google Earth e o Excel.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem ser de grande utilidade para a Geografia da Saúde, pois são apropriados para processar e manipular dados, que possam representar correlações entre fenômenos espaciais. Segundo, (Guimarães, 2020, p.95):

Os dados georreferenciados permitem a incorporação de atributos quantitativos e qualitativos em representações de fenômenos espaciais, quando incorporados e manipulados em um ambiente SIG, possibilita a realização de operações espaciais que levam em conta esses atributos.

Um arquivo muito utilizado no Geoprocessamento é o shapefiles, (Guimarães, 2020), que carrega informações de localização/extensão, em determinado espaço. No presente trabalho, as amostras estão representadas espacialmente, apresentando, para análise, as concentrações do flúor no SAA.

### 5.3 METODOLOGIA E ENCAMINHAMENTO PROCEDIMENTAL

O desenvolvimento dessa pesquisa seguiu os seguintes caminhos metodológicos (figura 16) até chegar à etapa final:

Primeiro uma revisão bibliográfica relacionada ao tema estudado e aos principais conceitos relacionados, nas mais diversas áreas. Geografia Médica, Geografia da Saúde, Geologia Médica, Química, Hidrologia, Meio ambiente e Odontologia, com um destaque especial aos conceitos de flúor, cárie e fluorose.

Foi feito um levantamento de estudos já realizados sobre o tema “Flúor e impactos na saúde”, mais especificamente na bucal. Partindo de um contexto geral até se chegar ao contexto específico, relacionado à área de estudo. Foi realizado um levantamento e coleta de dados secundários, tanto em relação à área estudada como nas diversas áreas envolvidas a esse projeto.

Na sequência, a produção do texto e mapas, caracterizando a área tanto no aspecto físico como socioeconômico, com dados de instituições como o Instituto Água e Terra do Estado do Paraná- IAT e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE.

Optou-se por uma abordagem em relação ao SAA – Sistema de Abastecimento de Água, nos municípios da porção norte da 17ª RS, produzindo mapas com amostras do SISAGUA entre os anos de 2014 e 2018.

As amostras em cada ano foram divididas em dois grupos, um período chuvoso, entre os meses de outubro a março, e outro seco, entre abril e setembro. Onde foi observada uma alteração de teores, havendo uma possibilidade da relação com as

sazonalidades climáticas, as quais, no período chuvoso, apresentaram teores mais baixos ( $< 0,6$  mg/L), supostamente devido a uma maior dissolução do flúor em relação aos maiores índices de precipitação.

Já o período seco apresenta teores mais altos ( $> 0,8$  mg/L), com uma maior concentração do Flúor, pois pode ocorrer uma relação com a baixa precipitação no período.

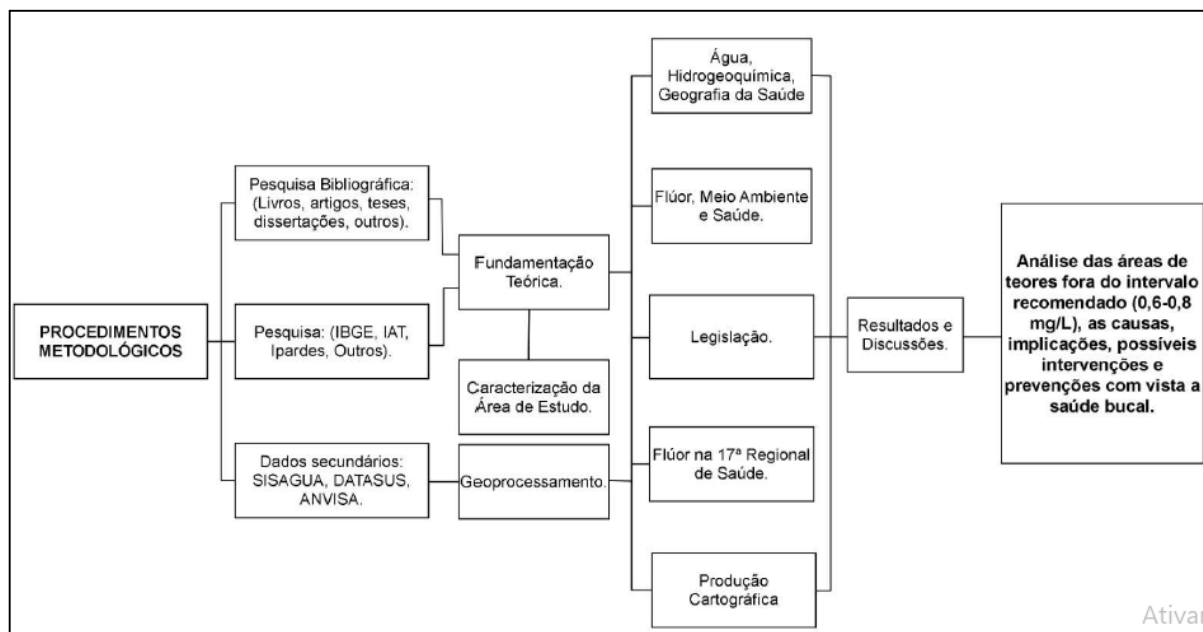
Os dados dessas amostras foram transformados em médias para cada município, ano a ano entre 2014 e 2018. Em cada ano foi criada uma média para o período chuvoso com amostras coletadas entre os meses de outubro a março, e uma média para o período seco com amostras coletadas entre os meses de abril a setembro.

Foi analisado um total de amostras assim distribuídas entre os anos de 2014 a 2018: 2014 – 149 amostras para o período chuvoso e 226 amostras para o período seco, totalizando 375 amostras; 2015 – 391 amostras para o período chuvoso e 198 amostras para o período seco, totalizando 589 amostras; 2016 – 278 amostras para o período chuvoso e 236 amostras para o período seco, totalizando 514 amostras; 2017 – 278 amostras para o período chuvoso e 271 amostras para o período seco, totalizando 549 amostras; 2018 – 177 amostras para o período chuvoso e 183 amostras para o período seco, totalizando 360 amostras. Somando um total geral de 2387 amostras analisadas do SAA.

Além de mostrar as áreas fora do teor recomendado, valores acima e abaixo, também foi feita uma análise da relação dessas águas com as condições geológicas e hidrogeológicas da área. Também houve a preocupação de destacar a questão da fluoretação e como está sendo feito a dosimetria do flúor nessas águas.



**Figura 14-**Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

### 5.3.1 Estatística Descritiva

Segundo Moraes (2005 *apud* Guimarães, 2020) pode ser considerado um conjunto de técnicas que resume conjunto de dados de uma investigação, podendo ser tabelas, gráficos e números que permitam entendimento do mesmo conjunto. Dentro da temática desse trabalho, pode-se usar na questão do intervalo para indicar os teores, abaixo, dentro do ideal e alto, com base em dados climáticos e sob orientação da OMS.

Os dados do presente trabalho além de serem transformados em mapas, também foram apresentados em gráficos e tabelas, para realização das análises e discussões.

Dados como estudos realizados na área, em que se estabelecem teores específicos conforme as condições ambientais, amostras coletadas em pontos pertencentes ao SAA (Sistema de Abastecimento de Água), cavaletes e reservatórios das áreas urbanas, entre 2014 e 2018.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a análise realizada foi detectado que os teores de flúor, em alguns municípios da porção Norte da 17ª RS, estão fora do padrão da Legislação atual 1,5 mg/L (VMP), 0,6–0,8 mg/L para a região de estudo. Durante o período analisado alguns municípios apresentaram médias dentro do recomendado, mas alguns apresentaram médias fora do padrão. Na presente discussão apresenta-se algumas evidencias que podem ter uma certa relação com esses teores fora do padrão ideal

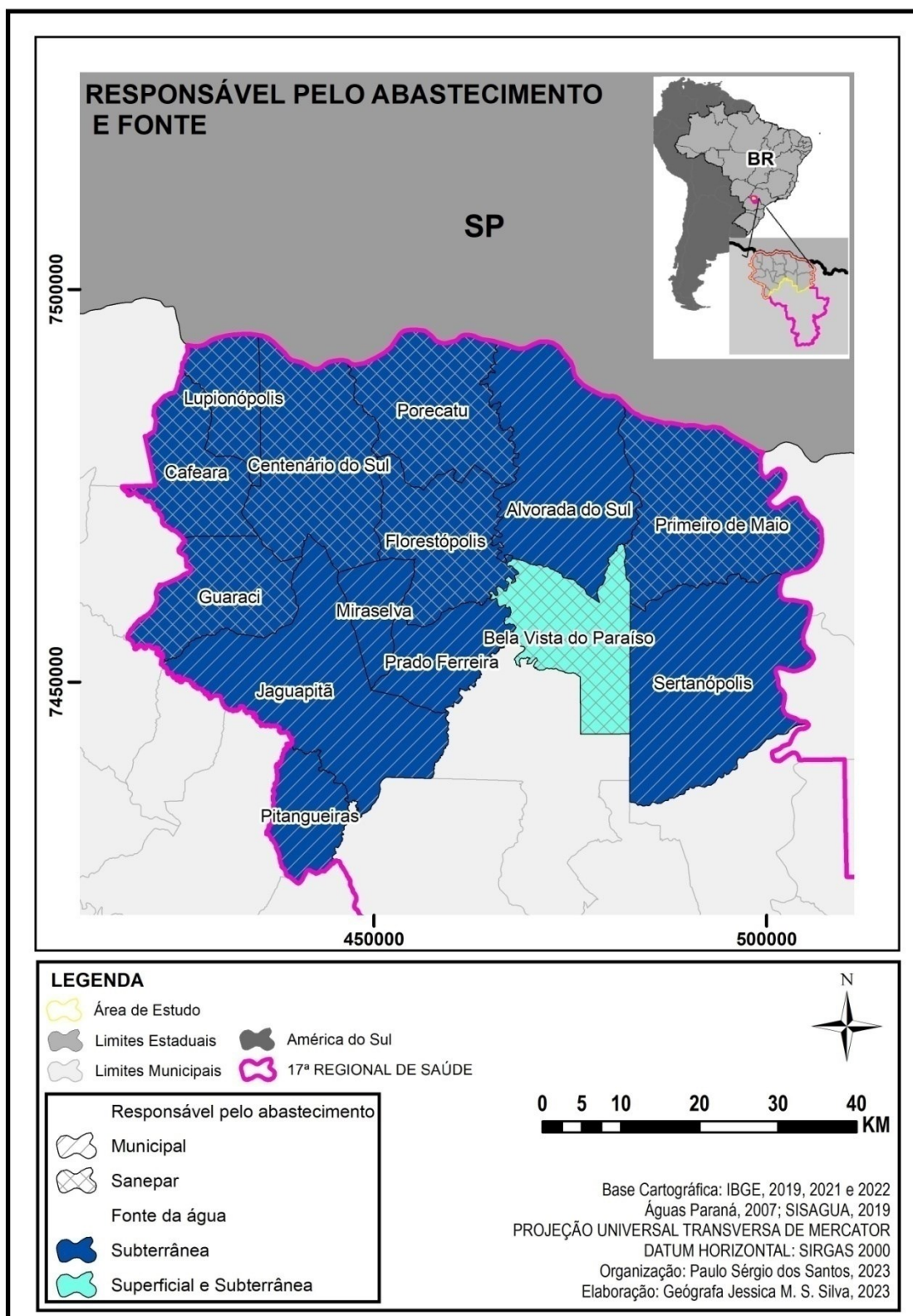
Os dados apresentaram teores tanto abaixo, no intervalo ideal, como acima do teor recomendado. Em todos os anos isso ficou evidenciado, tanto por causas naturais devido fatores geologigicos e hidrológicos como fatores antropicos onde podemos considerar falhas no processo de tratamento em relação a fluoretação, deixando a população que consome vulnerável a doenças bucais.

Os dados analisados só confirmam o que estudos que antecederam o presente trabalho já alertaram sobre os teores fora do recomendado, a exemplo de Guimarães (2020) que apresenta em sua tese algumas áreas que apresentaram anormalidades em relação ao teor de flúor durante o mesmo período estudado.

Os mapas produzidos ano a ano, tanto os por períodos climáticos como os de médias gerais, apresentam quais pontos e quais anos o teor do flúor apresentou deficiência ou excesso na composição da água consumida na área de estudo.

Com base nos dados do IBGE, IAT e SISAGUA, elaborou-se um mapa (Figura 15) mostrando as fontes de água e os respectivos responsáveis pelo abastecimento, podendo ser municipal ou Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Cabe aqui um destaque ao município de Bela Vista do Paraíso, onde a fonte de água é subterrânea e superficial, sendo os demais municípios todos de água subterrânea.

**Figura 15** –Responsável pelo abastecimento e fonte.

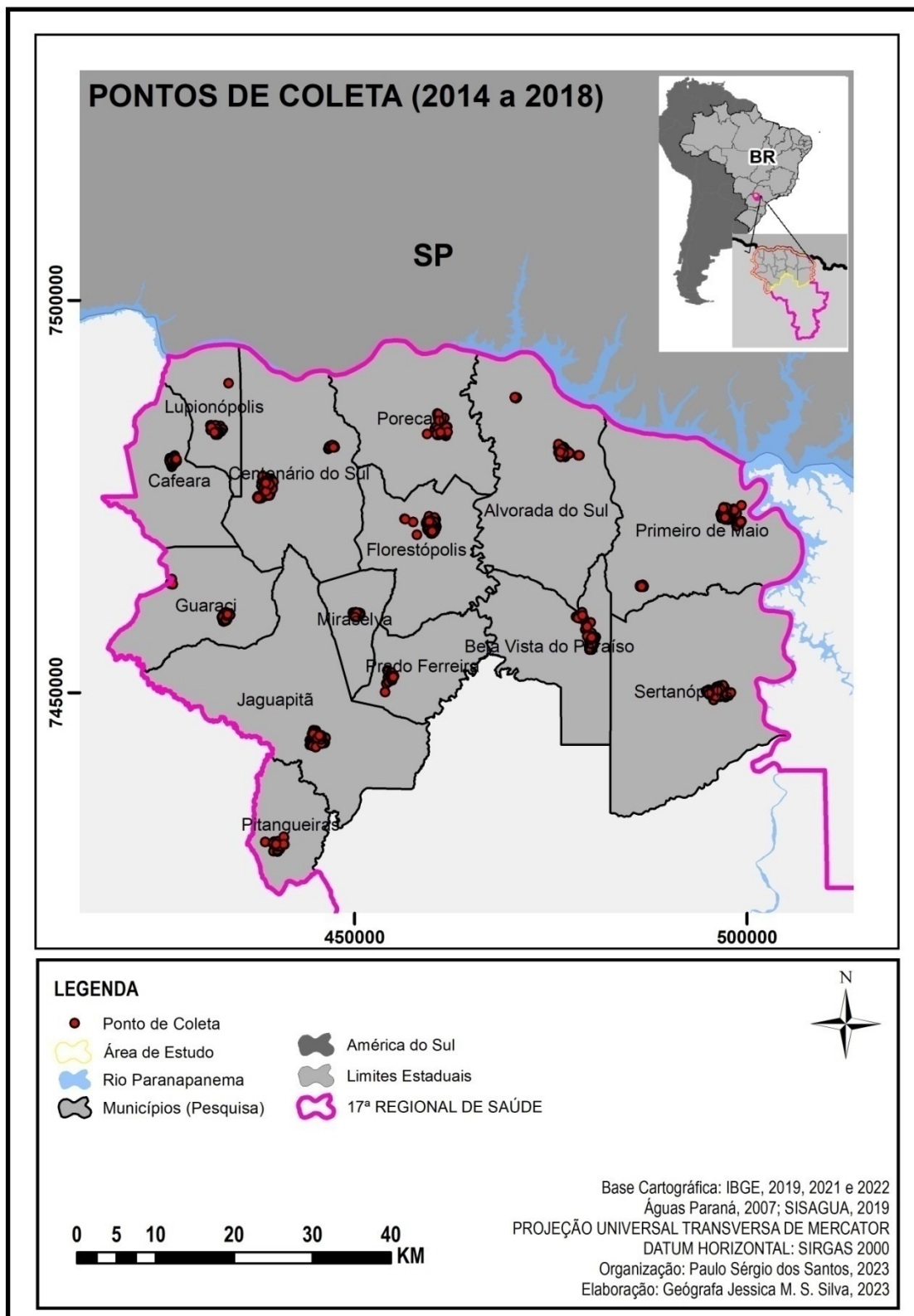


Apesar da divisão das águas em três grupos, optamos somente em analisar o SAA – Sistema de Abastecimento de Água. Com base nas coordenadas das amostras

utilizados do SISAGUA, foi criado um mapa, mostrando os pontos de coleta de amostras de águas do SAA nos respectivos municípios da área de estudo.

Segundo os dados utilizados pelo SISAGUA, 2014 – 2018 (Brasil, [2023]a), os pontos de coletas foram distribuídos nas áreas urbanas dos municípios pertencentes ao norte da 17<sup>a</sup> RS (Figura 18).

**Figura 16** -Mapa de localização dos pontos de coleta das amostras na área de estudo (2014 – 2018).



As águas da área de estudo podem ser divididas em águas naturais e águas tratadas, onde as águas naturais apresentaram em outros estudos, um baixo teor ou teor adequado, para o consumo humano na região, segundo estudos e a legislação vigente. Pois, podem sofrer variações relacionadas a questões ambientais como clima e a hidrogeoquímica.

Já as águas do SAA, além de variáveis naturais, podem sofrer variações de ações antrópicas (fluoretação), e aqui nessa discussão pretende apontar as possíveis soluções para evitar a ocorrência de água imprópria para o consumo.

#### 6.1 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2014

Para o período chuvoso do ano de 2014, analisou-se 149 amostras coletadas durante os períodos chuvosos de janeiro a março e outubro e dezembro, do SAA para os municípios pertencentes a área de pesquisa, exceto os de Bela Vista do Paraíso, Lupionópolis e Miraselva, pois não tiveram amostras para esse período.

