



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ALINE ROSS

ESPAÇOS DE RISCO À SAÚDE BUCAL POR TEORES DE
FLÚOR EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS EM
LONDRINA - PR (2008 - 2012)

Londrina
2015

ALINE ROSS

**ESPAÇOS DE RISCO À SAÚDE BUCAL POR TEORES DE
FLÚOR EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS EM
LONDRINA – PR (2008 – 2012)**

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

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese.

Londrina
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R823e Ross, Aline.
Espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor em águas superficiais e subterrâneas em Londrina - pr (2008 - 2012) / Aline Ross. -\a Spaces of risk for oral health by fluoride levels on superficial and groundwater in Londrina - PR (2008 - 2012) Londrina, 2015.
216 f. : b il.

Orientador: José Paulo Peccinini Pinese.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro De Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2015.

1. A geografia médica. 2. A doenças causadas pelo ambiente. 3. Água - Fluoretação - Paraná. 4. hidrogeoquímica. 5. Saúde pública - Geografia - Paraná. 6. Saúde bucal. 7. Medical geography. 8. Environmentally induced diseases. 9. Water - 10. Fluoridation. 11. Hydrogeochemistry. 12. Public health - 13. Geography. 14. Oral health care. I. Ross, Aline. II. Pinese, Jose Paulo. III. Título.

CDU 911.3:614

ALINE ROSS

**ESPAÇOS DE RISCO À SAÚDE BUCAL POR TEORES DE FLÚOR
EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS EM LONDRINA – PR
(2008 – 2012)**

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

BANCA EXAMINADORA

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

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

Prof. Dr. Christovam Barcellos
Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ

Londrina, 03 de agosto de 2015.

*À minha família, pelo apoio e dedicação.
Ao Rafael Barros e amigos, pelo companheirismo.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus, pela capacidade e oportunidade concedida.

Ao orientador José Paulo Peccinini Pinese, pelos conhecimentos e orientações transmitidos em mais um trabalho.

Aos professores André Celligoi e Christovam Barcellos por terem aceito o convite para somar à pesquisa através da banca.

À CAPES, pelo suporte financeiro ao longo do último ano.

À Fundação Araucária do Paraná pelo suporte financeiro através dos projetos da Fundação Araucária 15.880, 19.733 e 25.247.

Ao professor Dr. João C. Alves do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina e à professora Dr^a. Jacinta Sanchez Pelayo do Departamento de Bioquímica por corroborarem com o projeto através da avaliação da concentração de íons de fluoreto nas amostras, bem como pelos esclarecimentos a cerca do processo. À equipe da Vigilância Sanitária de Londrina que permitiu a utilização das amostras de água.

À professora Márcia Siqueira de Carvalho pelos saberes de Geografia da Saúde compartilhados.

À Camila de Vasconcelos Muller Athayde pela atenção e discussões que muito auxiliaram na metodologia estatística.

Ao Antonio Carlos Ajarilla pela atenção e informações concedidas acerca das fontes de abastecimento de água no município.

Aos professores do Departamento de Geociências que ao longo do curso contribuíram de forma significativa para minha formação profissional e social, em especial as professoras Rose Lima e Alice Yatiyo.

Ao Carlos Eduardo das Neves, minha dupla de trabalho e estudos, que tornou-se um grande amigo. Você é fera Dr. Neves!

Às companheiras ímpares da graduação e mestrado Carolina Nunes França e Naibi Souza Jayme que além da amizade somaram conhecimentos e incentivos durante o trabalho.

Aos colegas do Grupo de Estudos Hidrogeoquímicos Aplicados à Saúde, pelas construtivas trocas de saberes e pelo auxílio quando necessidade, Angela Golono de Deus, Douglas Ambiel Gil e Alan Alves Alievi. Também aos integrantes Pedro Lima Lacerda e Gabriel Pachá que cooperaram com parte da organização dos dados de atributos.

Aos amigos biólogos, Paula Melges Felix e Bruno Castelo Branco Damiani por todo incentivo, conselho e experiência acadêmica transmitidos. E aos futuros mestres e biólogos, Débora Menezes, Weslei Andrade, Luane Alves e Mailson Gabriel pelas conversas mais que interdisciplinares, principalmente nos momentos de espera pelo nosso almoço. Viva o RU!

À minha antiga equipe de trabalho que foi indispensável no meu primeiro ano de mestrado e que hoje se consolidou em amizades, Angélica, Débora, Jéssica e Lúcia.

À minha segunda família, formada por Ricardo de Barros e Juliana Campos de Barros que me acolheram e me fortaleceram com muito carinho.

À minha mãe, Maria A. Ross, e ao meu irmão, Gustavo Cezar Ross, que estiveram presentes em todos os momentos com muito amor e paciência sem até mesmo entender ao certo as minhas escolhas e o que eu tanto fiz na UEL nos últimos sete anos.

Ao Rafael Campos de Barros, a quem não tenho palavras para agradecer o indispensável amor e companheirismo.

*O que une todas as disciplinas é o mundo.
Perdendo-se o mundo como elo central, perde-se a
unidade de pensamento dos problemas.
Milton Santos.*

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

RESUMO

Esta pesquisa objetivou identificar os espaços de risco à saúde bucal por exposição à teores de flúor na água de consumo, no município de Londrina, a partir de 1080 pontos amostrais de águas superficiais tratadas (666), subterrâneas tratadas (109) e subterrâneas naturais (305), coletadas durante os anos de 2008 e 2012. Os espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor correspondem ao conjunto de hábitos e costumes (fluoretação da água) que somados às características naturais do ambiente (teor natural dissolvido de flúor) podem expor a população a determinados agravos de saúde, por reunir concentração de flúor em água maiores que 0,8 mg/L (por excesso) ou menores que 0,5mg/L (insuficiência). Para a realização do presente trabalho foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos: levantamento bibliográfico, sistematização dos dados, estudo dos parâmetros e legislações vigentes, correlação com os índices adequados para consumo em Londrina (entre 0,5 e 0,8 mg/L), aplicação de estatística com percentis e a confecção de materiais cartográficos. Verificou-se trinta e um espaços de risco à saúde bucal por exposição a teores de flúor superiores a 0,8 mg/L, três por águas subterrâneas naturais (Centro Histórico e bairros Petrópolis e Champagnat), com a maior concentração (2,038 mg/L), e os demais por águas superficiais tratadas localizados nos bairros Cinco Conjuntos, Parigot de Souza, Antares, Lindóia, Leonor, União da Vitória, entre outros. Diversos espaços de risco por teores de flúor menores que 0,5 mg/L foram identificados, principalmente no Centro Histórico e demais áreas que utilizam-se de águas subterrâneas para abastecimento, seja tratada ou natural. Os espaços que não apresentam a possibilidade da manifestação da fluorose dentária por consumo, bem como são menos susceptíveis à manifestação da cárie dental na população são predominantemente espaços em que a água de consumo, superficial ou subterrânea, foi fluoretada, como nos bairros Cafezal, Parque das Indústrias, Califórnia, Brasília, Petrópolis, Alpes, Bandeirantes, entre outros. Embora as águas superficiais tratadas sejam as mais adequadas em relação ao consumo de flúor em água, 25% das amostras apresentaram teores superiores à 0,8 mg/L de flúor, que ao longo do tempo, pode comprometer a saúde bucal da população.

Palavras-chave: Geografia da saúde. Flúor. Hidrogeoquímica. Londrina.

ROSS, Aline. **Spaces of risk for oral health by fluoride levels on superficial and groundwater in Londrina-PR (2008 – 2012)**. 2015. 216 p. Dissertation (Masters in Geography) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

This research aimed to identify risk areas to oral health by exposure to fluoride levels in drinking water, in Londrina, by 1080 sampling points of treated surface water (666), treated groundwater (109) and natural groundwater (305), collected during the years of 2008 and 2012. Those areas correspond to the set of habits and custom (water fluoridation) that added to the natural characteristics of the environment (natural content of fluoride dissolved), can expose the population to certain health problems, for reunite the concentration of fluoride on bigger concentration than 0,8mg/L (by excess) or less than 0,5mg/L (insufficiency). For the realization of the present work were performed the methodological procedures: the bibliography, systematization of data, parameter studying and the present legislation, correlation with the suitable indices for consumption in Londrina (between 0,5 and 0,8 mg/L), statistical application with percentiles and the confection of cartographic materials. It was found thirty-one health risk areas by the exposition to a proportion of fluoride higher than 0,8 mg/L, three by natural groundwater (Historic Center and in the neighborhoods Petrópolis and Champagnat), with the bigger concentration of fluoride (2,038 mg/L), and the others for treated surface water are located in the neighborhoods Cinco Conjuntos, Parigot de Souza, Antares, Lindóia, Leonor, União da Vitória, among others. Various areas of risk for health by exposition to contents of fluoride less than 0,5mg/L were identified, mostly, in the Historic Center and other areas that used groundwater supply, whether treated or natural. The areas that do not show the possibility of demonstration of dental fluorosis by consumption are less likely to the demonstration of dental caries on the population are mostly areas that drinking water, superficial or groundwater, were fluoridated as at the neighborhoods Cafezal, Parque das Indústrias, Califórnia, Brasília, Petrópolis, Alpes, Bandeirantes, among others. Though surface treated waters are the most adequate in relation to the water consumption fluoride, 25% of the samples showed levels higher than 0.8 mg / L fluorine, which over time, can compromise oral health of population.