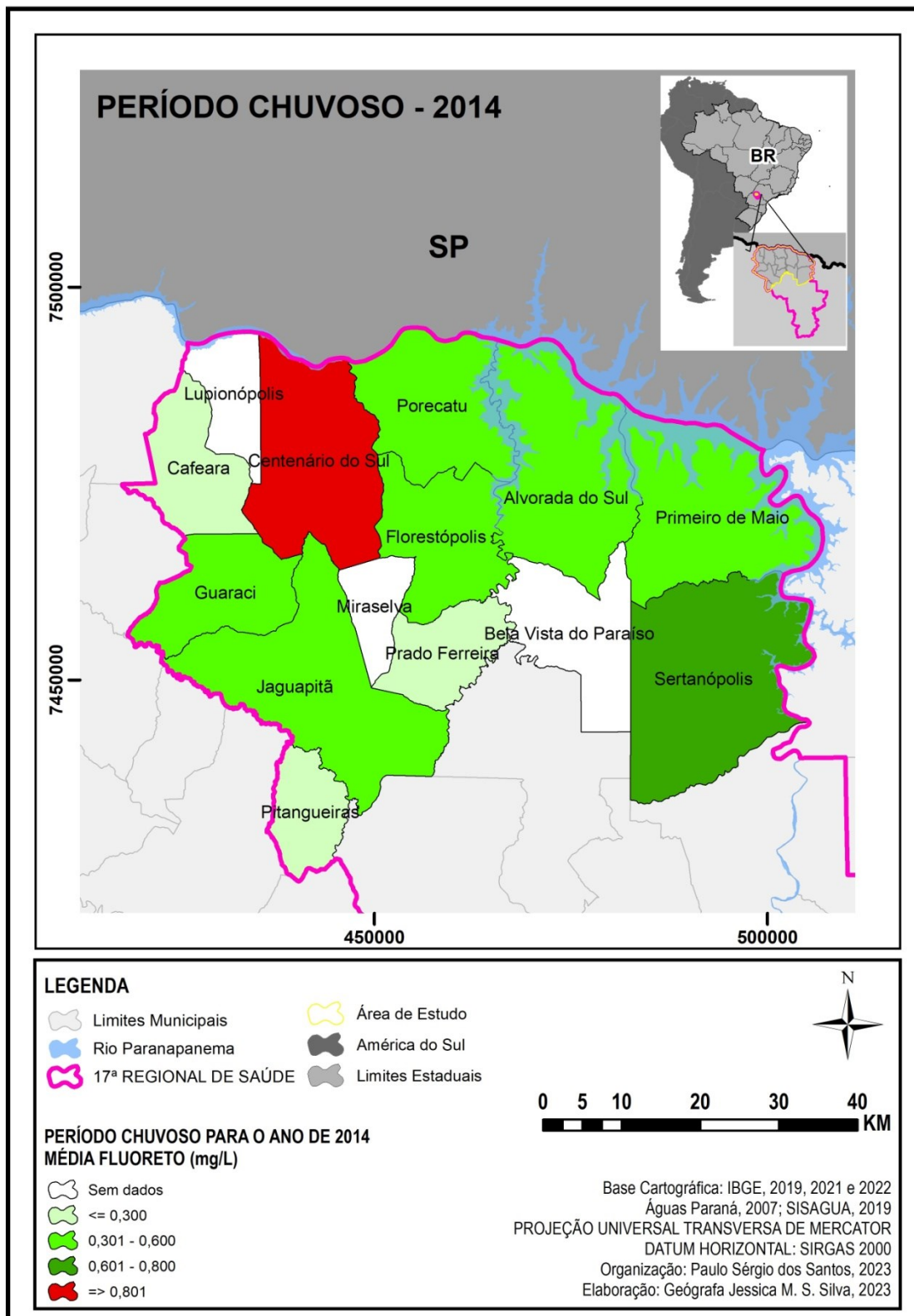
Conforme a (Figura 19), os municípios de Cafeara, Pitangueiras e Prado Ferreira apresentaram médias  $\leq 0,300$  mg/L, abaixo do teor recomendado, portanto, conforme as tabelas apresentadas, esse teor para o consumo da população, estimulam o desenvolvimento de cárie dentária, conforme mencionado na Tabela 4.

Os municípios, Alvorada do Sul, Florestópolis, Guaraci, Jaguapitã, Porecatu e Primeiro de Maio, apresentaram médias de teores entre 0,301 e 0,600 mg/L, indicando, assim, um teor abaixo do ideal recomendado para a região (Figura 19), apesar de serem níveis mais próximos do teor desejado.

O único município, dentro deste período, que apresentou a média ideal para o consumo foi Sertanópolis, que faz divisa com Bela Vista do Paraíso e Primeiro de Maio.

E Centenário do Sul apresentou teor acima do recomendado,  $\Rightarrow 0,801$  mg/L, ou seja, um teor elevado de fluoreto, portanto a população fica em estado de vulnerabilidade para o desenvolvimento da fluorose dentária.

**Figura 17–** Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso-2014.



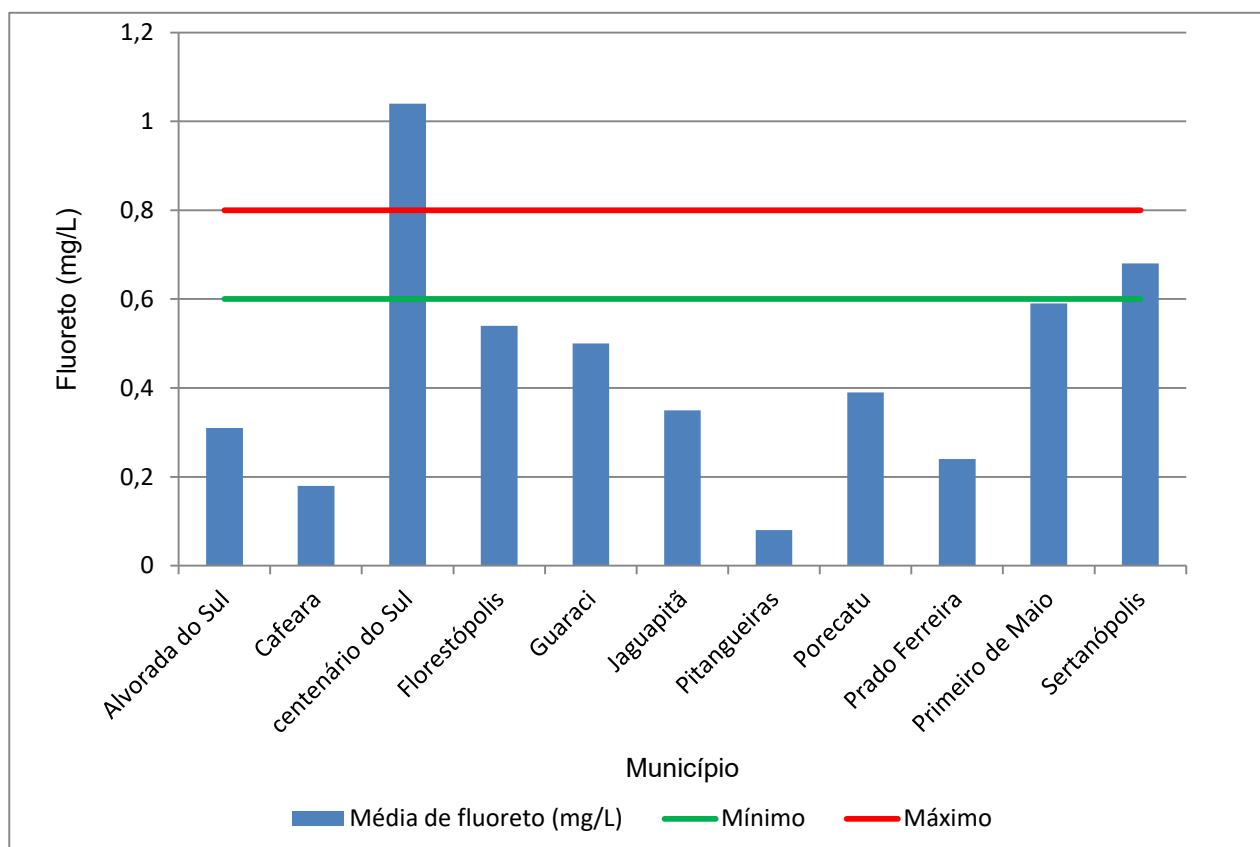
Desse modo, nota-se que para este período, há ocorrência de variáveis entre as médias, sendo elas, muito baixa até altas. Portanto, médias muito baixas, inferiores a 0,300 (Figura 18), segundo estudos aqui apresentados, os aspectos climáticos influenciam nesse resultado. Pois trata-se de cidades com as médias de precipitações mais elevadas, e devido à dinâmica hidrográfica que estimulam a diminuição do teor de flúor nas redes de abastecimento populacional.

Porém, pode-se considerar a ausência do poder público na manutenção e tratamento das redes de abastecimento. Como também, a falha da dosimetria, da fluoretação dessas redes, provocando o desequilíbrio da média ideal para o consumo. Portanto, é recomendável maior atenção do poder público.

Observa-se no (Gráfico 3) que a maioria dos municípios apresentam médias abaixo do teor recomendado, sendo os municípios de Cafeara, Pitangueiras e Prado Ferreira abaixo de 0,300. E o município de Centenário do Sul apresentou uma média elevada, acima do teor ideal para a região.



**Gráfico 3**–Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período chuvoso – 2014.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA(Brasil, [2023]b),organizado pelo autor (2022).

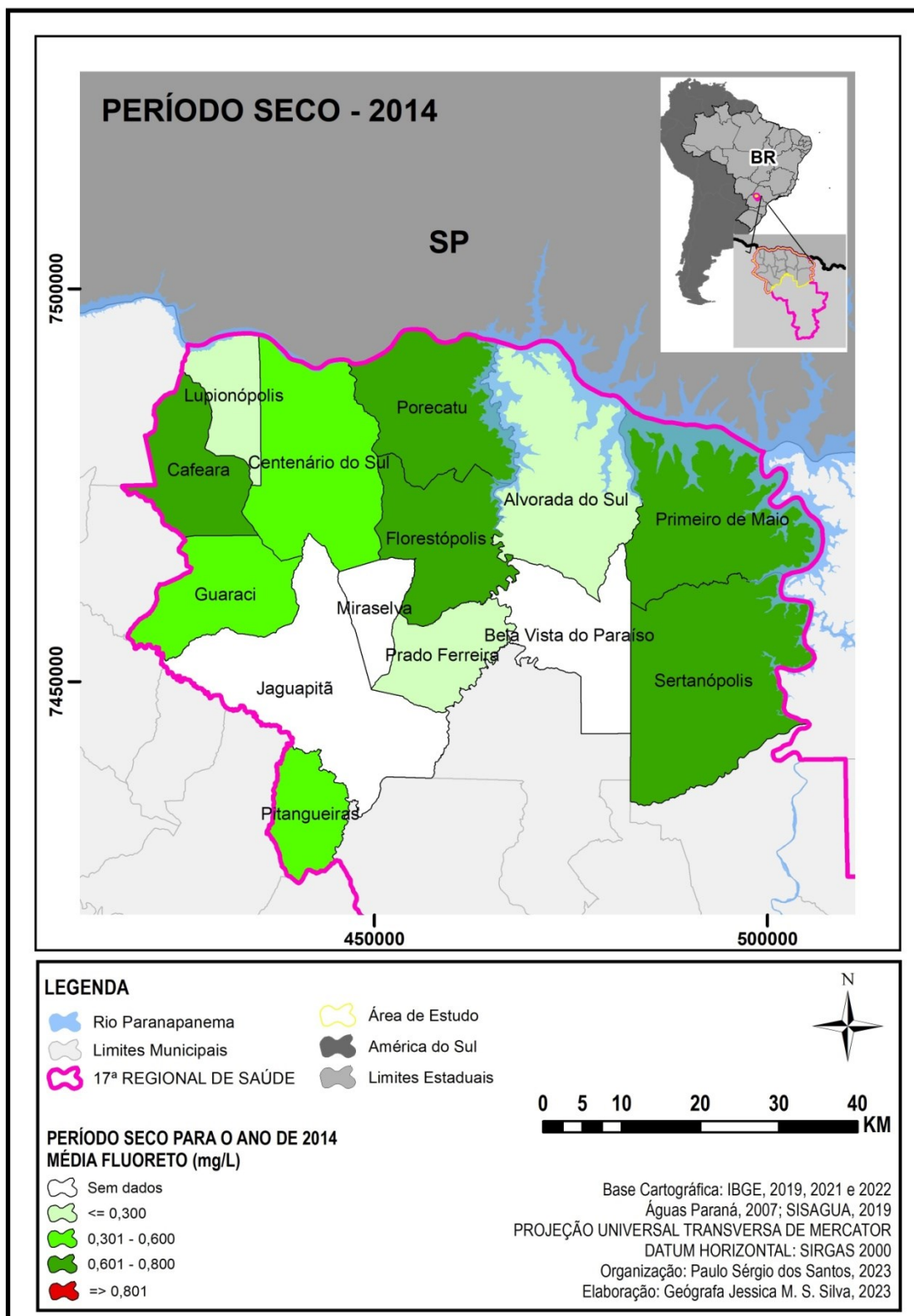
Para o período seco de 2014, conforme a (Figura 20), cujas amostras foram coletadas entre os meses de abril a setembro do ano referido, foram utilizadas 226 amostras para a análise de estudo. Os municípios de Bela Vista do Paraíso, Jaguapitã e Miraselva não apresentaram dados para o ano e período referido.

Alvorada do Sul, Lupionópolis e Prado Ferreira, apresentaram teores muito baixos no grupo  $\leq 0,300$  mg/L, um teor muito baixo de fluoreto, que estimulam o desenvolvimento de cárie dentária, principalmente para aquela parcela da população mais vulnerável no aspectos socioeconômico.

Os municípios de Centenário do Sul, Guaraci e Pitangueiras apresentaram teores entre 0,301 e 0,600 mg/L, abaixo do padrão recomendado pela legislação, estando próximo ao ideal mais mesmo assim abaixo da média para a condição climática da região.

Cafeara, Florestópolis, Porecatu, Primeiro de Maio e Sertanópolis, apresentaram, no presente período e ano, teor ideal e recomendado para o consumo, e sem causar nenhum tipo de risco a essa população. Portanto, para o período analisado, não foi identificado nenhum município com alto índice, sobre o proposto pela legislação. Uma consideração a ser analisada é que justifica tal situação é que pode ter ocorrido maior média de precipitação para o período em análise.

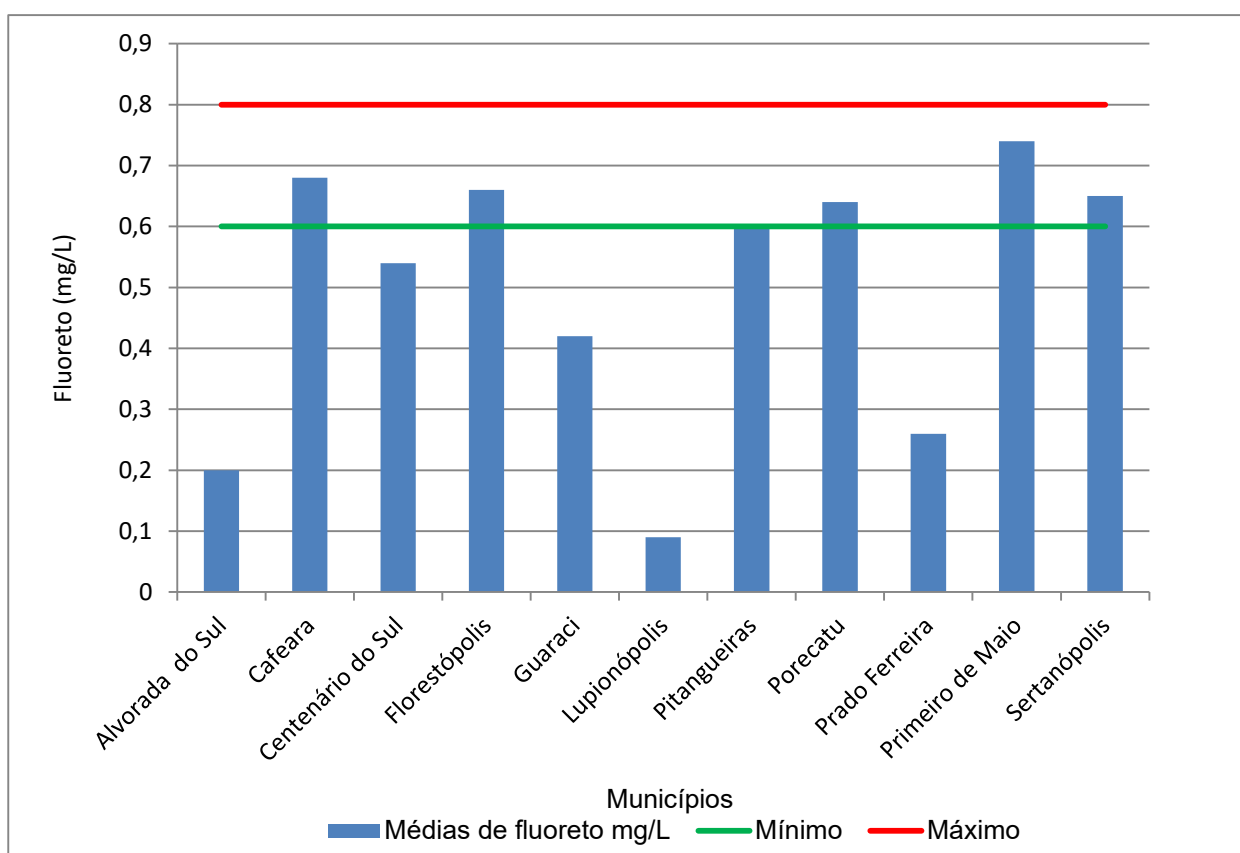
**Figura 18–** Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco-2014.



Para o período seco, os municípios de Alvorada do Sul e Lupionópolis, estão abaixo do teor recomendado (Gráfico 4).

De acordo com o Gráfico 4 fica evidente os municípios que estão de acordo com a legislação, ou seja, a média ideal, sendo eles: Cafeara, Lupionópolis, Porecatu, Primeiro de Maio e Sertanópolis.

**Gráfico 4**-Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período seco – 2014.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA (Brasil, [2023]b), organizado pelo autor (2022).

No gráfico está bem evidente a ausência de municípios com teores elevados, assim como também mostram os municípios de Alvorada do Sul, Lupionópolis e Prado Ferreira, apresentando para o ano e período referidos, teores bem abaixo.

## 6.2 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2015

Para o período chuvoso de 2015 (Figura 19), foram analisadas 391 amostras, nos meses de janeiro a março e outubro a dezembro. Apenas o município de Miraselva apresentou média abaixo de 0,300, índice que estimula o aumento de cáries dentárias.

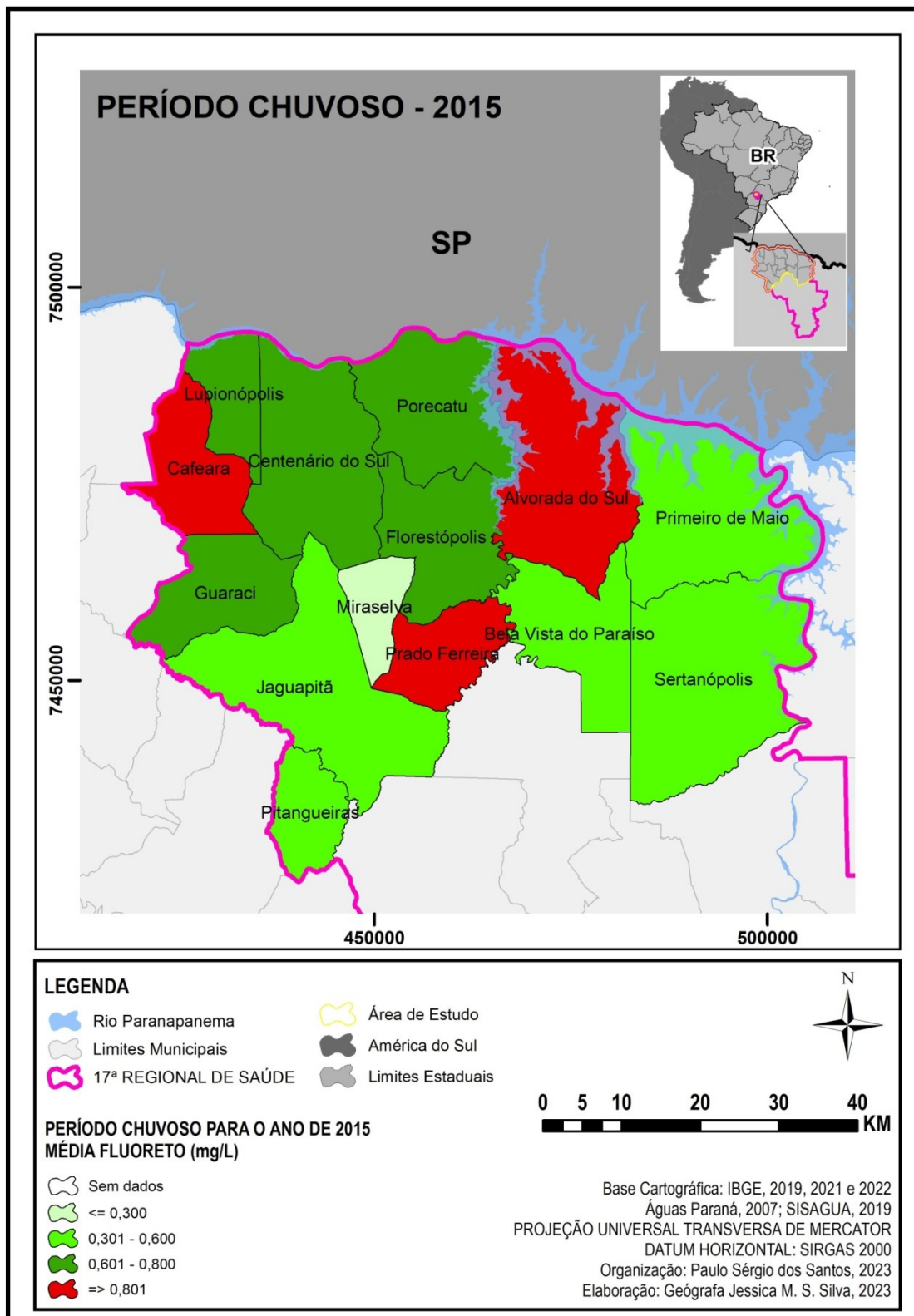
Os municípios de Bela Vista do Paraíso, Jaguapitã, Pitangueiras e Sertanópolis, apresentaram médias entre 0,301 e 0,600 mg/L, abaixo do recomendado pela legislação. E, como o índice anterior demonstra estímulo a cárie dentária a população que consome com frequência esta água (Figura 19).

Portanto, considerando o intervalo ideal proposto, nota-se os municípios de Centenário do Sul, Florestópolis, Guaraci, Lupionópolis e Porecatu, sendo ideais para o consumo. E os municípios de Alvorada do Sul, Cafeara e Prado Ferreira apresentaram uma média elevada, acima do intervalo recomendado (Figura 19).

Desse modo, os teores elevados para o período chuvoso, onde esperasse uma quantidade menor de flúor na condição natural da água, devido a maior precipitação. Isso indica uma anormalidade climática ou um descuido no processo de fluoretação.

Fazendo uma comparação com o ano anterior, observa-se que para aquele ano os municípios de Cafeara e Prado Ferreira, apresentaram teores elevados, já nesse ano e período apresentaram médias abaixo do recomendado. Isso comprova que independente do período os teores podem sofrer alterações tanto para insuficiência de flúor com para o excesso.

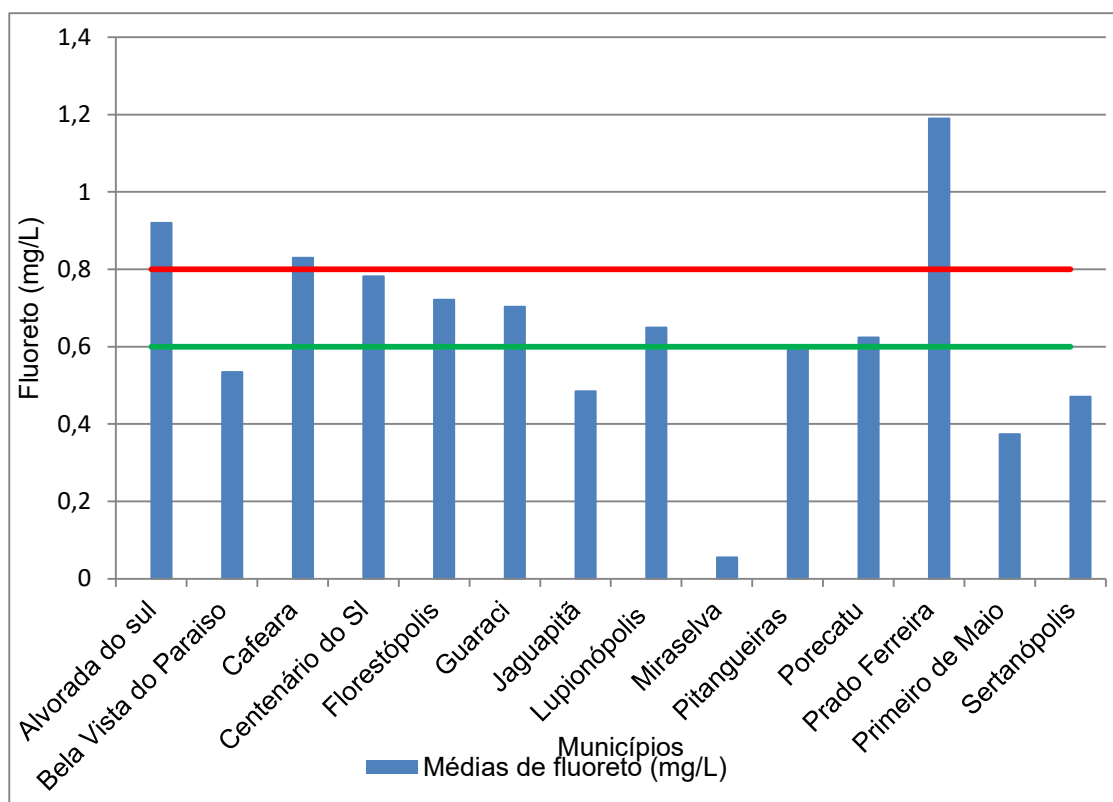
**Figura 19** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso-2015.



O Gráfico 5 mostra as variações para o ano mencionado e período, em que houve municípios que apresentaram teores muito baixos, dentro do ideal e teores altos. Destacando o município de Miraselva como muito baixo, municípios como Centenário do Sul, Florestópolis e Guaraci apresentaram médias ideais. Já Prado Ferreira entra como destaque para os que apresentaram teores elevados, acima do ideal.

Observa-se aqui que, apesar de se tratar de um período de chuvas, ocorreram médias acima do intervalo recomendado. Além do período sazonal, deve-se considerar o processo de tratamento da água e também as variações climáticas que têm ocorrido nos últimos tempos em todo o globo, interferindo nas médias pluviométricas.

**Gráfico 5** - Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período chuvoso – 2015.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA (Brasil, [2023]b), organizado pelo autor (2022).

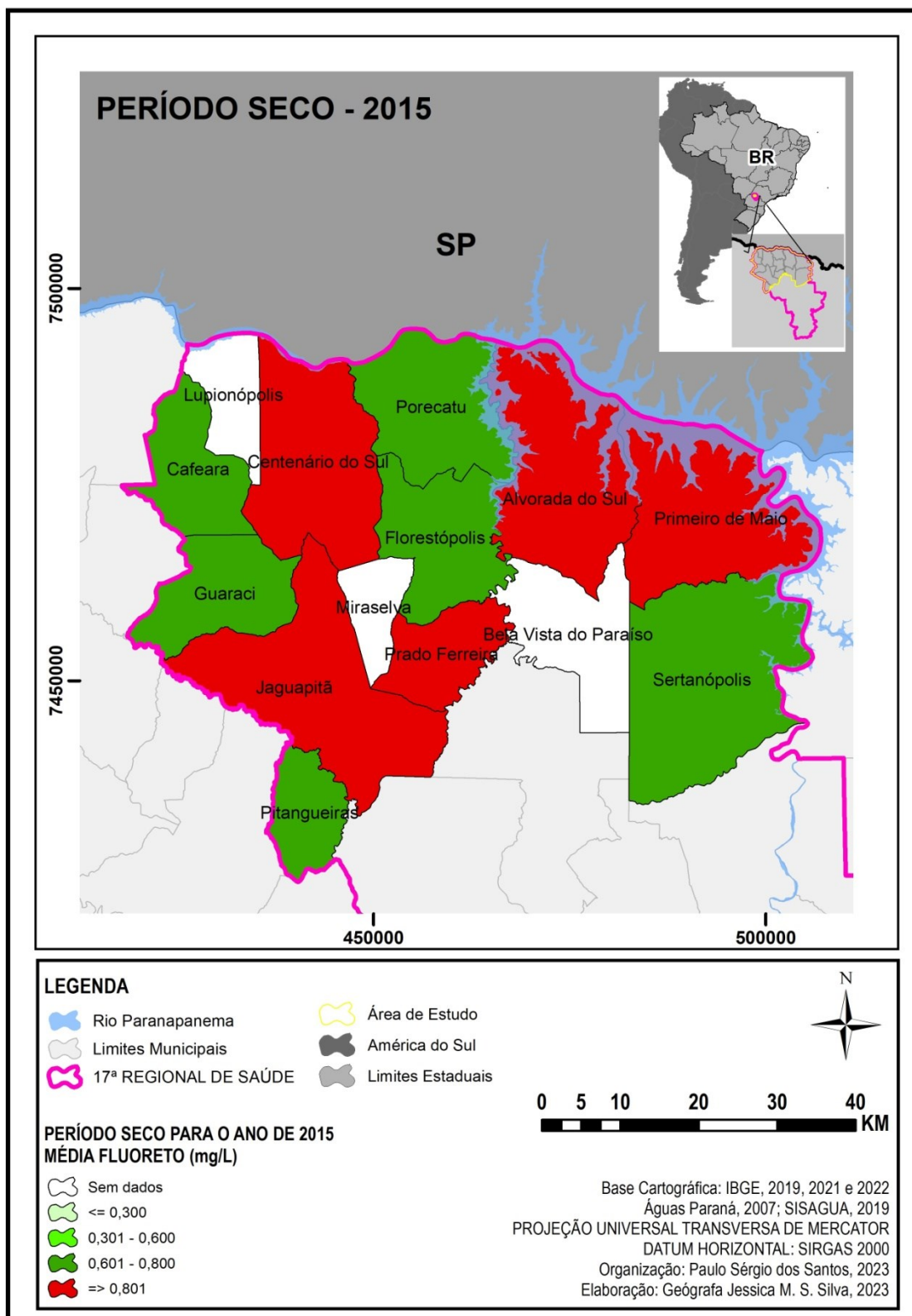
Para o período seco de 2015 conforme a Figura 20, foram analisadas 198 amostras, sendo que os municípios de Bela Vista do Paraíso, Lupionópolis e Miraselva não apresentaram dados. Também para esse ano e período, não tiveram municípios que apresentaram teores muito baixos.

Os municípios de Cafeara, Florestópolis, Guaraci, Pitangueiras, Porecatu e Sertanópolis apresentaram teores dentro do ideal recomendado, sem risco para a saúde. Deve-se considerar que são somente seis municípios dentro da normalidade, para um total de quatorze, isso é um dado preocupante por se tratar de abastecimento público de água.

O referido ano e período apresentaram municípios com teores muito elevados, sendo eles: Alvorada do Sul, Centenário do Sul, Jaguapitã, Prado Ferreira e Primeiro de Maio. Cabendo aqui considerar que se trata de um período seco, em que as precipitações são menores e há uma possibilidade do teor natural apresentar uma elevação do fluoreto. Também considerar a falha na metodologia de fluoretação, onde não se atenta a esses teores elevados por conta do fator climático. Essa água possibilita a ocorrência da fluorose dentária para aqueles indivíduos que a consomem.

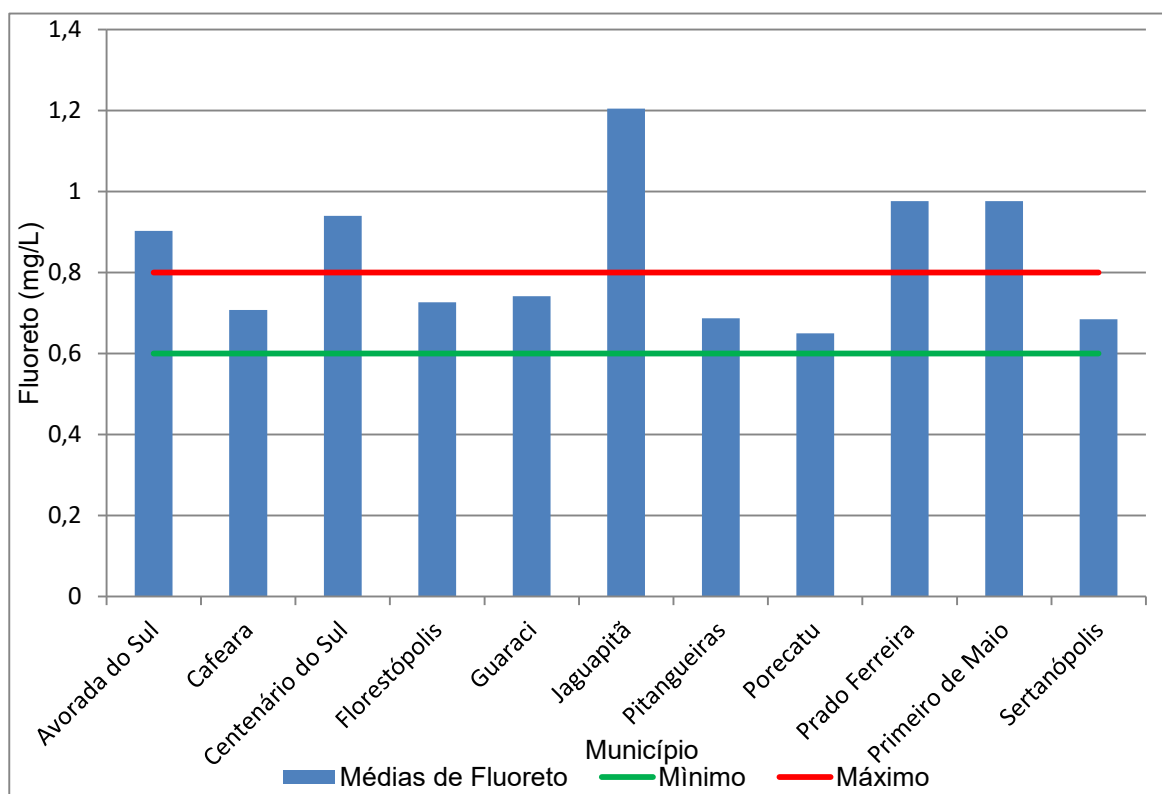


**Figura 20**– Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco-2015.



No Gráfico 6 ficou bem evidente os municípios dentro do ideal recomendado, como Cafeara, Florestópolis, Pitangueiras e outros. Também dos municípios que apresentaram médias elevadas, destacando o município de Jaguapitã, que apresentou a média mais elevada para esse ano e período, como também os municípios de Alvorada do Sul, Centenário do Sul, Prado Ferreira e Primeiro de Maio.

**Gráfico 6** - Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período seco – 2015.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA(Brasil, [2023]b),organizado pelo autor (2022).

Observa-se no gráfico que apesar de um número expressivo de municípios com médias elevadas, uma boa parcela do grupo de municípios apresentou dentro do recomendável e no referido ano e período, não teve municípios com médias baixas, ou seja, sem água com risco de ocorrência de cárie dentária.

### 6.3 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2016

Para o ano de 2016, período chuvoso, conforme Figura 21, foram analisadas 278 amostras envolvendo todos os municípios da área estudada. O município de Miraselva foi o único que apresentou teor inferior a  $\leq 0,300$  mg/L, um teor muito baixo. Considera-se que a fluoretação desse município esteja insuficiente ou não esteja ocorrendo, sendo uma água na condição natural e com baixo teor de flúor.