Key words: Geography of health. Fluoride. Hydrogeochemistry. Londrina.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Curva dose-resposta para um agente que apresenta limiar de segurança.	31
Figura 2	- Relação dose-resposta individual para uma substância essencial.....	31
Figura 3	- Diagrama de conexão entre a geoquímica das rochas e a fisiologia humana	33
Figura 4	- Difusão da Cólera na Ásia.	41
Figura 5	- Fluorose dentária registrada na Comunidade de Amargoso em Verdelândia – MG.	63
Figura 6	- Distribuição dos teores de flúor em águas fluviais no Paraná.	65
Figura 7	- Ocorrência de flúor em águas subterrâneas em várias partes do mundo baseado na literatura.....	69
Figura 8	- Níveis de manifestação da fluorose dentária.	74
Figura 9	- Localização da área urbana de Londrina-PR.....	90
Figura 10	- Bacias hidrográficas – Área urbana de Londrina	94
Figura 11	- Origem das águas de abastecimento dos bairros de Londrina-PR	96
Figura 12	- Mapa geológico estrutural da área urbana de Londrina.....	99
Figura 13	- Estruturas primárias de derrames da Formação Serra Geral, zonas e níveis correspondentes.	100
Figura 14	- Ano de coleta de todas as amostras de águas analisadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).....	113
Figura 15	- Distribuição das amostras de águas analisadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).....	118
Figura 16	- Concentração de flúor em águas superficiais tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).....	120
Figura 17	- Espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor (< 0,5 mg/L) em águas superficiais tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).	122

Figura 18 - Rendimento mensal, por salário mínimo: Cinco Conjuntos, Ouro Verde, Pacaembu, Parque das Indústrias e Leonor	124
Figura 19 - Espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor (> 0,8 mg/L) em águas superficiais tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).	125
Figura 20 - Espaços com teores de flúor adequado (0,5-0,8 mg/L) em águas superficiais tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).....	127
Figura 21 - Percentil das águas superficiais tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).	129
Figura 22 - Águas subterrâneas tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).....	131
Figura 23 - Percentil das águas subterrâneas tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).	133
Figura 24 - Águas subterrâneas naturais – Área urbana de Londrina (2008-2012).....	136
Figura 25 - Percentil das águas subterrâneas naturais – Área urbana de Londrina (2008-2012).	140
Figura 26 - Variabilidade da concentração de flúor em águas subterrâneas tratadas da área urbana de Londrina (2008-2012).....	142
Figura 27 - Variabilidade da concentração de flúor em águas subterrâneas naturais da área urbana de Londrina (2008-2012).....	143
Figura 28 - Variabilidade da concentração de flúor no Ponto 24 (água subterrânea natural).	144
Figura 29 - Taxas percentuais das águas amostradas conforme a concentração de flúor.	145
Figura 30 - Espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor em águas superficiais e subterrâneas – Área urbana de Londrina (2008 - 2012)	147

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Elementos químicos e metais: essenciais, necessários, nível de traço e tóxicos	29
Quadro 2 - Minerais ricos em flúor associados com materiais graníticos (após Bailey, 1977).	59
Quadro 3 - Efeitos do flúor sobre a saúde humana.	71
Quadro 4 - Fluorose dental é óssea e concentração de F- na água de abastecimento público.	72
Quadro 5 - Índice CPO-D nos anos de 1958 e 1968 de Curitiba, ante e após exposição contínua à água de fluoretada no abastecimento público.	83
Quadro 6 - Parâmetro dos elementos inorgânicos em água para consumo humano.	88
Quadro 7 - Resumo climatológico de Londrina (1976-2013).....	92
Quadro 8 - Resumo estatístico dos parâmetros químicos da água do SASG	104
Quadro 9 - Correlação das concentrações de flúor para Londrina-PR e seus efeitos sobre a saúde humana, segundo Brasil (1975), Licht, Morita e Travainen (1996) e Cortecci (2014),	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Concentração de flúor nas águas naturais	61
Tabela 2 -	Estimativa do percentual (%) de flúor ingerido pelo consumo de diferentes grupos de alimentos.	68
Tabela 3 -	Índice de Dean sobre os aspectos estéticos dos esmaltes dos dentes.	81
Tabela 4 -	Relação entre a média das temperaturas máximas diárias do ar e os limites recomendados para a concentração de íon fluoreto na água.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIDS	Síndrome da imunodeficiência adquirida
AIQA	Avaliação Integrada da Qualidade de Água
AL	Estado de Alagoas
Al	Alumínio
As	Arsênio
°C	Graus Celsius (medida de temperatura)
C	Carbono
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cfa	Tipo Climático Subtropical Mesotérmico Úmido
Cl	Cloro
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
CPO-D	Dentes cariados, perdidos e obturados
CPFM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Co	Cobalto
CO ₂	Formula química do dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
CTNP	Companhia de Terras do Norte do Paraná
Cu	Cobre
DBOS	Demanda bioquímica de oxigênio
DEPDE	Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente
DRM-RJ	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro
E	Leste
EUA	Estados Unidos da América
F	Íon flúor
Fe	Ferro
GPS	Global Positioning System
H	Hidrogênio

Ha	Hectare
Hg	Mercúrio
H ₂ O	Formula química da composição da água
I	Iodo
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IDW	Inverse Distance Weighted
Kcal	Quilocaloria
Km	Quilômetro
Li	Lítio
L/s	Litros por segundo
M	Metros
m/s	Metros por segundo
m ³ /h	Metro cúbico por hora
mg/L	Miligramas por litro
ml	Milímetro
mm	Milímetros
Mo	Molibdênio
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
Nº	Número
Ni	Níquel
Na	Sódio
NE	Nordeste
NW	Noroeste
O	Oxigênio
OH ⁻	Hidroxila
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Fósforo
Pb	Chumbo
pH	Potencial hidrogênico da água
PIB	Produto Interno Bruto
ppm	Partes por milhão

PR	Estado do Paraná
Pu	Plutônio
RML	Região Metropolitana de Londrina
S	Enxofre
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SAG	Sistema Aquífero Guarani
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
Sb	Antimônio
SE	Sudeste
Si	Silício
SIAB	Sistema de Informação da Atenção Básica
SIG	Sistema de Informação Geográfica
Sn	Estanho
SS	Secretaria da Saúde
SURHMA	Companhia Riograndense de Saneamento
SUREHMA	Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente
SW	Sudoeste
µg/g	Micrograma por grama
UBS	Unidade Básica de Saúde
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UTM	Universal Transversa de Mercator
V	Vanádio
VMP	Valor máximo permitido
W	Oeste
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	RELAÇÃO ENTRE AMBIENTE E SAÚDE	23
2.2	ELEMENTOS QUÍMICOS E A SAÚDE HUMANA	28
2.2.1	A Água e o Solo: Considerações Sobre os Elementos Químicos e a Saúde Humana	32
2.3	CONTRIBUIÇÕES DA GEOGRAFIA MÉDICA E DA GEOGRAFIA DA SAÚDE	37
2.3.1	Topografia Médica e Geografia Médica	38
2.3.2	Do declínio ao ressurgimento: Geografia Médica	44
2.3.3	A Nova Geografia da Saúde	48
2.4	ESPAÇOS DE RISCO E SAÚDE	52
2.5	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O FLÚOR	58
2.5.1	Caracterização Físico-química	58
2.5.2	Flúor em Ambientes Naturais	59
2.5.3	Ocorrência de Flúor no Brasil	62
2.5.4	Fontes de Poluição por Flúor	66
2.5.5	Efeitos do Flúor na Saúde Humana	68
2.5.5.1	Metabolismo: absorção, distribuição e excreção	70
2.5.5.2	Flúor e saúde bucal	71
2.5.5.3	Fluorose óssea	76
2.5.6	Históricos de Fluoretação das Águas de Abastecimento Público	78
2.5.6.1	A fluoretação no sistema de abastecimento público: Brasil e Paraná	82
2.5.7	Parâmetros e Legislação Vigentes Acerca da Quantidade de Flúor em Água Para Consumo	85
3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOCIOECONÔMICAS DE LONDRINA	90
3.1	ASPECTOS FISIOGRÁFICOS	90