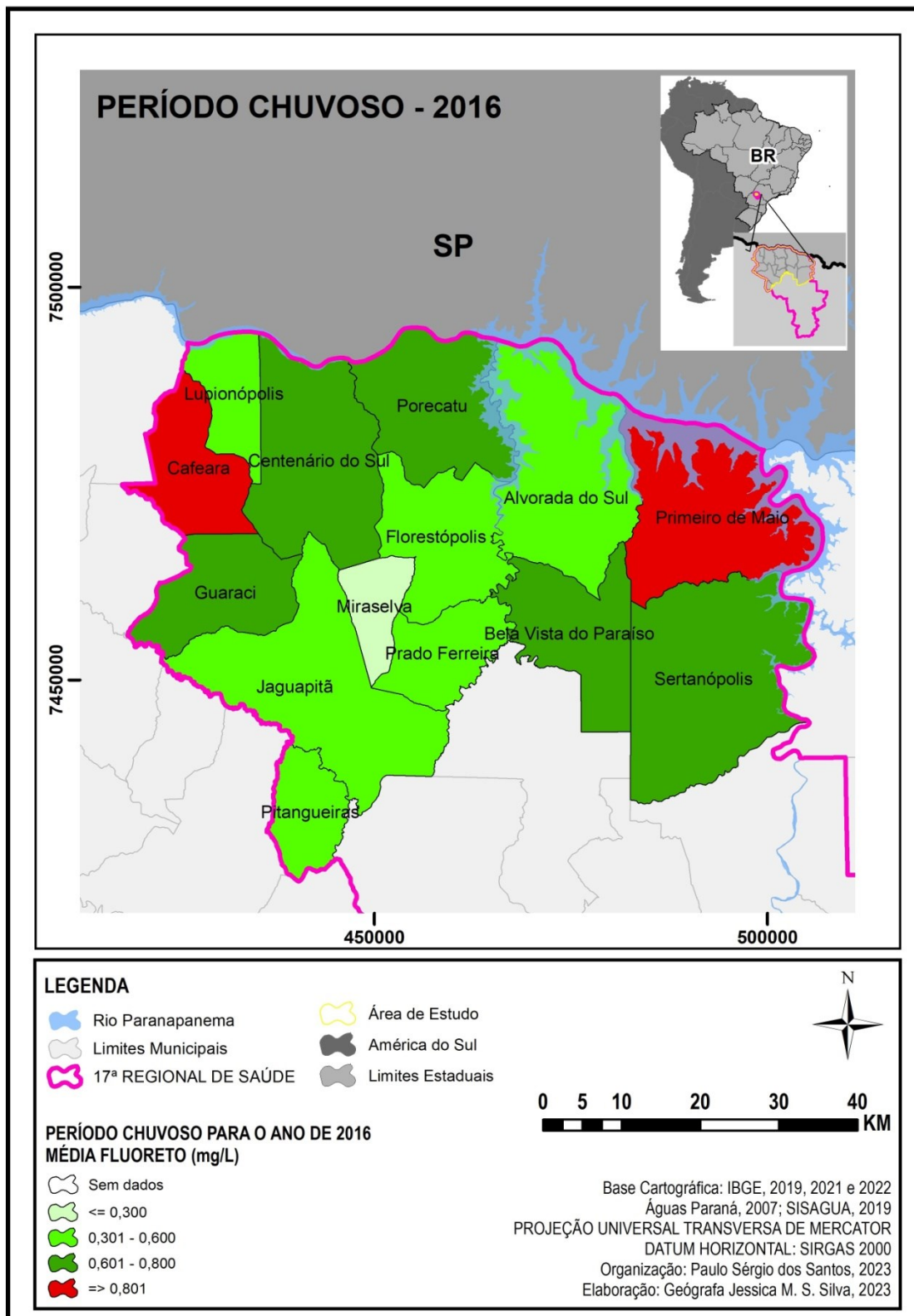
Os municípios de Alvorada do Sul, Florestópolis, Jaguapitã, Lupionópolis, Pitangueiras e Prado Ferreira apresentaram médias entre 0,301 a 0,600 mg/L, teores considerados ainda baixos. Por se tratar do período chuvoso, há possibilidade da interferência do fator climático na condição dessa água.

Os municípios com teores dentro do intervalo ideal recomendado foram: Bela Vista do Paraíso, Centenário do Sul, Guaraci, Porecatu e Sertanópolis. Nesses municípios as médias ficaram dentro do ideal para o consumo sem comprometer a saúde das pessoas. Mais uma vez chama a atenção para a quantidade de municípios com teor ideal, uma média de menos de 50% dos municípios. Isso deve chamar a atenção dos gestores para a vigilância da qualidade dessa água consumida na região.

Com médias elevadas, acima do recomendado, tivemos os municípios de Cafeara e Primeiro de Maio. Por se tratar de um período em que as precipitações são mais elevadas, as altas no teor podem estar relacionadas a uma dosimetria de fluoreto sem as devidas observações aqui já recomendadas.

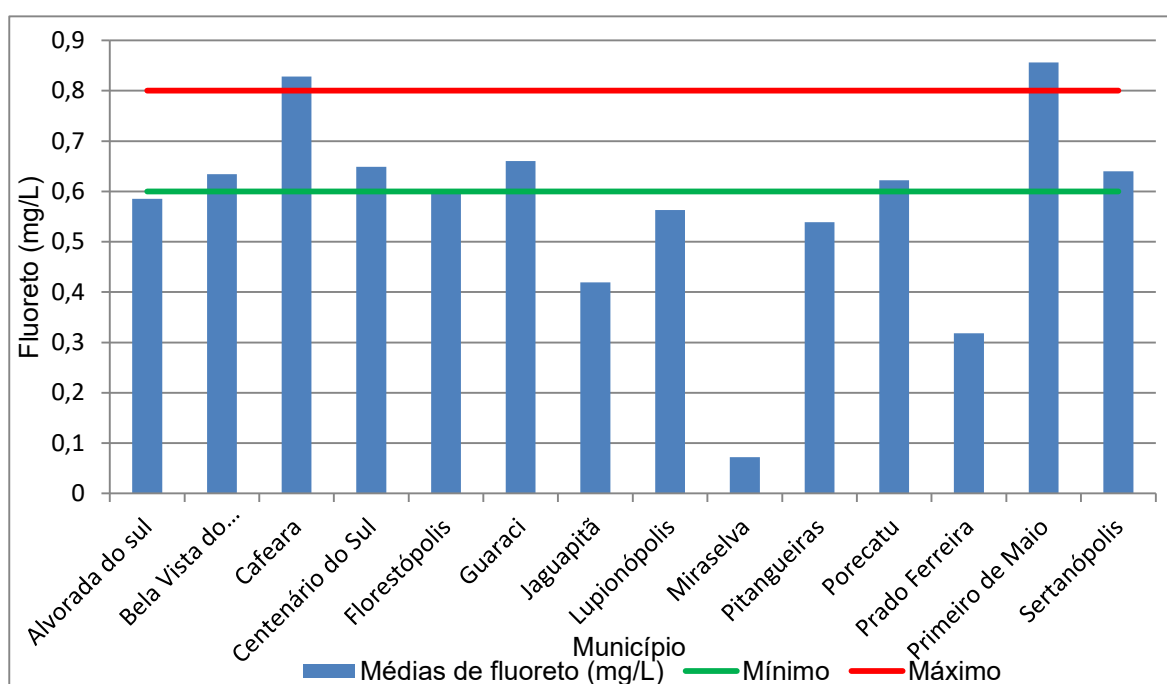
Trata-se de um ano e período em que, assim como nos outros anos, observam-se as variações tanto abaixo como acima do ideal recomendado, deixando essas águas fora do padrão de potabilidade para o consumo, comprometendo a saúde das pessoas.

**Figura 21** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso-2016.



O Gráfico7, para o período chuvoso de 2016, mostra as três condições dos municípios para a médias de fluoreto. Os municípios bem abaixo e abaixo, com destaque para Miraselva, Prado Ferreira e outros. Os municípios de Bela vista do Paraíso, Centenário do Sul, Guaraci, Porecatu e Sertanópolis dentro do ideal. Os municípios de Cafeara e Primeiro de Maio como teores elevados para o padrão da região.

**Gráfico 7** - Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período chuvoso – 2016.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA (Brasil, [2023]b), organizado pelo autor(2022).

Observa-se aqui um comportamento próximo do padrão desejado, pois alguns municípios apresentaram médias abaixo, mas próximas e dentro de teor recomendado.

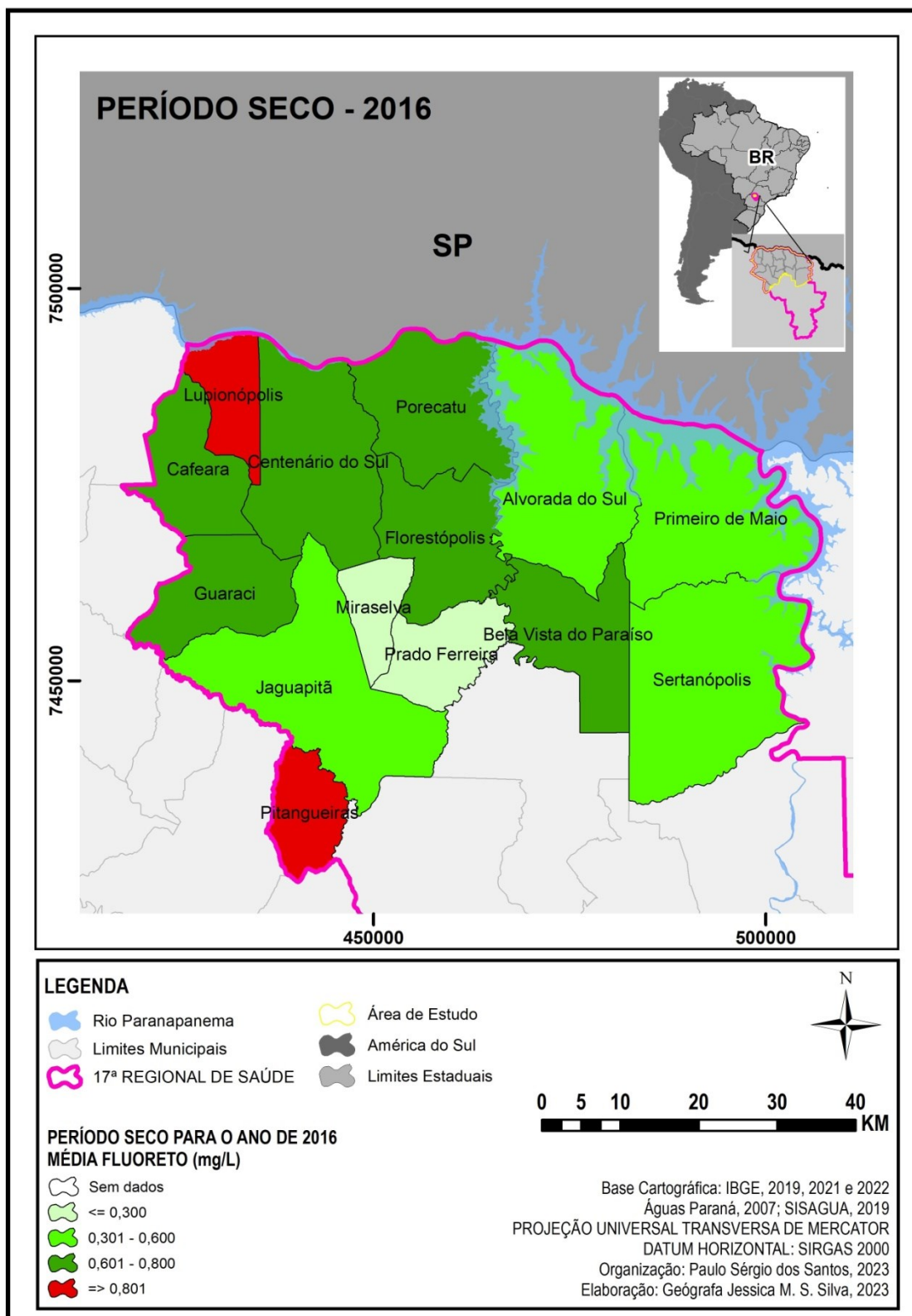
Para o período seco de 2016(Figura 22), foram analisadas 236 amostras, envolvendo todos os municípios da área de estudo. Nesse ano e período todos os municípios apresentaram dados para se analisar as médias de fluoreto. O município de Miraselva foi o único que apresentou uma média muito baixa, deixando essa água em uma condição de risco à saúde. É preciso uma investigação mais detalhada em relação a fluoretação nesse município, se está dentro da normas da atual legislação.

Entre os municípios de teores baixos destacamos: Alvorada do Sul, Florestópolis, Jaguapitã, Lupionópolis, Pitangueiras e Prado Ferreira, com teores entre 0,301 a 0,600 mg/L, considerados também risco para a ocorrência da cárie dentária, principalmente pessoas de faixa etária na fase infantil. Por se tratar do período seco é preocupante a quantidade de municípios que apresentaram teores abaixo de que se recomenda.

Foram cinco os municípios que apresentaram teores dentro do ideal, são eles: Bela Vista do Paraíso, Centenário do Sul, Guaraci, Porecatu e Sertanópolis. Somente cinco municípios dentro do total que apresentaram uma normalidade no teor para um consumo sem comprometer a saúde.

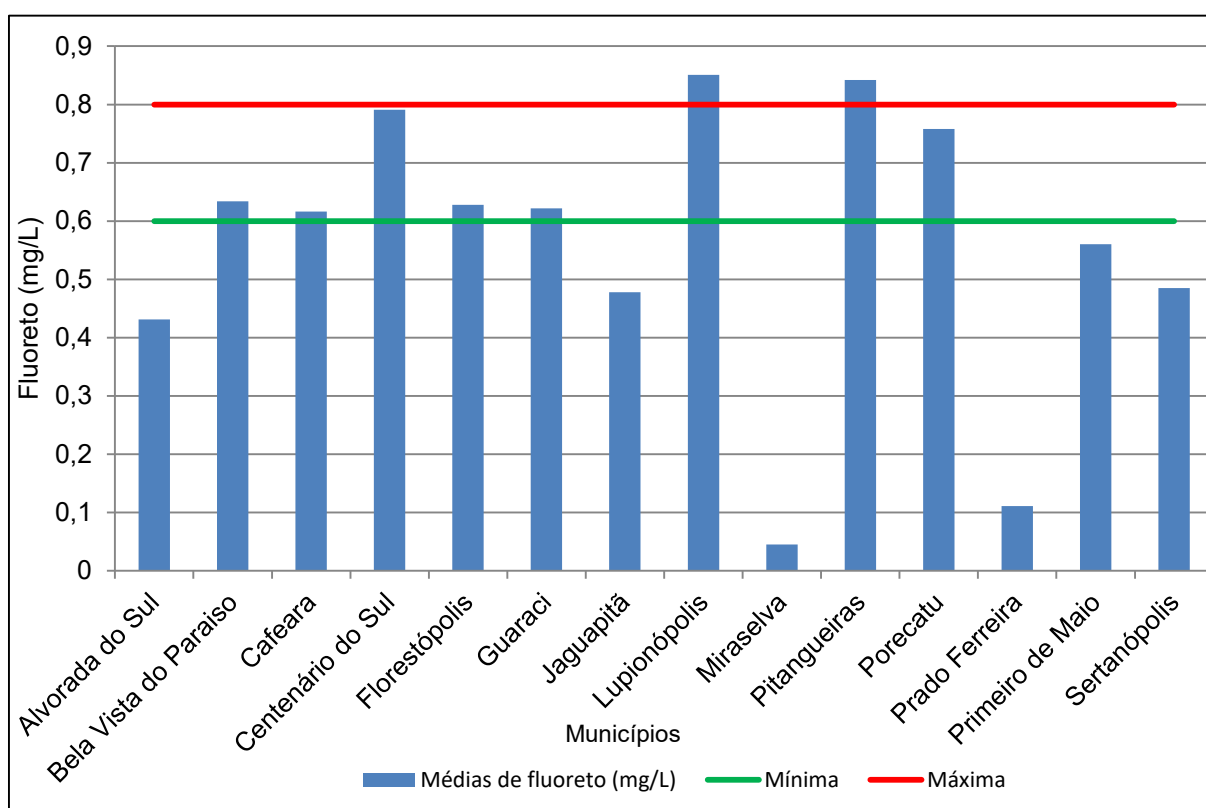
Já os municípios de Cafeara e Primeiro de Maio apresentaram teores acima em que a água está propícia para a ocorrência de fluorose dentária, para as pessoas que consomem essa água. Por se tratar de um período seco, essa elevação pode estar relacionada à baixa precipitação para o período, como fator determinante.

**Figura 22** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco-2016.



O Gráfico8, para o período seco de 2016, mostra as três condições dos municípios para a médias de fluoreto. Mostra os municípios bem abaixo e abaixo do ideal, destaque para Miraselva, Prado Ferreira e outros. Os municípios de Bela vista do Paraíso, Cafeara, Centenário do Sul, Florestópolis, Guaraci dentro do ideal. E os municípios de Lupionópolis e Pitangueiras como teores elevados para o padrão da região.

**Gráfico 8** - Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período seco – 2016.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA (Brasil, [2023]b), organizado pelo autor (2022).

Chama a atenção no gráfico os municípios de Miraselva e Prado Ferreira com uma média bem inferior aos demais municípios. Sendo que Prado Ferreira, tem demonstrado no decorrer dessa análise não somente uma variação para teores abaixo mas também tem apresentados momentos de elevação na quantidade do flúor. É possível que no caso desse município, e está bem evidente, que não somente o fator natural tem interferido na condição dessas águas de abastecimento, mas também o



fator antrópico, ou seja, a forma como essa água vem sendo tratada precisa ser melhor monitorada.

#### 6.4 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2017

No período chuvoso de 2017 (Figura 23), foram analisadas 278 amostra se somente o município de Miraselva não apresentou dados. Os municípios de Alvorada do Sul e Sertanópolis, apresentaram médias entre 0,301 a 0,600 mg/L, ficando esses municípios com valores abaixo e potencialmente propícios para a ocorrência da cárie dentária para as pessoas que consomem.