3.1.1	Localização	90
3.1.2	Clima	91
3.1.3	Hidrografia	93
3.1.31	Abastecimento.....	95
3.1.4	Caracterização Geológica.....	98
3.1.4.1	Aquífero serra geral	100
3.1.4.2	Abastecimento.....	104
3.1.5	Geomorfologia.....	105
3.1.6	Solos.....	106
3.1.7	Vegetação	107
3.2	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	108
4	MATERIAS E MÉTODOS	112
5	RESULTADOS	117
5.1	ÁGUAS SUPERFICIAIS TRATADAS.....	119
5.1.1	Análise Estatística Univariada das Águas Superficiais Tratadas	128
5.2	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS TRATADAS DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL	130
5.2.1	Análise Estatística Univariada das Águas Subterrâneas Tratadas	132
5.3	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NATURAIS DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL	134
5.3.1	Análise Estatística Univariada das Águas Subterrâneas Naturais	139
5.4	A VARIABILIDADE DA CONCENTRAÇÃO DE FLÚOR EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	141
5.5	DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS	144
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
	REFERÊNCIAS	151
	APÊNDICES.....	168

APÊNDICE A – Tabulação das Amostras Analisadas	169
APÊNDICE B – Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2008)	201

APÊNDICE C	–	Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2009)	202
APÊNDICE D	–	Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2010)	203
APÊNDICE E	–	Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2011)	204
APÊNDICE F	–	Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2012)	205
APÊNDICE G	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2008)	206
APÊNDICE H	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2009)	207
APÊNDICE I	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2010)	208
APÊNDICE J	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2011)	209
APÊNDICE K	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2012)	210
APÊNDICE L	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2008)	211
APÊNDICE M	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2009)	212
APÊNDICE N	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2010)	213
APÊNDICE O	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2011)	214
APÊNDICE P	–	Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2012)	215
APÊNDICE Q	–	Mapa – Londrina: Bairros e Regiões	216

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A fluorose dentária caracteriza-se como uma anomalia na mineralização do esmalte dos dentes com aspecto clínico que varia entre suave, com manchas esbranquiçadas em formas de linhas, e severo em que ocorrem manchas opacas esbranquiçadas ou de cor marrom com porosidade e desgastes excessivos nos dentes, podendo comprometer a qualidade de vida dos indivíduos através de mudanças nos aspectos funcionais, físico, mental, psicológico e estético. Essa doença ocorre, principalmente, em crianças e jovens, pois o flúor ataca severamente o esmalte durante o período de formação e calcificação dos dentes permanentes (FEJERSKOV et al., 1994; CORREA, 1998; CURY, 2001).

Na cidade de Londrina, que se constitui como a área de estudo da respectiva pesquisa, estudos identificaram a prevalência de fluorose dentária com baixa severidade em 91% das crianças residentes de todas as regiões da cidade, entre 9 e 12 anos de idade, de um número amostral de 434, que consumiram ao longo dos anos águas provenientes do abastecimento público (GONINI; MORITA, 2004).

A fluorose dentária, assim como a fluorose óssea, está diretamente associada ao consumo excessivo de flúor, ou seja, à ingestão de quantidades que ultrapassam o limite necessário às reações bioquímicas do organismo humano considerando-se um prolongado tempo, sobretudo, através da água, alimentos e produtos dentífricos. (CAPELLA, 1989; CURY, 2001; FEJERSKOV; et al., 1994).

Entretanto, o consumo de íons de flúor em quantidades ideais é benéfico à saúde, auxilia no desenvolvimento saudável dos ossos ao passo que inibi o desdobrimento de cárie nos dentes (CORREA, 1998; CURY, 2001; MARINHO et al., 2002; NARVAI et al., 2002). É com base nessa afirmação, com a comprovação da eficácia do flúor na redução da cárie, que a partir de 1974, por meio da promulgação da Lei nº 6.050 de 24 de maio, que se tornou obrigatório a fluoretação das águas de sistemas públicos de abastecimento (BRASIL, 2012), bem como a inclusão do flúor, enquanto uma

das substâncias químicas e parâmetros de potabilidade necessário a toda água destinada ao consumo humano (BRASIL, 2011).

Desse modo, torna-se indispensável a realização de estudos voltados à concentração de flúor em águas de abastecimento público e, principalmente, em águas subterrâneas, pois esta última fonte de água é muito representativa no abastecimento, sobretudo na região Sul do Brasil, onde 90% das cidades dos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul fazem uso das águas subterrâneas (COSTA, 2008).

A propósito, fatores naturais ligados à geologia local e fontes de poluição podem implicar na manifestação anômala de alguns elementos químicos dissolvidos em águas subterrâneas colocando em risco a saúde do homem e dos animais.

Nesse contexto, a pesquisa tem como objetivo geral reconhecer os espaços de risco à saúde bucal, cárie e fluorose, por teores de flúor em águas de abastecimento da área urbana de Londrina a partir de águas superficiais tratadas e águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral, tratadas e naturais, coletados entre 2008 e 2012. Considerou-se as concentrações de flúor menores que 0,5m/L como espaços de risco à cárie dental e maiores que 0,8mg/L como espaços de risco à fluorose dental, conforme a correlação das concentração de flúor em água para Londrina e seus efeitos sobre a saúde apresentados no capítulo "*Materiais e Métodos*", com base em Brasil (1975), Cortecchi (2014) e Cury (2001).

Como objetivos específicos pretendeu-se interpretar como o conceito de espaço contribui para as discussões em Geografia da Saúde, bem como em outras ciências que discutem temas de saúde, como a Epidemiologia; apresentar a Geografia da Saúde de forma transdisciplinar; demonstrar a relação do flúor em água e a saúde humana; verificar se há oscilação positiva ou negativa de íons de flúor nas amostras de águas, sobretudo das águas subterrâneas. Convém ressaltar, que o trabalho não tem maiores pretensões de justificar a manifestação das elevadas concentrações de flúor em águas subterrâneas, cabendo apenas sugerir áreas para novas pesquisas.

Para isso, tornou-se necessário os seguintes procedimentos metodológicos: 1) pesquisas bibliográficas sobre a temática “flúor, ambiente e saúde” nas áreas de Geologia Médica, Geografia da Saúde e Odontologia, bem como de dados cadastrais e bibliografias referentes à área de pesquisa; 2) estudos de parâmetros e legislações para água de consumo; 3) coleta das amostras de água pela Vigilância Sanitária de Londrina; 4) aplicação do método de potenciometria direta para estimar a concentração de flúor em água; 5) tabulação e organização dos dados com UTM aferidas junto ao Google Earth; 6) correlação dos dados amostrais com os valores entre 0,5 e 0,8 mg/L de flúor; 7) emprego de percentis; 8) elaboração de gráficos; 9) confecção dos mapas com o auxílio do programa ArcGIS 9.0®; 10) e por fim, a partir do resultado cartográfico, a identificação dos espaços de risco à saúde bucal por íons de fluoreto.

Através das leituras sobre conceitos de espaço (SANTOS, 2006) e de risco (CALDAS, 1999; CASTIEL, GUILAM; e FERREIRA, 2010) conclui-se que, o espaço de risco à saúde caracteriza-se como área que apresenta condições ou exposição de alguns fenômenos e/ou distribuição de agentes que são identificados como fatores de presença ou ausência de uma causa, agravo ou evento de saúde.

Assim, associando espaço de risco e o uso do flúor em águas, os espaços de risco no referente trabalho designam um conjunto de hábitos e costumes (fluoretação da água) somados às características naturais do ambiente (teor natural dissolvido de flúor) capaz de expor a população a determinados agravos à saúde (cárie dental, fluorose dentária, fluorose óssea, problemas gastrointestinais, entre outros), provendo também a estimativa de possíveis efeitos em diferentes níveis de exposição à saúde.

Os espaços de riscos à saúde bucal foram apontados por meio de um número amostral total de 1080, sendo 666 de águas superficiais tratadas, 109 águas subterrâneas tratadas e 305 de águas subterrâneas naturais.

O recorte temporal justifica-se pela possibilidade de correlacionar os espaços de risco identificados com a manifestação da fluorose dentária em crianças nascidas em 2007 (8 anos) e 2008 (7 anos),

uma vez que essas durante o período de odontogênese dos dentes permanentes consumiram água dos anos analisados. Ademais, a constatação de uma anomalia poderá ser confrontada com dados de outros anos, bem como verificar se houve oscilação positiva ou negativa de íons de flúor nas respectivas amostras de águas.

Desse modo, com base nos valores de íons de flúor em amostras de águas de consumo, referentes aos anos de 2008 a 2012, foram identificados os espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor na área urbana de Londrina, bem como os espaços que não apresentam a possibilidade da manifestação da fluorose dentária e são menos susceptíveis à manifestação da cárie dental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RELAÇÃO ENTRE AMBIENTE E SAÚDE

Como qualquer outro organismo vivo o homem tem no meio natural um conjunto de condições e elementos de ordem física, química e biológica que ofertam energias indispensáveis para a sua manutenção e reprodução. No entanto, o homem caracteriza-se por apropriar-se dos recursos naturais e explora-los de forma predatória, o que pode implicar na inviabilização do uso e extração desses recursos, ao longo do tempo, bem como promove uma série de impactos que colocam em risco a qualidade do ambiente e, por conseguinte a qualidade de vida da sociedade.

Augusto et al. (2003) afirmam que o modelo de desenvolvimento que vivemos, alicerçado na produção e no consumo, conduz à processos de insustentabilidades que explicam a intensa degradação ambiental que estamos vivenciando. Esses processos tiveram início com a industrialização somada à urbanização e foram acelerados e intensificados com os avanços tecnológicos.

Observa-se, assim, que o acentuado crescimento urbano, a saturação das infraestruturas de saneamento, o progressivo aumento no volume de produtos e o conseqüente uso de recursos e geração de resíduos, somados às limitações na organização e gestão do território têm levado ao incremento de uma série de impactos ambientais. Impactos como a erosão dos solos, o assoreamento dos rios, a poluição por agrotóxicos e resíduos no solo, o desmatamento da vegetação, a liberação de poluentes na atmosfera, entre outros que resultam em novos arranjos socioambiental responsáveis pela manifestação e dispersão de agravantes à saúde e à qualidade de vida da sociedade, a nível local e global.

Com isso, desencadeiam-se novas condições no ambiente que propiciam a disseminação de novos agentes etiológicos e alterações nos padrões epidemiológicos de doenças, a dengue, a febre amarela e doenças respiratórias, por exemplo (NAVARRO, et al., 2002). Barata (1997) destaca outras dinâmicas sociais importantes que somadas às alterações nos

ecossistemas têm influenciado na disseminação de agentes etiológicos e em alterações nos padrões epidemiológicos

Decorrentes do processo de envelhecimento, do crescimento populacional em determinadas condições, da mobilidade e da diferenciação e exclusão de determinados grupos (...) Novas situações de vida de segmentos populacionais submetidos a inúmeros riscos, tais como os moradores de rua, os migrantes e refugiados das guerras civis, os usuários de drogas e grupos marginalizados dos grandes centros urbanos e outros (BARATA, 1997, p. 533).

Esse contexto tem repercutido no aumentado significativo dos estudos, sobre a temática "saúde e ambiente", que objetivam discutir ações de intervenção, medidas preventivas para a mitigação de riscos e propostas de avaliação de riscos ambientais à saúde, na tentativa de auxiliar no desenvolvimento e aplicação de políticas públicas direcionadas à saúde.

Conforme Ianni (2000), a saúde e o ambiente são categorias construídas no jogo das relações sociais que abarcam a natureza e a vida. Portanto, a concepção e o conceito do que é saúde está associado ao próprio desenvolvimento ideológico e à instrumentalização de cada sociedade, configurando-se conforme o "momento político e das questões de saúde mais relevantes, em cada período e local geográfico" (RIBEIRO, 2004, p. 71).

De tal modo que ao longo da história muitas definições de saúde e ambiente foram cultivadas. Por isso, convém explicitar alguns conceitos que orientam o desenvolvimento do trabalho: ambiente, saúde e saúde ambiental.

Como qualquer outro conceito que não se limita a uma única interpretação, o "ambiente" está sujeito a ser designado de acordo com os interesses empregados. Sobre influência do modelo biomédico de saúde, concepção de meio ambiente como meio físico-biológico-climático assume-se de forma reducionista, consideram-se apenas os fatores físicos excluindo os fatores sociais e a subjetividades de cada sujeito, ou seja, ignora-se o homem no processo saúde-doença e considera-se apenas o ambiente eminentemente ecológico (LIMA, 2013).

Essa concepção de ambiente não permite aos estudos de saúde ambiental contemplar toda a dialética social a qual o ambiente está sujeito, nem mesmo as consequências dos reflexos que o contexto ambiental (re)transformado pode imprimir à saúde do homem. É pensando nessas circunstâncias que se adotou como referência a conceituação de Lima-e-Silva et al. (2002, p. 11) que descreve ambiente como o “conjunto de fatores naturais, sociais e culturais que envolvem um indivíduo e com os quais ele interage, influenciando e sendo influenciados por eles”. Nessa mesma perspectiva, o Ministério da Saúde (2002, p. 10) utiliza-se do conceito de Tambellini (1996), no qual o “ambiente é produzido por processos ecológicos conduzidos pela sociedade por meio das tecnologias e técnicas com as quais os humanos interagem com a natureza”. Assim, entende-se que o ambiente evidencia características sociais e naturais combinados ao espaço, onde o homem imprime as suas ações junto aos processos ecológicos naturais, resultando em um novo contexto socioambiental que por sua vez implica modificação ao homem.

Entre os conceitos aqui abordados, o de saúde constitui no mais difícil de ser definido ao se pensar na sua operacionalidade, enquanto definir e avaliar uma determinada doença, a incapacidade ou até mesmo a morte torna-se mais fácil (NOGUEIRA; REMOALDO, 2010).

O primeiro conceito de “saúde” aceito universalmente foi divulgado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 7 de abril de 1948 (data essa em que é celebrado o Dia Mundial da Saúde), e descreve que “saúde é o estado do mais completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de enfermidade” (SCLIAR, 2007, p. 37). Desde então, a OMS tem atribuído novas definições ao conceito de saúde, e a partir deste as obrigações dos Estados enquanto provedor de políticas públicas à população, de modo igualitário.

A concepção adotada nesse trabalho refere-se à conceituação da Organização Mundial da Saúde (apud STARFIELD, 2002), em que saúde é:

A medida em que um indivíduo ou grupo é capaz, por um lado, de realizar aspirações e satisfazer necessidades e, por outro, de lidar com o meio ambiente. A saúde é, portanto, vista como

um recurso para a vida diária, não o objetivo dela; abranger os recursos sociais e pessoais, bem como as capacidades físicas, é um conceito positivo" (OMS apud STARFIELD, p. 21, 2002)

Muito próximo ao conceito elaborado pela Organização Mundial da Saúde, Gatrell (2002) descreve saúde como

Tornar saudável significa a disponibilidade de recursos, tanto social quanto pessoal, que nos ajuda desenvolver nossas habilidades pessoais. Ou nós podemos pensar saúde como sendo mentalmente e fisicamente apto e capaz de funcionalidade efetiva para o bem da sociedade em geral¹.

Desse modo, a saúde deve ser entendida como um estado pessoal que permite a cada um objetivar e desenvolver ações diárias que contemplam suas necessidades junto ao meio ambiente, e para isto o provedor do "estado pessoal", o meio ambiente, deve estar em equilíbrio ecológico.

O campo que trata da inter-relação entre o ambiente e o padrão de saúde de uma população é referido como saúde ambiental (TAMBELLINI; CÂMARA, 1998; RIBEIRO, 2004). A saúde ambiental é atribuída como a área de atuação da Saúde Pública referente à formulação de políticas públicas e ações direcionadas às interações entre a saúde humana e os fatores do meio ambiente natural antrópico que a determinam, condicionam e influenciam com vistas a melhorar a qualidade de vida do ser humano de forma sustentável (BRASIL, 2007).

A operacionalidade da saúde ambiental admite interpretar que esta é o conjunto de políticas públicas e ações que garantem o desenvolvimento de processos e transformações necessárias para a combinação de condições e elementos de um ambiente ecologicamente equilibrado.