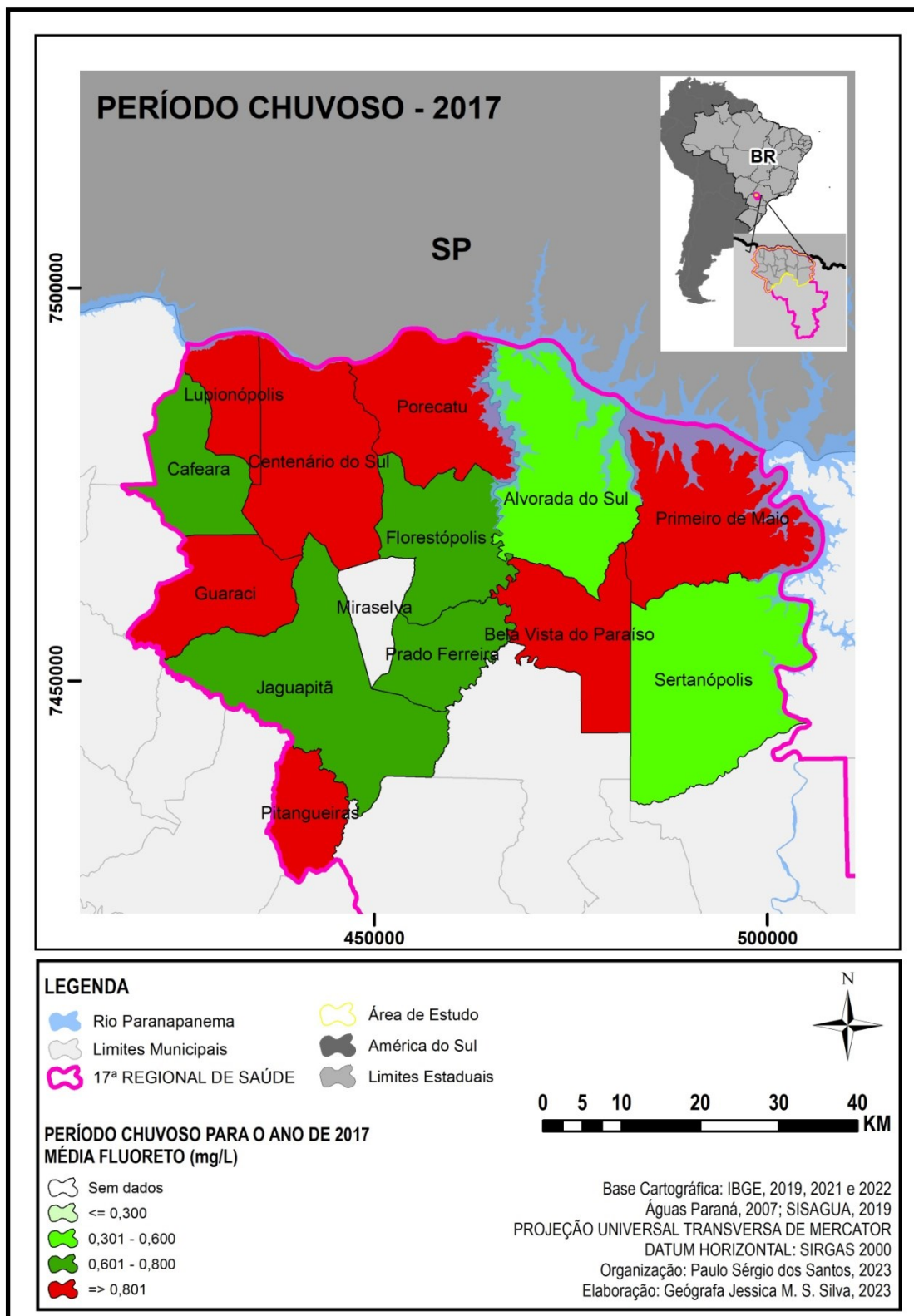
Dentro do teor de média para o recomendado estão os municípios de Cafeara, Florestópolis, Jaguapitã e Prado Ferreira, esses municípios apresentaram para o ano e período referido uma água de qualidade, sem causar nenhum prejuízo à saúde.

Entre os municípios que apresentaram médias elevadas estão os municípios de Bela Vista do Paraíso, Centenário do Sul, Guaraci, Lupionópolis, Pitangueiras, Porecatu e Primeiro de Maio. Esses municípios apresentaram águas com teores de flúor acima do valor recomendado, estando essas águas propícias para a ocorrência da fluorose dentária.

Como no decorrer desse trabalho, observa-se no ano e período mencionados uma predominância de municípios fora do padrão para o intervalo recomendado, tanto abaixo como teores elevados, sendo esses a maioria dos municípios.

Sendo assim novamente recomenda-se uma atenção redobrada por parte das autoridades responsáveis pelo abastecimento. Tanto em relação aos fatores naturais, relacionados a precipitação e condição geoquímica, como antrópicos em relação ao tratamento e adição ao flúor.

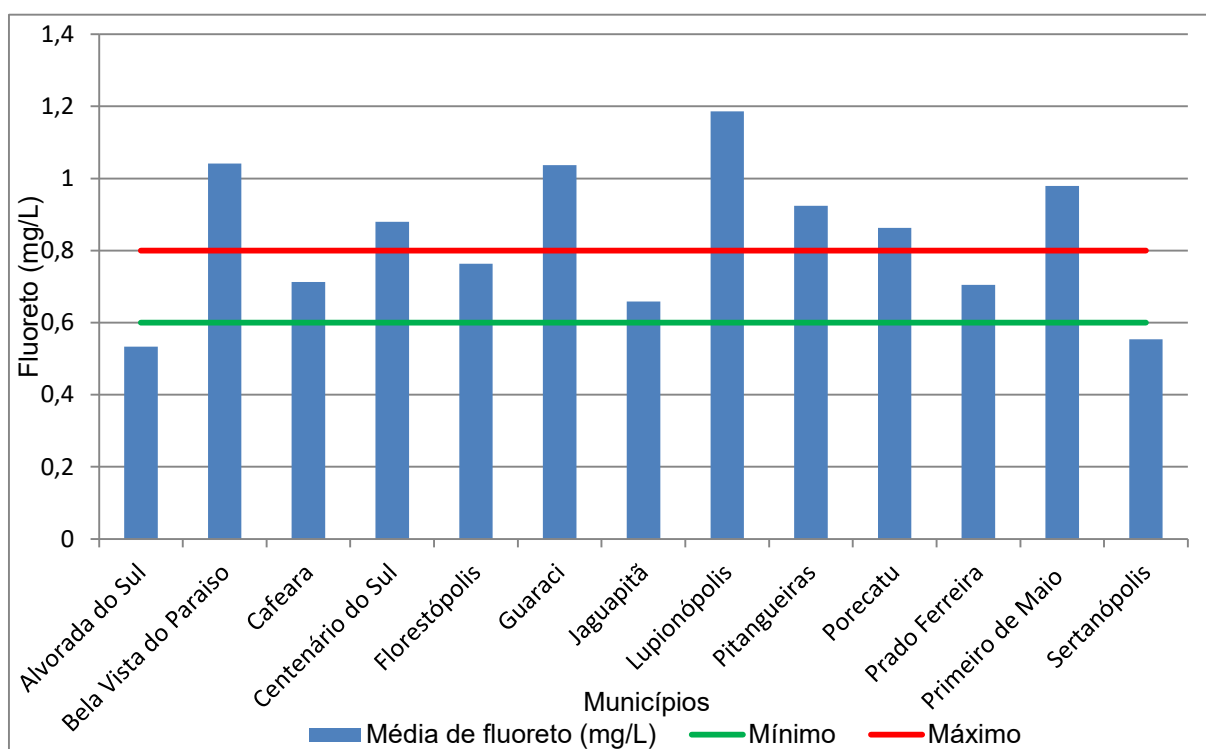
**Figura 23** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso-2017.



O Gráfico 9, apresenta uma boa visualização das condições dos municípios em relação às médias de teores na área de estudo para o período chuvoso de 2017. Os municípios de Centenário do Sul e Sertãoópolis destacam-se como as médias mais baixas, e ficaram dentro do intervalo ideal recomendável, os municípios de Cafeara, Florestópolis, Jaguapitã e Porecatu.

Acima do ideal e águas com risco à fluorose dentária, os municípios de Bela Vista do Paraíso, Centenário do Sul, Guaraci, Lupionópolis, Pitangueiras, Porecatu e Primeiro de Maio.

**Gráfico9** - Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período chuvoso–2017.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA (Brasil, [2023]b), organizado pelo autor (2022).

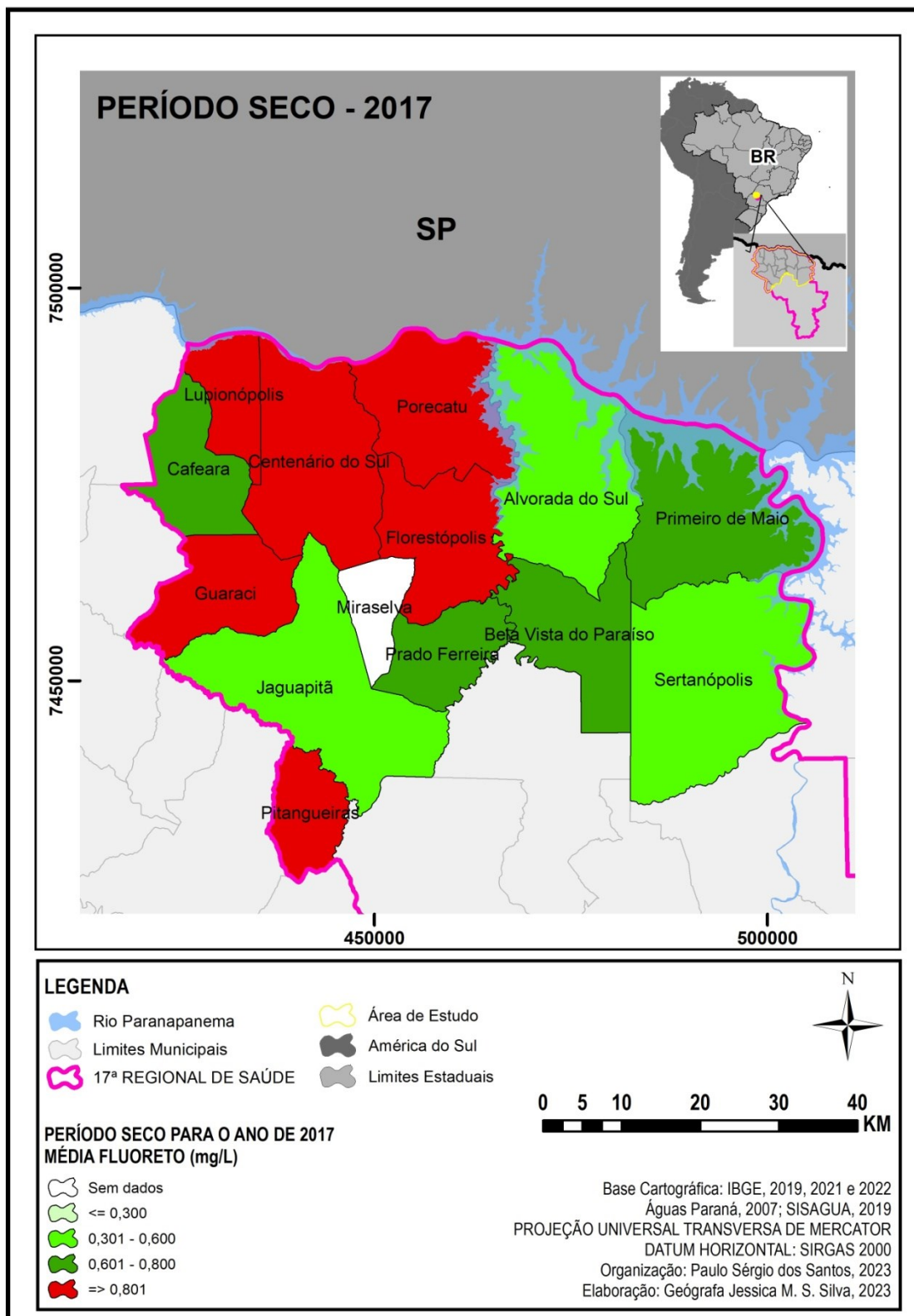
No período seco de 2017, (Figura 26) foram analisadas 271 amostras, o município de Miraselva não apresentou dados a serem analisados. Os municípios Alvorada do Sul, Jaguapitã e Sertãoópolis ficaram entre os teores baixos entre 0,300 a 0,600 mg/L, risco para a ocorrência de cárie dentária.

Os municípios que ficaram dentro do intervalo recomendado foram Bela Vista do Paraíso, Cafeara, Prado Ferreira e Primeiro de Maio, estando essas águas dentro

do padrão ideal para o consumo humano e sem risco para a saúde. É preciso considerar novamente que dentro de um total de quatorze municípios somente quatro apresentaram condições ideal.

Já os municípios de Centenário do Sul, Florestópolis, Guaraci, Lupionópolis, Pitangueiras e Porecatu ficaram entre os teores mais elevados, não sendo ideal para o consumo. Destacando os municípios de Centenário do Sul e Lupionópolis apresentaram teores elevados no decorrer desse trabalho, independente do período climático.

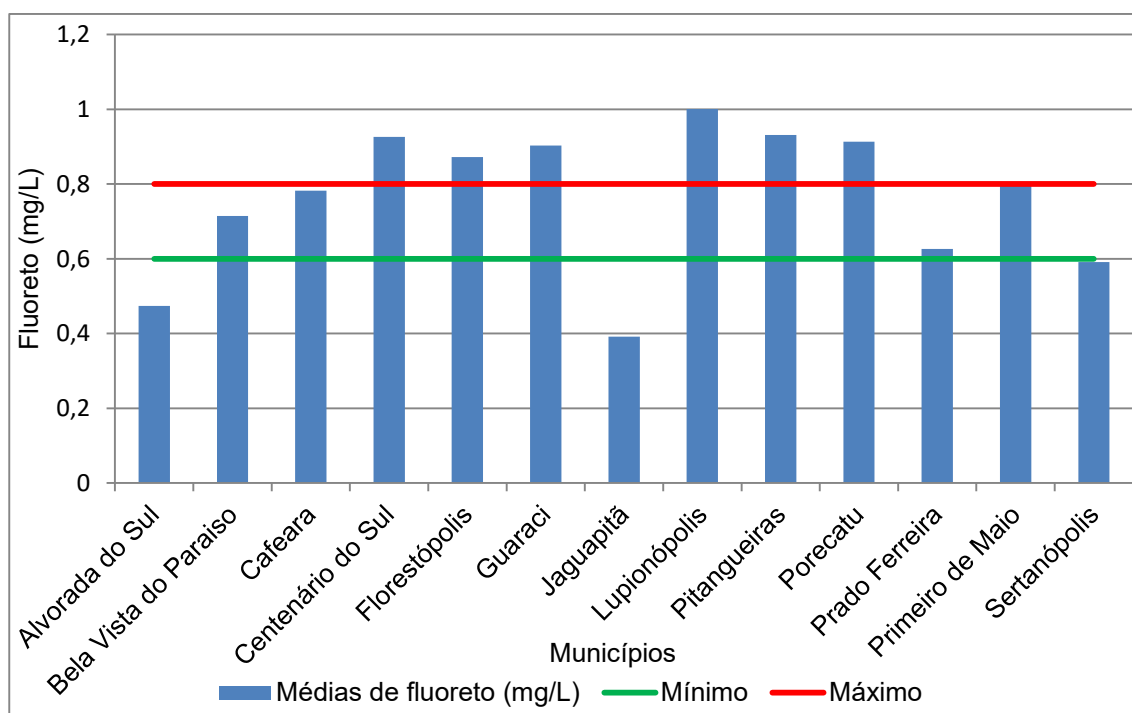
**Figura 24** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco-2017.



O Gráfico 10, período seco 2017, mostra que o ano e período referido apresentou médias nos três níveis: os municípios muito abaixo, com destaque para Alvorada do Sul e Jaguapitã, os que ficaram dentro do teor ideal recomendado foram: Bela Vista do Paraíso, Cafeara e Prado Ferreira. Os municípios que ficaram acima foram: Centenário do Sul, Florestópolis, Guaraci, Pitangueiras e Porecatu.

Observa-se que o ano e período referido apresentou um número expressivo de municípios fora do recomendável, tanto abaixo como acima, destacando um número maior para médias de teores acima. É importante destacar mais uma vez a atenção por parte dos responsáveis no abastecimento sobre os fatores determinantes dessas alterações de fluoreto nesse sistema de abastecimento.

**Gráfico 10** - de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período seco – 2017.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA (Brasil, [2023]b), organizado pelo autor (2022).

## 6.5 MÉDIAS DE FLUORETO (MG/L) POR MUNICÍPIOS EM AMOSTRAS DE SAA NA ÁREA DE ESTUDO PERÍODO CHUVOSO E SECO - 2018

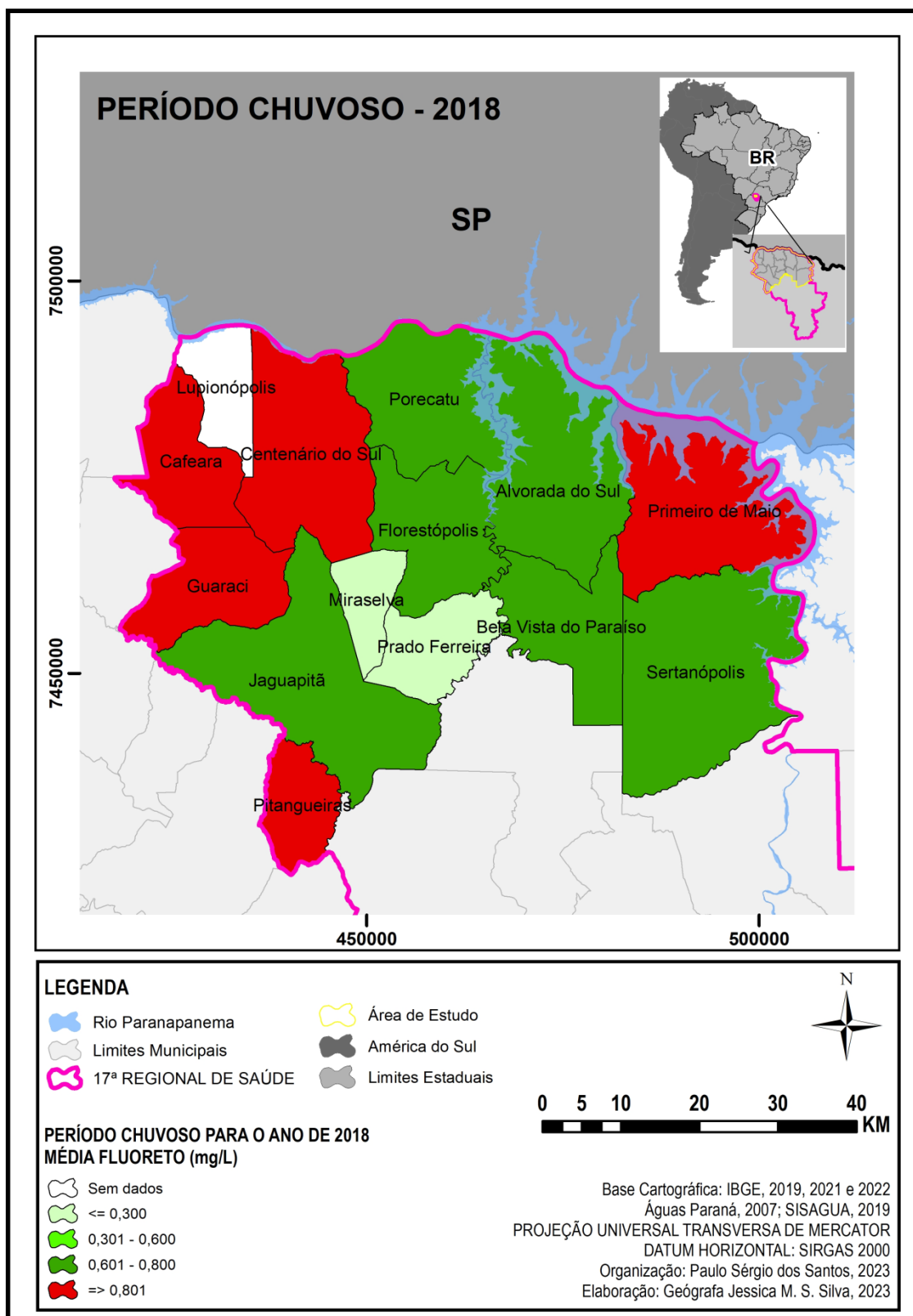
No período chuvoso de 2018, (Figura 27) foram analisadas 177 amostras, e somente o município de Lupionópolis não apresentou dados. Os municípios de Miraselva e Prado Ferreira apresentaram médias entre 0,301 a 0,600 mg/L, ficando esses municípios com valores abaixo.