A estreita relação entre a saúde e o ambiente, de acordo com OMS refere-se aos

¹ Take health to mean the availability of resources, both personal and societal, that help us achieve our personal potential. Or, we might think of health as being physically and mentally "fit" and capable of functioning effectively for the good of the wider society (GATRELL, 2002, p.4)

Aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que estão determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Também se refere à teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar aqueles fatores do meio ambiente que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras (WHO, 1993 apud LIMA, p. 151, 2013).

A complexidade do ambiente e, também, da sociedade, uma vez que os fatores sociais são indissociáveis aos aspectos da saúde humana, expressam a amplitude da necessidade por ações de promoção e mitigação dos fatores e condições ambientais que possam gerar consequências à saúde e a qualidade de vida da população.

Assim, considerando a atual conjuntura, resultante do processo de globalização, o ambiente se torna ainda mais complexo e vulnerável. Por esse motivo, Miranda et al. (2008, p. 17) justificam que a saúde ambiental “hoje se consolida com um campo interdisciplinar, recebendo importantes contribuições das ciências sociais e humanas”. Nesse mesmo sentido, Tambellini e Câmara (1998) ao apresentarem as categorias de variáveis metodológicas (poluente, expostos, ambiente e infraestrutura) relacionadas à exposição e efeitos por poluentes ambientais, salientam que a abordagem em pesquisas de saúde ambiental devem ser inter ou transdisciplinar.

A Geografia enquanto ciência que estuda as relações entre sociedade e natureza caracteriza-se como uma área do conhecimento que pode contribuir nas análises de situações de riscos envolvendo o ambiente e a saúde. Logo, o geógrafo mostra-se como importante investigador na descoberta de novas e valorosas relações, na sugestão de novas hipóteses de investigação, no embasamento e avaliação de políticas de meio ambiente, saúde ambiental e saúde pública no âmbito de diferentes escalas (RIBEIRO, 2005).

Desse modo, procurou-se através das discussões que subsidiam os resultados da dissertação, apresentar, ainda que sucintamente, a importância da Geografia da Saúde e da Geologia no diagnóstico, identificação e promoção da saúde em pesquisas a cerca das condições

resultantes da relação ambiente-saúde, com destaque aos aspectos químicos da água e a saúde humana, com ênfase no elemento flúor.

2.2 ELEMENTOS QUÍMICOS E A SAÚDE HUMANA

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 quanto à concentração ingerida, pois quando em quantidades que ultrapassam o limite necessário às reações bioquímicas do corpo humano pode resultar em efeitos adversos à saúde.

A partir do teor de concentração presente no organismo humano, Figueiredo (2000) classifica os elementos químicos em quatro classes: 1) elementos essenciais à vida animal e vegetal que incluem C, H, O, N, Ca, P, K, Mg, Na, Cl e S; 2) necessários em nível de traços (em baixas concentrações no organismo) são o Fe, I, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Se, Cr, Ni, V, Si e As; 3) necessários em nível de ultratraços (em concentrações muito baixas no organismo) são Li, Al, F e Sn; 5) e não essenciais (tóxicos) incluem-se Pb, Hg e Cd .

Um elemento traço designa um elemento nutricionalmente significativo para os processos fisiológicos ou com potencial de toxicidade quando presente em concentrações baixas em tecidos, alimentos ou água potável (OMS, 1998). A OMS (1998) ainda aponta que casualmente o conceito de elemento traço aplica-se a concentrações de elementos que não ultrapassam 250 µg/g.

Para melhor apresentar a relação saúde e elementos químicos através da classificação de Walker et al. (1997), Araújo e Pinese (2006) organizaram um quadro de síntese intitulado "Elementos Químicos e Metais: essencialidade, necessidade e toxicidade", que aqui será exposto de forma simplificada (Quadro 1), visando afirmar a importância de tais elementos para o organismo humano e vegetal e o porquê das restrições quanto ao nível de concentração, composição, propriedades e o tempo de exposição

que se tem contato, ou seja, para que esses não sejam tóxicos ao organismo humano.

Quadro 1 - Elementos químicos e metais: essenciais, necessários, nível de traço e tóxicos

Elemnt.	Ocorrência no ambiente e utilização comercial	Benefícios à saúde	Malefícios à saúde humana (provocados por deficiência ou toxicidade).
Ca Elemento essencial	Fontes naturais: plagioclásios e o dióxido de silício. Fontes artificiais (usos): redutor de processos industriais, desulfurizante e decarbonizante. Na construção civil é utilizado no tratamento de água e outros processos industriais.	Essenciais à vida animal e vegetal. Desempenha importante papel na coagulação sanguínea, nas paredes celulares, fluidos do corpo e ossos.	Sua carência, no corpo humano, provoca raquitismo e osteoporose. Seu excesso pode provocar dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo, pedra nos rins e insuficiência renal.
Fe Elemento Necess. em nível de traço	Fontes naturais: rochas sedimentares; argilas, folhelhos e grauwacas. Fontes artificiais (usos): manufatura de ferro e aço.	Reações bioquímicas essenciais ao funcionamento do organismo humano. É parte da hemoglobina e complexos enzimáticos necessários à geração de energia e ao sistema imunológico.	Provoca anemia e prejudica a absorção de outros metais, se concentra no fígado e baço. Seu excesso provoca anemia falciforme, talassemia major, disfunção da absorção intestinal, hemocromatose hereditária e o aparecimento de doenças cardíacas e diabetes.
Al Elemento Necess. em nível de ultratraço	Fontes naturais: gábios, granitos e micaxistos.	É essencial aos mamíferos, promove o fortalecimento dos dentes e esqueleto.	Pode reduzir a assimilação de fosfato de flúor, provocar a osteomalacia e prejudicar a função renal. Foi detectado nas células cerebrais de pacientes com mal de Alzheimer.
Pb Elemento não essencial	Fontes naturais: em rochas sedimentares, nos feldspatos, micas, folhelhos. Fontes artificiais (usos): usado em baterias de veículos, revestimento de cabos elétricos e aços, aditivos de gasolina, solda, tintas e cerâmicas, borracha.		Altamente tóxico para humanos. Sua absorção provoca: câncer, comprometimento dos rins, do fígado, do coração, danos ao sistema nervoso, decréscimo dos glóbulos vermelhos, cegueira, baixo QI, anemia e retardamento mental

Fonte: Araújo e Pinese (2006).

Embora alguns elementos sejam mais nocivos ao ambiente e à saúde humana, qualquer elemento ingerido em altas dosagens de concentração pode se tornar perigoso à saúde humana, até mesmo os considerados essenciais à vida, sendo então imprescindível atenção quanto à

quantidade e tipo de elementos químicos dispostos nos alimentos e bebidas, principalmente quando se trata de elementos necessários em nível de ultratraços (em pequenas quantidades é benéfico, como o flúor) e não essenciais.

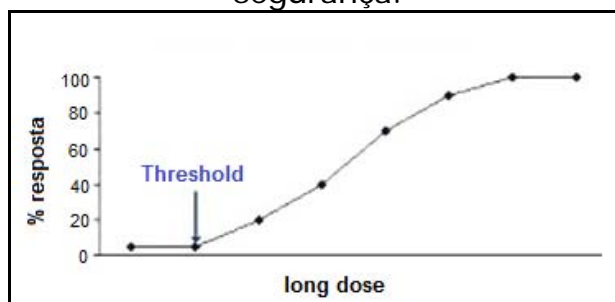
A toxicidade, segundo Figueiredo (2000), é a capacidade de um agente químico causar danos aos organismos vivos, seja uma alteração funcional ou até mesmo a morte. Esta pode caracterizar-se como aguda em que a manifestação de seus efeitos ocorre em até 96 horas ou toxicidade crônica quando a ingestão de pequenas doses se dá ao longo de muito tempo e os elementos vão se acumulando no organismo.

A OMS (1998) destaca que ao tratar-se da nocividade de qualquer composto químico sobre um organismo vivo torna-se importante considerar a dose, o tempo de exposição, a forma física e química dos elementos, a via de administração e absorção. Cabe ainda destacar, que além da ingestão como via de exposição aos elementos químicos Arcuri e Fernícola (2003) consideram, acerca da perspectiva da saúde, a inalação, a exposição ocular e o contato com a pele.

A relação entre determinado elemento químico e seus efeitos ao organismo humano pode ser representado pela dose-resposta individual que avalia a exposição a um agente e seu espectro de efeito, ou seja, a relação do sistema biológico com a quantidade de agente administrado (KLAASSEN; WATKINS, 2012).

A resposta de um organismo a diferentes quantidades de uma substância química pode apresentar resposta “graduada” como se observa na Figura 1 que ilustra a resposta a exposição de um elemento com liminar de segurança (“threshold”) que é ultrapassado, o que indica a manifestação da toxicidade.

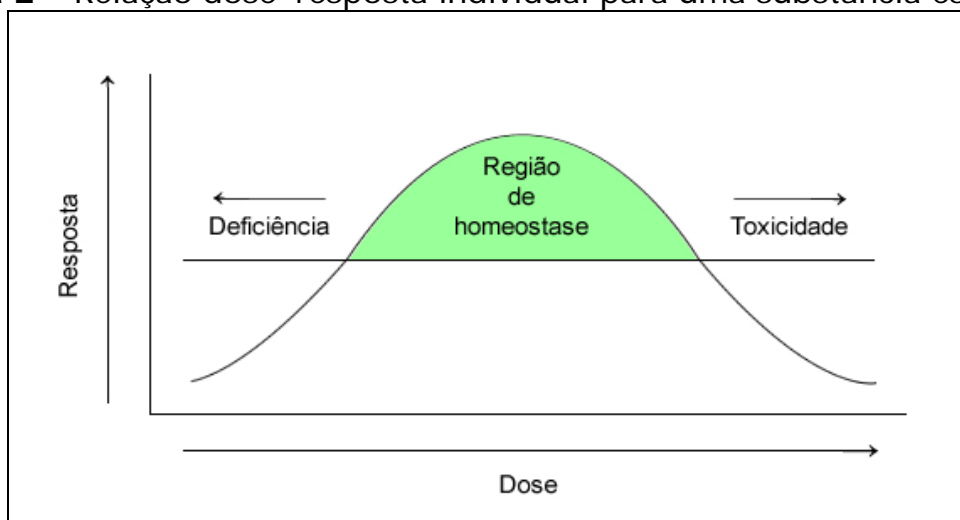
Figura 1 - Curva dose-resposta para um agente que apresenta limiar de segurança.



Fonte: UFRJ (2014).

Entre os demais exemplos de curva de dose-resposta cabe evidenciar a “relação dose-resposta individual para uma substância essencial, como uma vitamina ou oligoelemento” (Figura 2), que o elemento aqui estudado, o flúor, enquadra-se nesse modelo.

Figura 2 - Relação dose-resposta individual para uma substância essencial.



Fonte: Klaassen e Watkins (2012).

Com base nos estudos de Klaassen e Watkins (2012) é possível interpretar, referenciando-se ao flúor e seus efeitos sobre a saúde humana, que na “curva dose-resposta individual para substância essencial” a região de homeostase corresponde à faixa de dose necessária ao organismo para garantir os benefícios do elemento e não implicar na toxicidade, sendo então entre 0,5 e 07 mg/L de flúor, para o Brasil (CORTECCI, 2014; CURY, 2001). As doses abaixo da exigência mínima para garantir respostas benéficas ao organismo indicam a deficiência do elemento, tratando-se do flúor o

consumo de doses inferiores à 0,5 mg/L pode resultar na limitação do crescimento e tornar os dentes susceptíveis à cárie dentária (CORTECCI, 2004). Por fim, o consumo de doses que ultrapassam o limite de segurança pode ser associadas a respostas tóxicas, como evidenciado na manifestação da fluorose dental que surge como efeito do consumo de flúor em concentrações superiores a 0,7 mg/L (CURY, 2001).

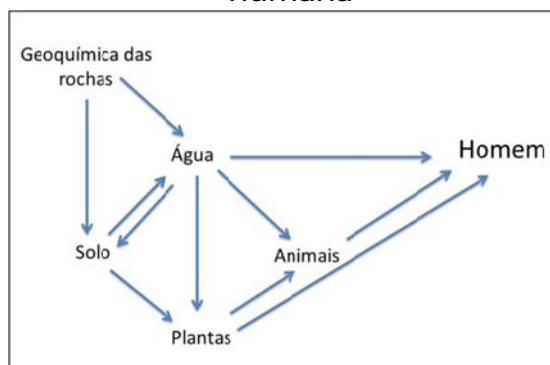
2.2.1 A Água e o Solo: Considerações Sobre os Elementos Químicos e a Saúde Humana

As preocupações quanto a qualidade e potabilidade das águas de consumo humano, pela OMS, Ministério da Saúde e de órgãos da área de saúde coletiva, deve-se ao fato da água ser um veículo transmissor de agentes infecciosos, sendo responsável por aproximadamente 65% das internações hospitalares no Brasil (BRASIL, 2005) e por algo entre 2 e 20% da ingestão dos elementos traço (ARAÚJO; PINESE, 2006).

A água propriamente pura em sua composição química (H_2O) só é possível a partir de técnicas de conservação e preparação em laboratório, mas como solvente mais abundante que possui capacidade de dissolver e reagir com outras substâncias orgânicas e inorgânicas ela incorpora minerais ao interagir com o solo, as rochas e outros meios nos quais circula (SANTOS, 1997).

Nesse sentido, Cortecci (2014) expõe que as águas superficiais e subterrâneas constituem-se nas mais importantes formas de conexão entre os elementos químicos do meio por onde circula e a fisiologia humana, isto porque os fatores geológicos e os processos geoquímicos que ocorrem no meio determinam a transferência dos elementos, da geologia local ao solo, à água, às plantas, aos animais (peixes, bois, porcos, galinhas, etc.) e ao homem através da ingestão da água e alimentos, especialmente, como se observa na Figura 3.

Figura 3 - Diagrama de conexão entre a geoquímica das rochas e a fisiologia humana



Fonte: Organizado de Cortecci (2014).

Os processos relacionados à movimentação dos íons e partículas de substâncias, como dispersão química, estabelece-se de acordo com a dinâmica de arranjos e rearranjos de elementos químicos sujeitos às influências químicas e físicas, seja no meio aquoso superficial ou subterrâneo. Assim, conforme as condições físicas e químicas, o ambiente superficial, também denominado de supérgeno, encontra-se em temperaturas e pressões mais baixas, maior circulação de fluídos, maior ou menor quantidade de oxigênio livre, água e CO_2 . Enquanto, o ambiente subterrâneo ou hipógeno está condicionado a altas temperaturas e pressão, pouco oxigênio livre e baixa circulação de soluções (LICHT, 1998).

É no ambiente hipógeno que ocorre grande parte das dispersões químicas e a caracterização hidrogeoquímica das águas, obviamente, deve-se ao fato de estarem em contato direto com as propriedades geoquímicas das rochas. Os conglomerados de minerais presentes nas rochas interagem com água que o percola, sofrendo o intemperismo e resultando na dissolução de íons que reagem com outras substâncias químicas. Assim, novos arranjos e rearranjos químicos são liberados ao meio ambiente, em especial à água subterrânea (ARAÚJO; PINESE, 2006). Por isso, pode-se dizer que a composição química das águas subterrâneas é produto das características químicas da geologia local e quanto maior seu tempo em circulação mais substâncias serão agregadas.

Conforme Mota (1995), muitas vezes as águas de meios hipógenos podem estar conectadas com águas dos meios supérgenos. A primeira podendo ser a responsável pela recarga dos cursos d'água e

reservatórios superficiais, ou em outro momento, as águas superficiais serem as provedoras das águas subterrâneas através da área de recarga dos reservatórios. Desse modo, a comunicação entre as águas superficiais e subterrâneas torna-se um grande desafio ao que diz respeito a sua qualidade, em especial quando sofrem modificações em sua composição por ações antrópicas que em geral estão associadas a práticas agrícolas indiscriminadas, a extração de minérios, ao despejo de efluentes domésticos, industriais, ao chorume e ao necrochorume.

Nesse sentido, Santos (1997) destaca que o estudo hidrogeoquímico, que tem por objetivo identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos presentes nas águas subterrâneas, associados ao meio físico, é imprescindível para estabelecer padrões de qualidade da água, classificando-a conforme o seu uso.

A água e o solo interagem no mesmo ambiente e estabelecem dinâmicas entre si. Ao infiltrar no solo a água atravessa diversos substratos horizontais até se alojar nas zonas saturadas e ocupar os espaços porosos, fraturas ou espaços vazios da matriz rochosa ou sedimentosa do solo (PINESE; MARTINS JÚNIOR, 2005). Todo esse processo de deslocamento acaba garantindo a depuração da água, sendo o solo uma espécie de filtro que retém grande parte de suas impurezas.