No teor de média para o recomendado, os municípios de Alvorada do Sul, Bela Vista do Paraíso, Florestópolis, Jaguapitã, Porecatu e Sertanópolis. Municípios dentro do ideal para o consumo, sem causar nenhum prejuízo à saúde. Também é importante destacar que alguns municípios da área de estudo têm apresentado em comum, no decorrer dessa análise, a condição de teor recomendado. Possivelmente os fatores determinantes para essa condição, sejam eles naturais ou antrópicos, sejam os mesmos. Sendo necessário um estudo mais aprofundado com aqui já mencionado.

Os municípios que apresentaram médias elevadas foram: Cafeara, Centenário do Sul, Guaraci, Pitangueiras e Primeiro de Maio, águas estão propícias para a ocorrência da fluorose dentária.

No ano e período mencionados, houve ocorrências de municípios fora do padrão para o recomendado, tanto abaixo como teores elevados, sendo esses municípios um número de sete do total. Como já mencionado anteriormente, é preciso uma atenção a essas águas, tanto em relação aos índices de precipitação, como no processo de dosagem de fluoreto, em alguns períodos do ano.

**Figura 25** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso-2018.

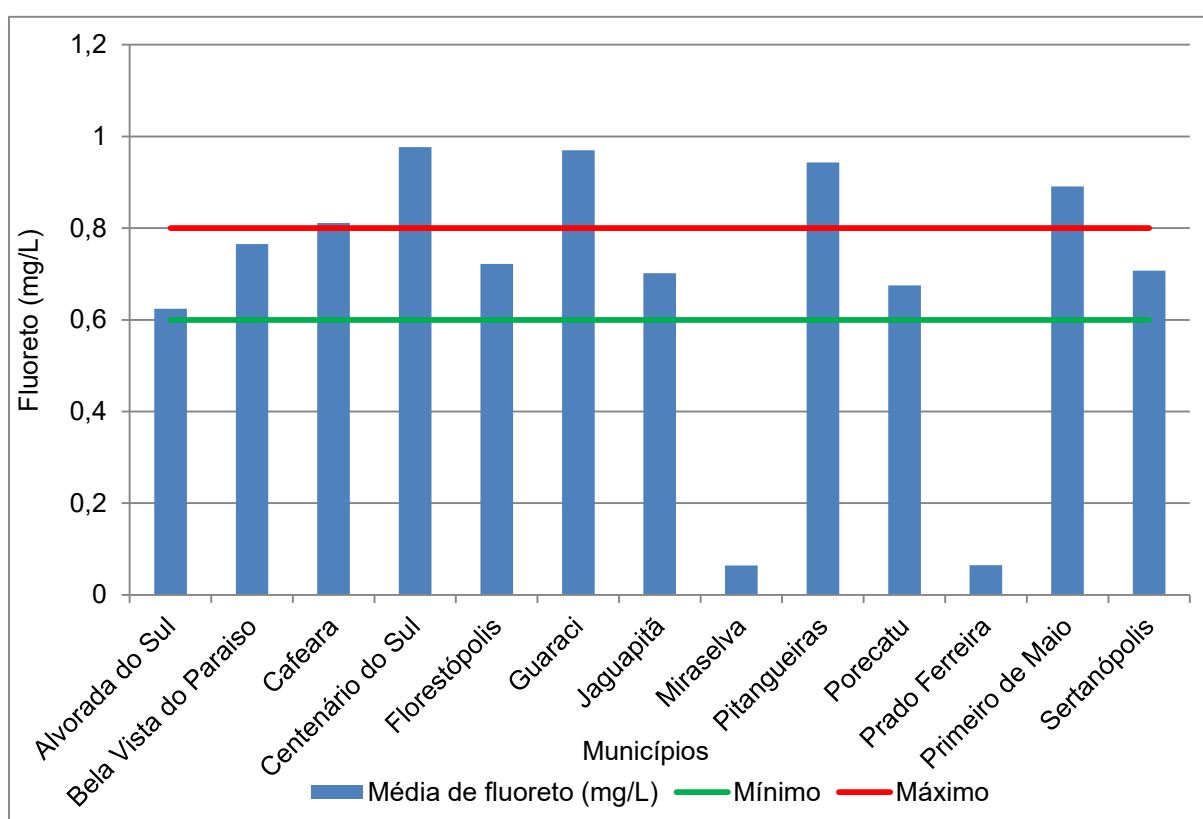




O Gráfico 11, período chuvoso de 2018, mostra as médias nos três níveis. Os municípios Miraselva e Prado Ferreira apresentam médias muito baixas de fluoreto.

Os municípios de Bela Vista do Paraíso, Florestópolis e Jaguapitã estão entre os que apresentaram médias dentro do intervalo ideal. E com médias elevadas, Centenário do Sul, Guaraci, Pitangueiras e Primeiro de Maio, municípios com teores de fluoreto não recomendados ao consumo.

**Gráfico 11** - Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período chuvoso – 2018.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA (Brasil, [2023]b), organizado pelo autor (2022).

Para o período seco de 2018(Figura 26), foram analisadas 183 amostras, e somente os municípios de Lupionópolis e Miraselva não apresentaram dados. Sendo o município de Prado Ferreira o que apresentou média muito baixa, em relação aos demais municípios.

Ainda no nível baixo, os municípios de Alvorada do Sul e Sertanópolis apresentando médias entre 0,301 a 0,600 mg/L, ficando esses municípios com valores abaixo.

Os municípios que apresentaram teores dentro do ideal recomendado foram: Bela Vista do Paraíso, Cafeara, Florestópolis, Guaraci, Jaguapitã, Pitangueiras e Porecatu, águas em boas condições para o consumo e sem causar prejuízo à saúde.

Os que apresentaram médias elevadas foram os municípios Centenário do Sul e Primeiro de Maio, águas com o grau de teor de fluoreto elevado. O município de Centenário do Sul, mais uma vez dentro desse grupo, sendo assim um dos municípios da área onde a atenção precisa ser rigorosa.

Como no decorrer do estudo, novamente aqui observa-se municípios fora do padrão para o intervalo recomendado, tanto abaixo como teores elevados, necessitando de mais atenção, vigilância e estudos nessas águas do SAA.

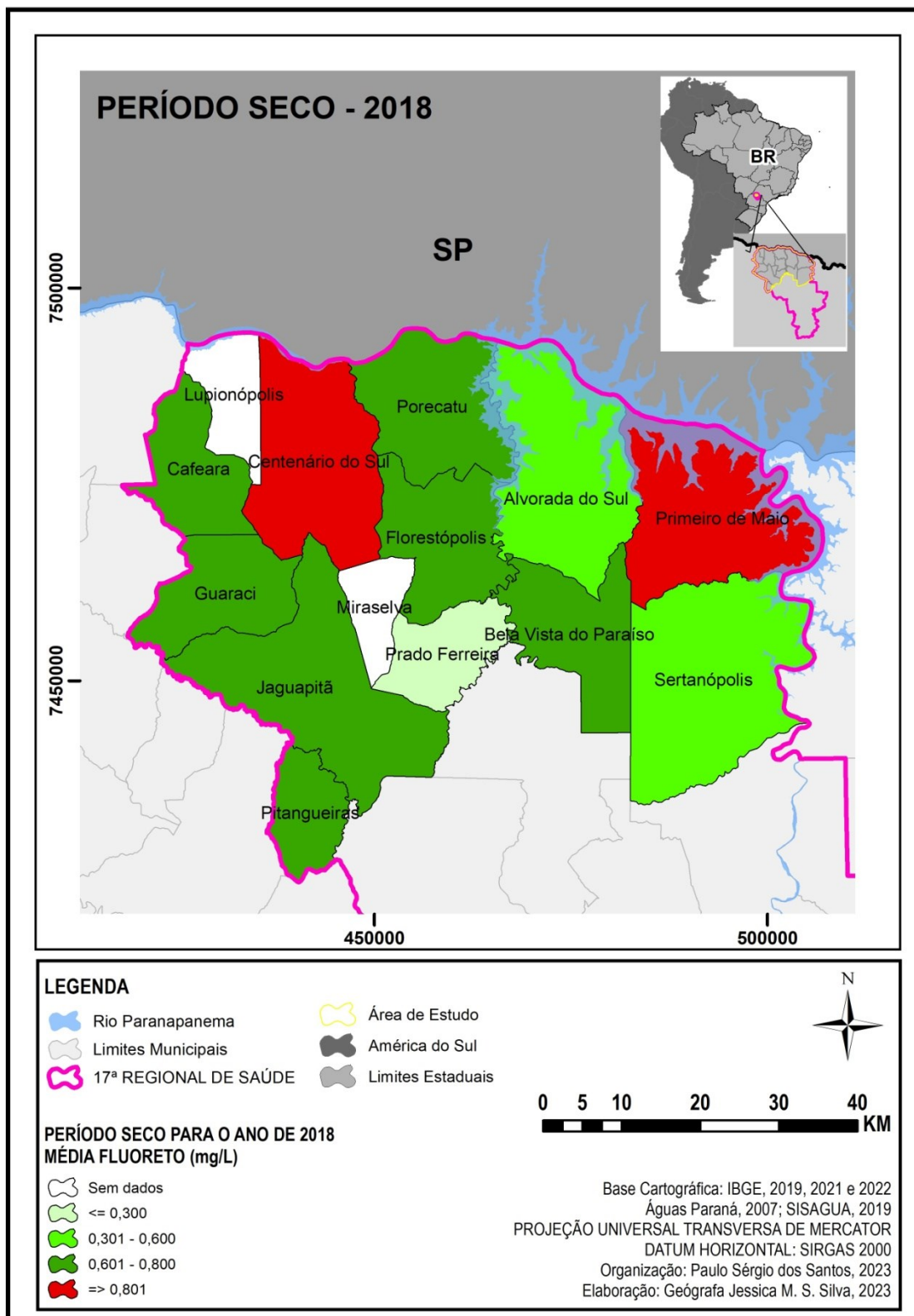
Como mencionado anteriormente, é preciso uma atenção a essas águas, tanto em relação aos índices de precipitação, como no processo de dosagem de fluoreto, em alguns períodos do ano. Os fatores climáticos, como o excesso de precipitação ou a falta, podem alterar a composição, interferindo na quantidade de fluoreto.

Independendo de períodos climáticos, nos últimos tempos a precipitação tem ocorrido em grandes quantidades ou poucas, durante os meses do ano, por conta das alterações climáticas em todo o planeta.

Diante dessa condição, os órgãos de vigilância e as instituições responsáveis pelo tratamento e distribuição das águas do SAA para o consumo devem ficar bem atentos quanto à adição do fluoreto, independente do período climático do ano.

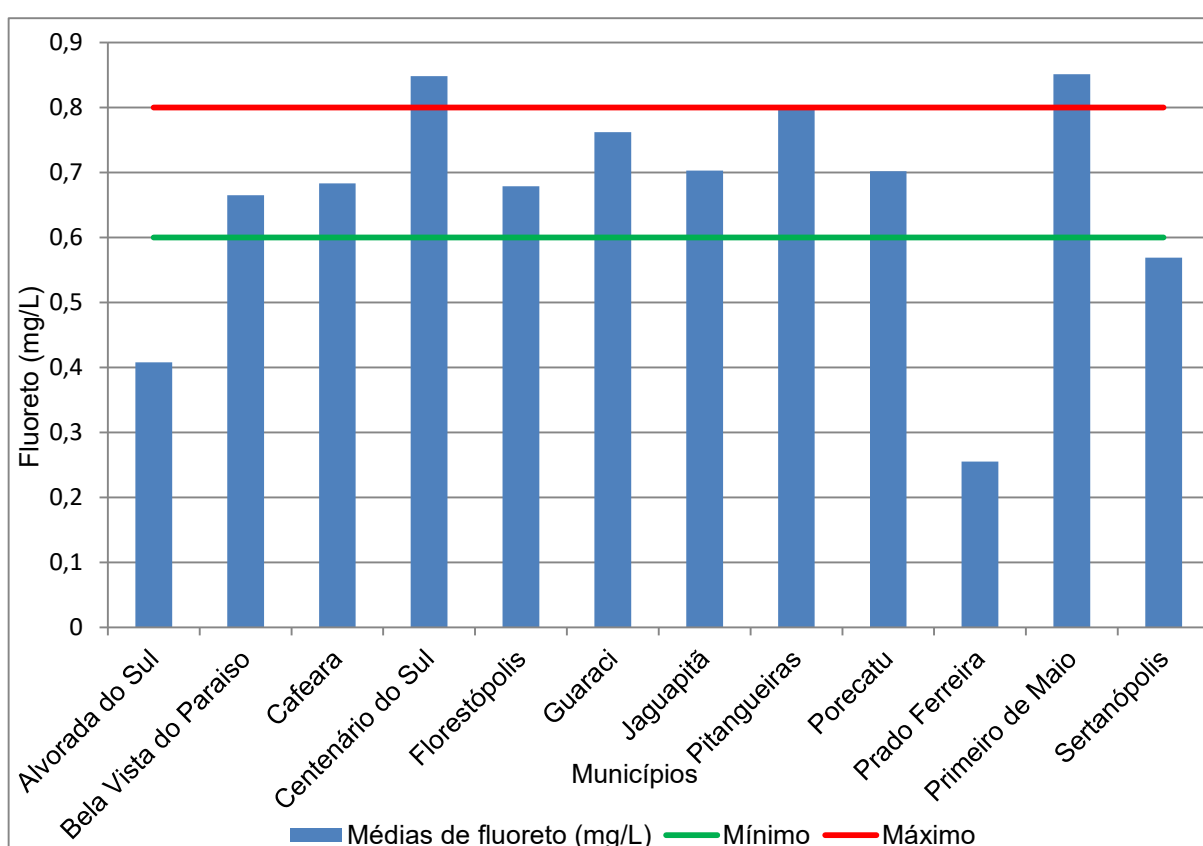
E é importante considerar que os padrões de pluviosidade têm se alterado também, influenciando na vazão dos rios assim como nas condições químicas da água no seu estado natural, tanto subterrânea como superficial. Sendo necessária uma análise constante dessas águas no processo de tratamento e fluoretação, evitando assim que a população consuma a água prejudicial à saúde

**Figura 26** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco-2018.



O Gráfico 12, mostra para o ano e período mencionado a condição de municípios nos três níveis. Abaixo do intervalo destaque foi para Alvorada do Sul e Prado Ferreira, ficando Centenário do Sul e Primeiro de Maio para os que apresentaram os níveis mais elevados. Já os demais municípios da área de estudo apresentaram níveis ideais dentro do intervalo recomendado de acordo com as condições climáticas da região.

**Gráfico 12** - Médias de teores de fluoreto (mg/L) por município conforme amostras de SAA período seco – 2018.



**Fonte:** Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA (Brasil, [2023]b), organizado pelo autor (2022).

Foram elaborados também mapas com as médias gerais entre 2014-2018, tanto para o período chuvoso como para o período seco, da porção norte da 17ª RS. Um outro mapa com as medias gerais, mas sem considerar os períodos chuvoso e seco, uma média geral para cada ano.

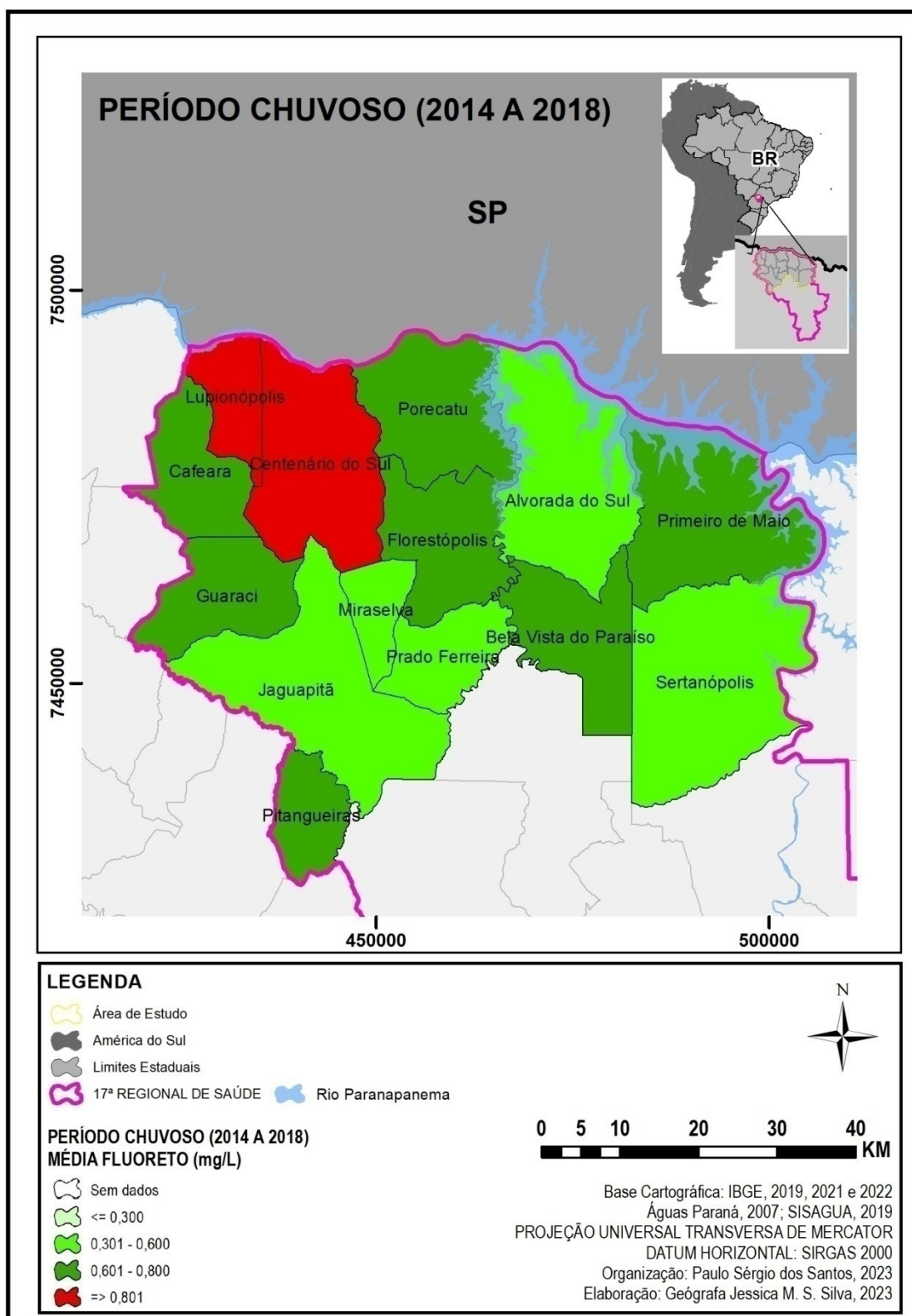
Como esses mapas pode-se fazer uma análise de comparação com outro trabalho feito sobre flúor na 17ª RS Guimarães (2020), mencionado nesse trabalho, onde se observa semelhanças e discordâncias no material cartográfico produzido.