No entanto, a capacidade de depuração do solo é limitada, e assim como a água o solo também está sujeito às ações antropogênicas (efeito cumulativo da deposição de poluentes atmosféricos, aplicação indiscriminada de defensivos agrícolas e fertilizantes, disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos e outras atividades de usos e ocupações do solo potencialmente poluentes) que interferem em outras características químicas (CETESB, 2014).

Logo, o mesmo mecanismo de transporte de água no solo que retém suas impurezas pode ser meio de circulação de poluentes ou contaminantes presentes na superfície do solo que pode ser absorvido, arrastado pelo vento ou pelas águas do escoamento superficial, ou lixiviado pelas águas de infiltração, passando para as camadas inferiores e atingindo

as águas subterrâneas (CETESB, 2014). Dessa maneira, todas as dinâmicas que ocorrem no solo atuará na qualidade, bem como na composição química das águas subterrâneas e superficiais.

Os componentes minerais que se desprendem das rochas e passam a compor o solo, somados aos elementos químicos provenientes de ações antropogênicas são lixiviados pela água ou facilmente absorvidos pelos vegetais. Desse modo, o solo atua de forma indireta na saúde humana e animal por meio do consumo de alimentos que carregam as propriedades geoquímicas do solo e da água.

Essa conexão da geoquímica das rochas e do solo com a fisiologia animal através da alimentação tem início com as plantas (produtores na cadeia alimentar) que podem assimilar os elementos químicos do solo e da água de irrigação e transferi-los os seres vivos interligados por relações de alimentação. Estes seres bióticos e abióticos tornam-se também indicadores do quimismo da região em que se encontram, sendo em alguns casos, a manifestação doenças atrelada às faixas geológicas litologicamente anômalas ou às poluições geogenéticas e tecnogenéticas (MARTINS JÚNIOR; PINESE, 2003).

Visando corroborar com a assertiva, cita-se a anomalia geogenética em Bangladesh em que estudos hidrogeoquímicos estabeleceram que as altas concentrações de arsênio presentes nas águas subterrâneas de poços profundos, estas consumidas sem qualquer tratamento ou análise de potabilidade e qualidade, estavam associadas à composição geoquímica do solo devido a estrutura geológica rica em minerais como arsenopiritas, a extração mineral e a agricultura. Acerca dessas condições, houve no país uma expressiva incidência de casos de mortalidades e morbidades por neoplasias e outras enfermidades (DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009). Outro estudo que expõe o vínculo direto entre a geologia e a composição das águas subterrâneas junto a saúde é o de Smith et al. (2000) que analisa em Chiu Chiu, onde evidenciou-se que o consumo de águas subterrâneas com 750-800 mg/L de arsênio induziu a manifestação de lesões cutâneas, mudanças definitivas de pigmentação,

alterações de pigmentação e queratoses nas palmas das mãos e nas solas dos pés.

Araújo e Pinese (2006) apontam que a composição química do solo tem como condicionantes, além seu material de origem (litologia das rochas), os fatores que atuam na captação de elementos específicos, sendo eles a acidez ou alcalinidade, irrigação, industrialização ou urbanização. Como exemplo, os autores citam a irrigação com águas ricas em ferro que tornam a captação de selênio mais restrita, e a perda do iodo em função da lixiviação dos solos ácidos arenosos, comprometendo a disponibilidade de selênio e zinco, ao mesmo tempo em que, potencializa a captação de alumínio, ferro e manganês pela plantação.

Corroborando para o exposto anteriormente, infere-se que em regra que os solos do tipo podzólicos, glaciais, arenosos quartzosos, e vermelhos têm carência de alguns elementos. Esta característica é fortemente associada à manifestação de doenças cardiovasculares e vasculares cerebrais. Os solos do tipo alcalino, salino e salino-alcalino possuem excesso de algum elemento que pode ocasionar doenças por envenenamento, como fluorose e arsenismo. Por outro lado, os solos ácidos úmidos pantanosos, turfosos e úmidos apresentam escassez de alguns elementos que quando não supridos ao homem pode resultar em patologias como a de Kaschin-Beck, a de Keshan, bócio endêmico e os carcinomas gástricos e hepáticos (LIN et al., 2004).

Dessa forma, evidencia-se a necessidade do equilíbrio geoquímico no meio ambiente, em especial nas dinâmicas de transferência dos elementos químicos das rochas ao solo, à água e, por conseguinte aos bióticos e abióticos, bem como a população.

Para atuar frente à essas questões a Geologia Médica, também conhecida como Geomedicina, que atua com questões referentes a relação entre fatores geológicos e problemas de saúde humana, animais e plantas (SELINUS, 2003), mostra-se indispensável a ciência e a sociedade. De tal maneira que a Geografia Médica a partir da distribuição geográfica de determinadas doenças procura subsídios na geologia subjacente à área para

apontar possíveis associações com as características físicas do ambiente (BOWMAN et al., 2003).

Essa interação entre a Geologia e a Geografia, em função da relação direta com as condições do ambiente e o uso de métodos cartográficos, as tornaram reconhecidas como uma sub-disciplina da Medicina, a Geomedicina, no qual estas ciências eram referências importantes aos estudos e investigações médicas (BOWMAN et al, 2003).

Em comum à Geografia Médica e a Geografia da Saúde, a Geologia Médica também é apontada como uma ciência ampla que requer a contribuição de diferentes áreas para que seus problemas investigativos sejam atenuados ou resolvidos (SELINUS, 2003).

Nesse sentido, torna-se essencial a integração desses conhecimentos na identificação e caracterização das gênese naturais ou artificiais de anomalias geogenéticas do solo, das águas subterrâneas e superficiais que possam estar articuladas com o excesso ou deficiência de minerais e elementos químicos inerentes às condições de saúde do homem e do ambiente.

2.3 CONTRIBUIÇÕES DA GEOGRAFIA MÉDICA E DA GEOGRAFIA DA SAÚDE

Visando interpretar a dinâmica do espaço pela ótica da saúde, a Geografia Médica emerge por meio da correlação e sistematização de informações de dimensões ambientais. Essa estreita relação entre a Geografia e a saúde se deu através do empreendimento dos conhecimentos epistemológicos, teórico-metodológicos e técnico da ciência geográfica aplicados pela Medicina, Epidemiologia, Saúde Pública e outras áreas ligadas à saúde da população. Nota-se ainda, que mais tarde, também, passou-se a incorporar os conhecimentos da Geografia Humana.

Desse modo, torna-se imprescindível um breve resgate de como a Geografia Médica e a Geografia da Saúde foram se estruturando diante dos complexos objetos, ao passo que auxiliou as ciências médicas e incorporou seus saberes a esse ramo da Geografia.

2.3.1 Topografia Médica e Geografia Médica

As condições do meio ambiente e sua relação com a saúde vêm sendo abordada desde a antiguidade a partir do pensamento pré-socrático de Alcmeón, no qual a saúde é entendida como o equilíbrio entre as forças da natureza (*isonomia tōn dynámeōn*), como as condições climáticas, e, a doença resultante do predomínio de uma força (*monarkhía*) que colocaria fim à harmonia, ao equilíbrio das forças da natureza (VIEITES; FREITAS, 2007).

Com referência na ideia de que o corpo humano deveria ser compreendido a partir dos elementos e qualidades do ambiente, Hipócrates conclui que o corpo humano e o espaço que o circunda devem ser entendidos através dos elementos da natureza (ar, terra, fogo e água) e qualidades do clima (frio, quente, seco e úmido) e que qualquer mudança na constituição da natureza repercutiria no corpo integrado a esse (VIEITES; FREITAS, 2007). Portanto, as doenças são sintomas, uma reação do corpo à natureza.

Em sua obra "*Dos ares, das águas e dos lugares*", Hipócrates evidencia que o modo de vida dos indivíduos e as condições do ambiente, o vento, a temperatura e a qualidade das águas, poderiam favorecer ou não no desenvolvimento de doenças e seu tratamento. Nesse sentido, Edler (2011) destaca que a obra de Hipócrates teve como objetivo instruir os médicos quanto ao ambiente e seus tipos de doenças e na elaboração de um tratamento mais adequado, através de seus apontamentos acerca da necessidade de considerar as naturezas das doenças, ou melhor, as características do clima, a qualidade da água, o regime alimentar e os costumes dos habitantes de determinada localidade.