No mapa das médias do período chuvoso, como se pode observar na (Figura 29), observa-se relação a Guimarães (2020), os municípios que apresentaram médias  $< 6$  mg/L, sendo os municípios nessa condição Alvorada do Sul, Jaguapitã, Miraselva, Prado Ferreira e Sertãoópolis.

É importante destacar que em Guimarães (2020), Miraselva encontra-se na condição  $\leq 0,3$  mg/L, no presente trabalho está no grupo mais elevado, mas ainda abaixo do intervalo recomendado.

Os municípios dentro do teor ideal foram: Bela Vista do Paraíso, Cafeara, Florestópolis, Guaraci, Pitangueiras, Porecatu e Primeiro de Maio. No grupo  $> 0,8$  mg/L em Guimarães (2020), o município nessa condição era somente Centenário do Sul, no presente trabalho esse município também apresenta essa condição junto com Lupionópolis.

**Figura 27** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período chuvoso 2014 a 2018.

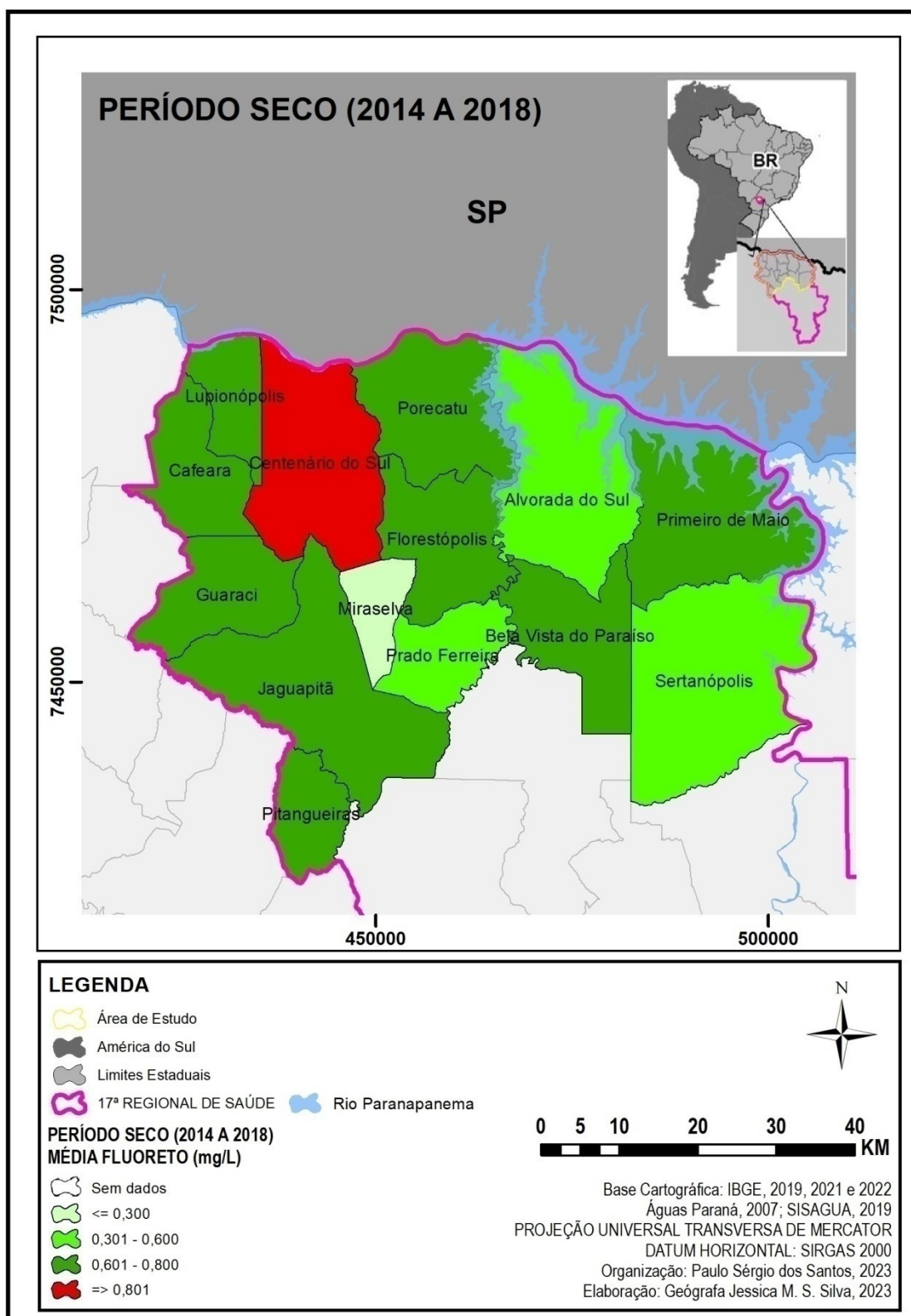


Observando a Figura 28 do período seco, entre os anos de 2014 a 2018, pode-se perceber a semelhança entre os trabalhos, para a área de estudo. O município de Miraselva em ambos os trabalhos apresenta uma condição de teor muito baixo,  $\leq 0,3$  mg/L, com risco à ocorrência de cárie dentária para quem consome essa água.

Os municípios com teores  $< 0,6$  mg/L, Alvorada do Sul, Prado Ferreira e Sertãoópolis, sendo que Jaguapitã no presente trabalho está no grupo do intervalo ideal e no trabalho citado estava entre os municípios com teores baixos.

Os municípios do intervalo recomendado foram: Cafeara, Bela Vista do Paraíso, Guaraci, Jaguapitã, Lupionópolis, Porecatu, Pitangueiras, Primeiro de Maio. Semelhante ao trabalho citado, no presente trabalho o município de Centenário do Sul também apresenta na Figura 28, teor  $> 0,8$  mg/L, água na condição para desenvolver a fluorose dentária para quem a consome.

**Figura 28** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras período seco 2014 a 2018.

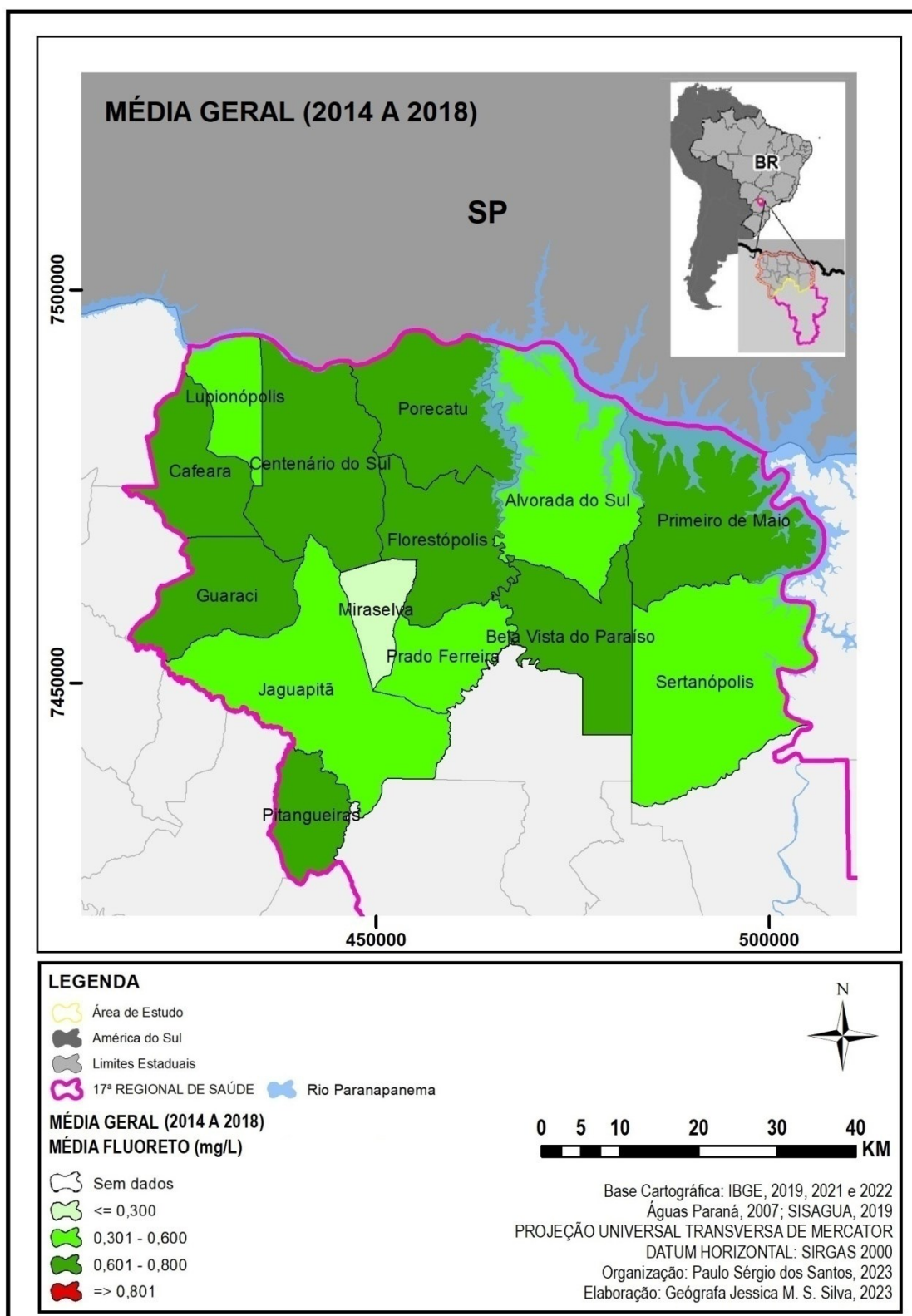




Observando o mapa das médias gerais (Figura 29), referente à porção norte da 17ª RS, também é evidente a semelhança entre ambos os trabalhos. Sendo os municípios com teores baixos os mesmos, podendo destacar Miraselva como teor muito baixo nos dois trabalhos.

Os municípios com teor ideal recomendado, no presente mapa, também são os mesmos do trabalho aqui já citado. Uma diferença seria referente ao município de Centenário do Sul, que está no grupo de municípios dentro do intervalo ideal recomendado para a região. O mapa da (Figura 29), referente às médias gerais na área de estudo não apresentou município com teor  $> 0,8$  mg/L, ou seja, sem risco para a fluorose dentária.

**Figura 29** – Médias de fluoreto (mg/L) por município na área de estudo com base em amostras entre 2014 e 2018.



## 6.6 A RELAÇÃO DOS TEORES DE FLÚOR COM A CONDIÇÃO GEOLÓGICA E A FLUORETAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO

Alguns estudos que foram utilizados no presente trabalho apontam algumas causas que podem ou não estar relacionadas às anomalias do flúor nas águas do SAA da área de estudo, sendo de ordem natural ou antrópica.

Considerando as condições naturais, são vários os fatores que se devem considerar, lembrando que o presente trabalho não entrou a fundo nessas questões.

Nas questões naturais deve-se considerar desde as condições geológicas até as condições dos aquíferos que dão origem a essas águas de abastecimentos. Segundo Guimarães (2020) o solo, a água, incluindo as dos aquíferos, resultam das rochas dos substratos.

Algumas regiões do Brasil, incluindo o Paraná, estão entre as regiões do mundo com grande concentração de fluoreto em suas águas. Segundo o mesmo autor “[...] estão associadas a formações geológicas de origem vulcânicas, com rochas ricas em fluoreto que são lixiviadas e se acumulam em maiores quantidades na água subterrânea” (Guimarães, 2020, p. 40).

Considerando as condições geológicas é possível considerar que boa parte dos municípios que compõem a área pertencem ao Grupo Serra Geral, onde estão as formações Pitanga e Paranapanema.

A formação Pitanga, por exemplo, constitui como a base do subgrupo Serra Geral Norte (Pinese; Stipp; Oliveira, 2000). Sendo as rochas dessa formação de origem vulcânica, rochas basálticas, com características ácidas, como os riolitos.

Podendo contribuir com a presença elevada do flúor em alguns pontos em determinados períodos da área de estudo (Licht; Arioli, 2018). As águas desse Grupo apresentam alterações em alguns elementos “[...] Os poços para consumo no SASG analisados hidrogeoquimicamente na região Norte do Paraná, apontam alterações para elementos e compostos como nitrato, ferro, flúor, entre outros” (Guimarães, 2020, p. 71).

A área também possui águas do Grupo Caiuá, das formações Rio Paraná, Goio-Êre e Santo Anastácio. Essa formação apresenta variações geológicas, com

rochas sedimentares que passaram por transformações (Licht; Ariolli, 2018; Marimon, 2006).

Conforme Guimarães (2020), o intemperismo reformula os minerais, solubilizando ou incorporando aos solos. Segundo Marimon (2006), o flúor nas águas naturais é resultado do equilíbrio água x minerais, liberando o mesmo na água ou sorvendo da solução.

Nessas formações a composição das rochas é diferente e as formações passaram por processos geológicos diversos. Podendo o flúor sofrer diversas variações, e assim interferir nas variações dos teores nas águas da área de estudo

Em relação às questões antrópicas pode-se pontuar alguns exemplos. Segundo Guimarães (2020), há variedade de fontes de abastecimentos, não sendo o caso do presente trabalho, em que as águas, na maioria, têm origem nas águas subterrâneas.

Uma outro fator pode estar relacionado as distancias entre o local de tratamento e alguns pontos de consumo. Pois isso interfere na diluição do flúor, estando as áreas mais próximas da área de tratamento mais propícias a receber uma água com maior concentração.

Outro fator a considerar é a dosagem do flúor no processo de tratamento, pois há que se fazer uma dosagem mais rigorosa. No presente trabalho, considerar as variações de pluviosidade em diferentes períodos do ano e também as mudanças climáticos que tem ocorrido, por conta do aquecimento global.

Conforme alguns autores citados no decorrer do trabalho, a fluoretação deve ser realizada conforme a condição da água em cada contexto climático no decorrer do ano.

As concentrações elevadas de flúor identificadas nos municípios abastecidos pela Sanepar justificam-se pelo fato dessa empresa não levar em consideração as especificidades climáticas da área de estudo para estabelecer os parâmetros de fluoretação. (Deus, 2013, p. 48).

## 7 CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados sobre o tema na Universidade Estadual de Londrina e outras Universidades e dados de instituições como a ANVISA, SISAGUA, DATASUS entre outras, pôde-se observar que a porção norte da 17ª Regional de Saúde apresenta áreas onde as águas estão apresentando teores fora do ideal recomendado para a região. Tornando essas águas propícias para ocorrência de doenças bucais como a cárie e fluorose dentária.

Apesar do foco desse trabalho ser o SAA, obsevou-se que nas águas naturais, em vários municípios da área, ocorrem teores com deficiência de fluoreto. Isso pode ser explicado devido às características hidrogeoquímicas da região. Isso foi comprovado em alguns estudos que a composição da água pode variar, tanto em relação ao aquífero como em relação às rochas e minerais.

As águas do SAA apresentaram tanto teores abaixo do recomendado como acima, podendo ser as causas dessas anomalias as condições naturais dessas águas. Acompanhado da questão antrópica, que seria o monitoramento adequado no processo de tratamento, pois pode estar ocorrendo adição do flúor sem o devido controle.

Em relação à análise de cada ano, entre 2014 e 2018, em que foram distribuídas as amostras para o período chuvoso entre os meses de janeiro a março e outubro a dezembro. E para o período seco, entre os meses de abril a setembro. Observou-se que nos dois períodos ocorreram oscilações nas médias entre os municípios, tanto abaixo do teor recomendado, como acima.

Em todos os anos analisados, o período chuvoso, com base em estudos da dinâmica hidrogeoquímica e considerando que o flúor se encontra mais diluído nesse período, o trabalho apresentou municípios com teores abaixo do recomendado.

No período seco, considerando as referências, a concentração é maior devido a menor precipitação, então o elemento flúor encontra-se mais concentrado nas águas no estado natural. No presente trabalho observou alguns municípios que nesse período apresentaram médias com teores mais elevados, deixando essas águas na condição de risco à saúde da população.

Ao se construir o mapa das médias entre os anos 2014 - 2018, com base nos estudos de Guimarães (2020), com os dados gerais da 17ª RS, observou-se que não ocorreram valores  $< 0,7$  mg/L, nesse caso é descartada a vulnerabilidade para a cárie. Porém, quando se fez a média somente com os dados do período chuvoso, no presente trabalho, ano a ano, dentro do recorte 2014 - 2018, observou-se a ocorrência de municípios abaixo do intervalo recomendado.

Os municípios Miraselva e Prado Ferreira estão em destaque no material cartográfico produzido, mostrando a deficiência de Flúor nesses municípios principalmente em períodos de maior ocorrência de chuvas. Essa condição pode estar relacionada as condições naturais ou ao processo de tratamento da água.

Quando se analisa o período seco, no recorte de tempo já mencionado, a situação das águas do SAA da porção norte da 17ª regional de saúde é bem preocupante, pois praticamente todos os municípios apresentam teores  $\geq 0,8$  mg/L, que apesar de estar de acordo com a legislação para VMP (1,5 mg/L), Brasil (2021), esses valores estão bem acima do valor recomendado.

É importante destacar que independentes do período climático analisado ocorreram oscilações no teor tanto abaixo, como acima em todos os meses do ano. Isso ocorre possivelmente por conta das mudanças climáticas que tem interferido nos volumes pluviométricos, que consequentemente interferem na composição química da água.

Diante desse fato, no processo de tratamento e fluoretação das águas na região a atenção e vigilância, devem ser constantes e criteriosas durante todo o ano, para que dosimetria do flúor seja de acordo com as condições naturais da água, para não ocorrer deficiência ou excesso desse elemento.

Em relação aos municípios de Miraselva e Prado Ferreira, é importante realizar estudos específicos em relação às condições naturais das águas. Assim também se deve fazer um alerta em relação ao tratamento e à fluoretação das águas desses municípios. Se ocorre e se está obedecendo os critérios técnicos necessários, pois tais municípios apresentaram com frequência teores abaixo do recomendado.

Pode-se observar que as oscilações de teores, não ocorreram de forma homogênea, tanto no tempo como no espaço, do recorte do presente trabalho, ou seja, variam muito, sendo difícil estabelecer com exatidão as causas dessas variações no teor.

Considerando fatores naturais, pode-se destacar o que foi abordado no decorrer do trabalho, que a maior parte das águas da área é de origem do Aquífero Sistema Serra Geral, onde as rochas são de origem vulcânica, o que se explica em algumas situações de maior quantidade do Flúor na água na sua condição natural. Também por ser um aquífero fraturado e que interage com as águas de outros aquíferos que estão abaixo.

A área também sofre influência do aquífero Caiuá, onde as condições hidrogeoquímicas são diferentes, pois se tratam de rochas e minerais diferentes, podendo influenciar no teor de Flúor nessas águas. Todas essas considerações devem ser apuradas através de estudos mais específicos e detalhados.

Em relação às questões antrópicas, em linhas gerais os órgãos responsáveis pelo abastecimento devem investigar as condições naturais dessas águas e o processo de tratamento. Pois em determinados locais e períodos as doses de adição do flúor, devem variar para mais ou para menos, conforme as condições dessas águas se a técnica de dosagem está ocorrendo da forma correta, com o intuito de tornar essas águas potáveis e sem nenhum risco para a saúde.

Um outro ponto a considerar é a questão do VMP, em que a legislação vigente considera o valor 1,5 mg/L para todo o país. Os estudos têm orientado que essa legislação deve ser mais flexível, considerando as condições climáticas de cada região. Esses estudos consideram as médias de temperatura da região associadas ao consumo de água e o Brasil, por se tratar de um país de extensão continental, apresenta uma variedade de climas e temperaturas diferentes.

O presente trabalho produziu material cartográfico espacializando esse problema, o que pode contribuir com outros trabalhos científicos que venham a ser produzidos futuramente, assim como aos projetos dos diversos gestores. Acredita-se também que este trabalho deva contribuir ao aperfeiçoamento dos órgãos de vigilância sanitária e epidemiológica, em cada um dos municípios, quanto a metodologias e aprimoramento no levantamento de dados.

E que a Geografia de Saúde possa trabalhar em parceria com outras ciências e diversas áreas da saúde, especificamente a Odontologia. E que essas ciências aperfeiçoe os conhecimentos sobre o consumo do flúor nas águas de abastecimento e os possíveis impactos sobre a saúde bucal da população, tanto nessa regional de saúde assim como qualquer outro lugar.





## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 6. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2011.
- ALIEVI, A. A. **Bacia hidrografia enquanto recorte espacial e analítico em geografia da saúde: hidroquímica e saúde coletiva na bacia do rio Pirapó/PR**. 2017. 216 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.
- BETTÚ, D. F.; FERREIRA, F. J. F.; SALAMUNI, E.; FERNANDES, L. A. Compartimentação estrutural e conectividade dos sistemas aquíferos Caiuá e Serra Geral no noroeste do Paraná – Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 393-409, 2006
- BRASIL. Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases cartográficas contínuas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016-2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação do ministério da saúde n. 5 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do sistema único de saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 635, de 26 de dezembro de 1975**. Aprova normas e padrões sobre fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 1975.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975**. Normas e Padrões sobre a fluoretação da água, tendo em vista a Lei nº 6050/74. Brasília: Ministério da Saúde, 1976.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema de Informação de vigilância da qualidade da água para consumo humano. [Dados 2014-2018]. Brasília: Sisagua, [2023]a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema de Informação de vigilância da qualidade da água para consumo humano. [Dados 2019]. Brasília: Sisagua, [2023]b.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 6.050, de 24 de maio de 1974**. Dispõe sobre a fluoretação da água em sistema de abastecimento quando existir estação de tratamento. Brasília: Presidência da República, 1974.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Presidência da República, 1997.

CELLIGOI, A. **Recursos hídricos subterrâneos da formação Serra Geral em Londrina – PR**. 1993. 108 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CHOI, A. L.; SUN, G.; ZHANGYING, Y.; GRANDJEAN, P. Developmental fluoride neurotoxicity: a systematic review and meta-analysis. **Environmental Health Perspectives**, Durham, v. 120, n. 10, p. 1362-1368, 2012.

CHOWDHURY, C. R.; SHAHNAWAZ, K.; KUMARI, D.; CHOWDHURY, A.; GOOTVEL, M.; LYNCH, E. Highly acidic pH values of carbonated sweet drinks, fruit juices, mineral waters and unregulated fluoride levels in oral care products and drinks in India: a public health concern. **Perspectives in Public Health**, Los Angeles, v. 139, n. 4, p. 186-194, 2019.

CONFALONIERI, U. E. C.; HELLER, L.; AZEVEDO, S. Água e saúde: aspectos nacionais e internacionais. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (org.). **Águas do Brasil: análise estratégias**. São Paulo: Instituto Botânica, 2010. p. 27-38.

CORRÊA, R. L. **Região e organização espacial**. São Paulo: Editora ática, 1995.

CORTECCI, G. **Geologia e saúde**. Bologna: Università degli Studi di Bologna, 2006. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publiqu/media/geosaude.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

CUNICO, C.; OKA-FIORI, C. O estado de normalidade e o estado de exceção diante da importância das categorias de “vulnerabilidade”, “risco” e “resiliência”. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 52, p. 1–20, 2014.

CURY, J. A. Uso do flúor e o controle da cárie como doença. In: BARATIERI, L. N. (org.). **Odontologia restauradora: fundamentos e possibilidades**. São Paulo: Santos, 2001. p. 33-40.

CURY, J. A.; NARVAI, P. C.; FERNANDEZ, R. A. C.; FORNI, T. I. B.; JUNQUEIRA, S. R.; SOARES, M. C. **Recomendações sobre uso de produtos fluorados no âmbito do SUS/SP em função do risco de cárie dentária**. São Paulo: Secretaria de Estado de Saúde, 2000.

DEAN, H. T. The investigation of physiological effects by the epidemiological method. In: MOULTON, F.R. (org.). **Fluorine and dental health**. Washington: American association for the advancement of science, 1942.

DEUS, A. G. **Análise da distribuição espacial dos concentrados de flúor nas bacias hidrográficas do nordeste paranaense: relações com a saúde coletiva**.

Londrina: PP GEO, 2016.

DEUS, A. G. **Levantamento dos teores de flúor na águas subterrâneas de abastecimento público do setor norte da 17ª Regional de Saúde do Paraná e implicações à saúde dentária**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

DISSANAYAKE, C. B.; CHANDRAJITH, R. **Introdução à geologia médica**. Dordrecht: Springer, 2009.

EDLER, F. C. Geografia médica e patologia tropical. *In*: EDLER, F. C. **Medicina no Brasil Imperial: clima, parasitas e patologia tropical**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2011.

EDMUNDS, S. W. M.; SMEDLEY, P. L. Fluoride in natural waters. *In*: SELINUS, O. S.; ALLOWAY, B.; CENTENO, J. A.; FINKELMAN, R. B. **Essentials of medical geology**. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2014. p. 331-336.

FERNANDES, L. A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 55, p. 53-66, 2004.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da bacia Bauru (neocretáceo). **Revista Brasileira De Geociências**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 717-728, 2000.

FRANÇA, V. O rio Tibagi no contexto hidrogeográfico paranaense. *In*: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. **A bacia do rio Tibagi**. Londrina: M. E. Medri, 2002. p. 45-61.

GONÇALVES, M. V. P.; CRUZ, M. J. M.; SANTOS, R. A.; ALENCAR, C. M. M.; PORCIÚNCULA, D. C. L.; SILVA, A. B.; RAMOS JUNIOR, A. B. S. Comportamento sazonal dos níveis do fluoreto nas águas subterrâneas (2010 a 2012) e riscos à saúde bucal em Serra do Ramalho, Bahia (BR). **Revista Concilium**, [s. l.], v. 22, n. 4, p.44-63, 2022.

GUIMARÃES, D. V. **Teores de fluoreto na água para consumo humano na 17ª Regional de Saúde do Paraná entre os anos de 2014 a 2018: vulnerabilidade e riscos à saúde bucal**. 2020. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

HARTMANN L. A. A história natural do Grupo Serra Geral desde o cretáceo até o recente. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. esp., p. 173–182, 2014.

KLAASSEN, C. D.; WATKINS III, J. B. **Fundamento em toxicologia de Casarett e Doull**. 2. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda, 2012.

LACAZ, C. S.; BARUZZI, R. G.; SIQUEIRA JUNIOR, W. **Introdução médica do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1972

LICHT, O. A. B.; ARIOLI, E. E. **Mapa geológico do grupo serra geral no estado do Paraná**: nota explicativa. Curitiba: ITCG, 2018.

LUIZ, M. T. Cultura contemporânea e medicinas alternativas: novos paradigmas em saúde no fim do século XX. **Physis**: revista saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, 1997.

MARANHÃO, R. A. Análise da produção científica em geografia médica e da saúde: algumas reflexões. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 49, p. 41-49, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/22635/14372/0>. Acesso em: 3 jul.2020.

MARIMON, M. P. C. **O flúor nas águas subterrâneas da formação Santa Cruz e Venâncio Aires, RS, Brasil**. 2006. Tese (Doutorado em Geociências) - Departamento de Geoquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MILANI, E. J.; MELO, J. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p.266-287, maio/nov. 2007

MILLER JUNIOR, G. T. **Ciência ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná (Escala 1:250.000)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MIZIARA, A. P. B.; PHILIPPI, S. T.; BUZALAF, M. A. R.; LEVY, F. M. Dental fluorosis and the fluoride concentration in the foods: a review. **Nutrire**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 119-126, 2006.

MOLINA, E. V. **A utilização de geotecnologias no planejamento regional**: uma proposta metodológica para Consórcios intermunicipais de saúde. 2016. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MÜLLER, N. L. Contribuição ao estudo do Norte do Paraná. In: FRESCA, M. T.; CARVALHO, M. S. (org.). **Geografia e Norte do Paraná**: um resgate histórico. Londrina: Edições Humanidades, 2007

NOGUEIRA, H; REMOALDO, P. C. **Olhares geográficos sobre a saúde**. Lisboa: Edições Calibre, 2010.

OLIVEIRA, A. De la geografia médica a la geografia de lasalud. In: OLIVEIRA, A. **Geografia de lasalud**. Madrid: Editorial Síntesis, 1993.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Environmental health criteria: principles and methods for the assesment of risk from essential trace elements**. Geneva: OMS, 2002.

PARANÁ. **Instituto Água e Terras. Mapas e dados espaciais**. Curitiba: IAT, 2008; 2010; 2018. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em: 18 set. 2020.

PEITER, P. C. **Geografia da Saúde na Faixa de Fronteira Continental do Brasil na Passagem do Milênio**. 2005. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA, S. A. **Teores de nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG): análise na região do norte pioneiro do estado do Paraná**. 2021. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

PINESE, J. P. P.; MARTINS JUNIOR, J. C. G. Riscos ambientais geogenéticos na utilização das águas subterrâneas para o consumo humano sem análise geoquímica prévia. *In*: CARVALHO, M. S. (org.). **Geografia, meio ambiente e saúde em Londrina**. Londrina: Edições Humanidades, 2005. p. 133-164.

PINESE, J. P. P.; ROSS, A.; ALVES, J. C. Paisagens e territórios urbanos de risco à saúde bucal balizadas pelos teores de flúoretos naturais em águas subterrâneas de abastecimento público em Londrina- PR (Brasil). *In*: YAMAKI, H.; CUNHA, L. (org.). **Paisagem e território: expedições**. Londrina: EDUEL, 2019. p. 63-75.

PINESE, J. P. P.; STIPP, N. A. F.; OLIVEIRA, J. A geologia e os recursos minerais no curso inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi-PR. *In*: STIPP, N. A. F. (org.). **Sociedade, natureza e meio ambiente no Norte do Paraná: a porção inferior da Bacia hidrográfica do rio Tibagi-PR**. Londrina: EDUEL, 2000. p. 11-32.

PINESE, J.P.P.; DEUS, A. G.; CUNHA, L. J. S.; SANTOS, W. S.; ALVES, J. C. O consumo de flúor em águas superficiais e territórios de risco para a saúde humana na região nordeste do Paraná. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 22, p. 88–105, 2021.

PIRES, E. O. **Geografia da saúde e geologia médica como instrumentos de planejamento e gestão em saúde ambiental: o caso das anomalias de flúor e da fluorose dentária em Itambaracá – PR**. 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ 3: diagnóstico das disponibilidades hídricas subterrâneas. Cascavel: Unioeste, 2014.

ROJAS, L. I. Geografia y salud: temas y perpectivas em América Latina. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p. 701-711, out./dez. 1998.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: Editora Unesp, 2006.

ROSS, A. **Espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor e águas superficiais e subterrâneas em Londrina- Pr (2008-2012)**. 2015. 216 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

SANTOS, W. S. **O flúor na porção norte da bacia hidrográfica do Rio da Cinzas-PR: qualidade das águas subterrâneas sob a ótica da geografia da saúde**. 2019. 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

SHAHAB, S.; MUSTAFA, G.; KHAN, I.; ZAHID, M.; YASINZAI, M.; AMEER, N.; ASGHAR, N.; ULLAH, I.; NADHMAN, A.; AHMED, A.; MUNIR, I.; MUJAHID, A.; HUSSAIN, T.; AHMAD, M. N.; AHMAD, S. S. Effects of fluoride ion toxicity on animals, plants, and soil health: a review. **Research Review Fluoride**, v. 50, n. 4, p. 393-408, 2017.

TOASSI, R. F. C.; ABEGG, C. Fluorose dentária em escolares de um município da serra gaúcha. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 652-655, mar./abr. 2005

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 20, 2005.

VENTURINI, C. Q.; NARVAI, P. C.; MANFREDINI, M. A.; FRAZÃO, P. Vigilância e monitoramento de fluoretos em águas de abastecimento público: uma revisão sistemática. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 4, p. 972-988, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2016000400972&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000400972&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 3 jul. 2020.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Dados utilizados para a elaboração dos mapas – obtidos das amostras do SAA (2014-2018).

Médias de Fluoreto (mg/L) e Desvio Padrão (mg/L) por municípios nos períodos chuvoso e seco entre 2014-2018																				
Ano Períodos Municípios	2014				2015				2016				2017				2018			
	Chuvoso	Desvio Padrão	Seco	Desvio Padrão	Chuvoso	Desvio Padrão	Seco	Desvio Padrão	Chuvoso	Desvio Padrão	Seco	Desvio Padrão	Chuvoso	Desvio Padrão	Seco	Desvio Padrão	Chuvoso	Desvio Padrão	Seco	Desvio Padrão
Alvorada do Sul	0,310	0,177	0,200	0,213	0,920	0,460	0,903	0,536	0,533	0,354	0,431	0,206	0,488	0,120	0,474	0,153	0,624	0,051	0,408	0,150
Bela Vista do Paraíso	-	-	-	-	0,534	0,146	-	-	1,041	0,305	0,634	0,070	0,698	0,320	0,715	0,240	0,765	0,139	0,665	0,106
Cafeara	0,180	0,180	0,680	0,198	0,830	0,054	0,708	0,284	0,713	0,061	0,616	0,102	0,813	0,361	0,782	0,363	0,811	0,184	0,683	0,296
Centenário do Sul	1,040	0,184	0,540	0,383	0,782	0,142	0,940	0,250	0,880	0,217	0,791	0,185	0,743	0,328	0,926	0,231	0,977	0,183	0,848	0,233
Florestópolis	0,540	0,182	0,660	0,194	0,721	0,045	0,727	0,185	0,763	0,128	0,628	0,121	0,663	0,372	0,872	0,204	0,722	0,231	0,679	0,304
Guaraci	0,500	0,117	0,420	0,364	0,703	0,198	0,742	0,039	1,037	0,262	0,622	0,357	0,718	0,310	0,903	0,401	0,970	0,156	0,762	0,233
Jaguapitã	0,350	0,320	-	-	0,485	0,090	1,205	0,444	0,659	0,263	0,478	0,153	0,582	0,108	0,392	0,093	0,702	0,215	0,703	0,069
Lupionópolis	-	-	0,090	0,017	0,649	0,140	-	-	1,186	0,314	0,851	0,056	0,932	0,004	1,001	0,148	-	-	-	-
Miraselva	-	-	-	-	0,055	0,080	-	-	-	0,069	0,045	0,006	-	-	-	-	0,064	0,011	-	-
Pitangueiras	0,080	0,149	0,600	0,216	0,604	0,122	0,687	0,165	0,924	0,314	0,842	0,280	0,728	0,263	0,931	0,167	0,943	0,289	0,801	0,337
Porecatu	0,390	0,174	0,640	0,203	0,624	0,193	0,650	0,223	0,863	0,162	0,758	0,112	0,799	0,241	0,913	0,155	0,675	0,415	0,702	0,393
Prado Ferreira	0,240	0,404	0,260	0,332	1,190	0,724	0,977	0,581	0,705	0,349	0,111	0,059	0,439	0,547	0,626	0,626	0,065	0,002	0,255	0,236
Primeiro de Maio	0,590	0,278	0,740	0,103	0,374	0,186	0,977	0,305	0,979	0,257	0,560	0,281	0,776	0,141	0,801	0,228	0,891	0,015	0,851	0,215
Sertãoópolis	0,680	0,101	0,650	0,183	0,471	0,303	0,685	0,098	0,554	0,148	0,485	0,091	0,543	0,245	0,591	0,405	0,707	0,514	0,569	0,306

Fonte: SISAGUA (2018), organizado pelo autor (2023).