Até o momento a visão ecológica sobre as doenças foi predominante, e trouxe contribuições importantes para se pensar o meio ambiente como fator atuante na disseminação de agentes etiológicos e nos padrões epidemiológicos.

Nessa perspectiva, Lacaz (1972) considera Hipócrates o precursor da Geografia Médica, embora não tivesse acesso às tecnologias de

pesquisa, atentava para a necessidade de considerar a dimensão espacial, ou melhor, o local de ocorrência de determinadas moléstias para compreender a relação do organismo humano com o meio e os processos de saúde-doença.

O pensamento hipocrático promoveu a cientificidade aos estudos médicos ao passo que rompeu com a concepção mítica das doenças. No entanto, a medicina racional é ignorada. Na Idade Média as doenças são novamente atribuídas às causas sobrenaturais, principalmente, à religião que afirmava a existência de conexão entre o pecado e a doença, como se esta fosse o resultado de uma condenação, um castigo (DUTRA, 2011; BATISTELLA, 2013).

Consequentemente, essa dualidade entre a realidade e a espiritualidade (valores e crenças) trouxe retrocesso aos estudos das doenças e distanciamento das dinâmicas e elementos do meio ambiente na correlação com as doenças.

Entre os séculos XVIII e XIX, com as grandes navegações, as características físicas do território são novamente vinculadas aos fenômenos endêmicos e epidemiológicos, mas por razões geopolíticas dos países europeus. Estes através dos "levantamentos médico-geográficos" tinham por finalidade informar aos colonizadores e aos exércitos sobre as ameaças à saúde nas terras desconhecidas, ou seja, conhecer para então conquistar e dominar novos territórios (PEITER, 2005; MAZZETO, 2008; DUTRA, 2011).

Pessôa (1960) afirma que essa linha de investigação, a Geografia Médica a serviço dos interesses geopolíticos, também esteve atrelado às primeiras pesquisas científicas brasileiras. O meio ambiente e a ocorrência de doenças, sobretudo as moléstias tropicais presentes na Amazônia e no Centro-oeste, foram objeto de 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 implementação de projetos, sem nenhuma preocupação com os problemas socioambientais e de saúde na região (PESSÔA, 1960).

Durante a expansão imperialista, período de maior desenvolvimento da Geografia Médica (PESSÔA, 1960), os "levantamentos

médico-geográficos" apresentavam informações descritivas acerca dos novos territórios. Segundo, Edler (2011) nas observações eram mais destacados os aspectos meteorológicos, principalmente quando foram criados instrumentos de medição (termômetro, barômetro, pluviômetro e aparelhos para mensurar a velocidade do vento e a composição química do ar) que passaram a ser utilizados em vários países europeus e suas colônias. No entanto, o mesmo autor destaca que o bom médico deveria estender suas observações, partindo de circunstâncias gerais até as particularidades do doente, comtemplando a hidrologia, a geologia, as habitações, a alimentação e bebidas, as atividades profissionais, a higiene pessoal, a sexualidade e outras particularidades do indivíduo.

Os estudos nos novos territórios constituíam-se em contextualizações da incidência de moléstias e investigações que objetivavam não apenas reunir informações acerca do ambiente de possíveis doenças, como também conhecer a medicina tradicional de outras culturas do tratamento de determinados males (PEITER, 2005; DUTRA, 2011). Assim, a clássica Geografia Médica que tem na distribuição espacial das doenças o seu objeto de estudo direcionou-se, na época, principalmente aos estudos das doenças infecciosas dos países tropicais (MAZZETO, 2008).

Segundo Lacaz (1972) as regiões tropicais possuem um caráter de exclusividade endêmica, sobretudo as doenças metaxênicas, em razão dos agentes etiológicos ou mecanismos de transmissão relacionados a determinadas condições bioclimáticas do ambiente tropical.

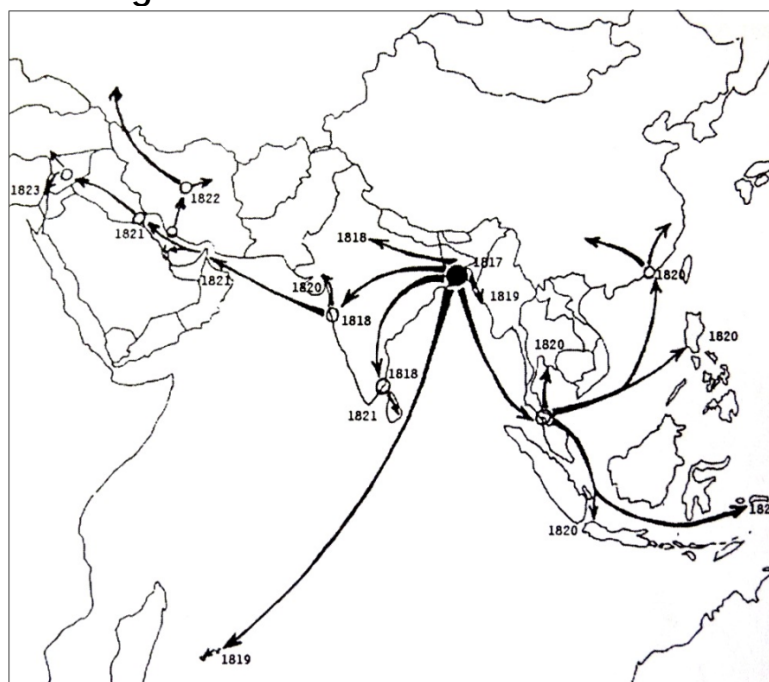
Ainda sobre a Geografia Médica desse período, parafraseando Lacaz et al. (1972), Vieites e Freitas (2007) destacam que esta foi de cunho determinista, pois relacionava os ambientes e grupos populacionais às áreas endêmicas sem considerar outras variáveis importantes para a ocorrência de uma doença específica.

A difusão dos recursos cartográficos possibilitou a realização de ensaios e estudos da distribuição regional de doenças, bem como da sistematização de informações do ambiente que auxiliaram médicos e sanitaristas durante o século XIX (MAZZETO, 2008). Desde então, essa técnica se tornou imprescindível aos estudos de Geografia Médica, como

também de Geografia da Saúde, pois aumentou a capacidade de organização, análise, avaliação, correlação e meio de informação de indicadores das condições ambientais e sociais referentes a uma determinada unidade espacial (BARCELLOS, 2008).

Dentre os primeiros trabalhos cartográficos de difusão de epidemias no espaço geográfico, tem-se o mapa com a espacialização das áreas endêmicas da cólera na Ásia e o movimento migratório datado da epidemia que se alastrava por outros países, desenvolvido por Moreau de Jonnès, em 1824 (Figura 4).

Figura 4 - Difusão da Cólera na Ásia.



Fonte: Trouez (2000 apud MAZETTO, 2008)

Através da concepção hipocrática, a qualidade de vida da população e os consequentes agravos à saúde são confrontados aos ambientes urbanos por médicos e sanitaristas, especialmente, nos grandes centros industriais que se tornaram espaços aglomerados, os quais não possuem as infraestruturas sanitárias condizentes ao contingente populacional. Essa realidade configurou-se entre os países que aderiram ao sistema de produção industrial, em especial nos países da Grã-Bretanha, França, Prússia, Estados Unidos (GUIMARÃES, 2001).

Augustus Petermann, geógrafo alemão radicado na Inglaterra, elaborou diversos mapas contendo a espacialização da concentração dos casos de cóleras. Em um dos seus trabalhos, o "Cartograma de Mortes por cólera em Londres (1832)", Petermann apontou que a distribuição da ocorrência dos óbitos estava associada aos bairros mais carentes (centro, zona leste e sul), habitados por operários de baixa renda em que a insalubridade das habitações somadas à jornada de trabalho e as péssimas condições sanitárias das fábricas os tornavam mais susceptíveis ao contágio de doenças infecciosas (MAZZETO, 2008).

As condições sanitárias dos centros urbanos começam a ser atribuída a qualidade do ambiente e à saúde da população. Com a dinâmica impostas pelas indústrias aos centros urbanos, bem como à sociedade, o poder público por meio do planejamento e gestão da saúde passa a intervir em obras de saneamento e em ações junto aos espaços ambientais degradados a fim de garantir a saúde coletiva. Esse período, entre os anos de 1830 e 1875, é exposto por Rosen (2006) como o período sanitarista em que as intervenções urbanísticas foram uma reposta técnica as doenças infectocontagiosas.

A investigação e sistematizações de informações sobre o território, a distribuição das habitações e das doenças correlacionados por médicos às observações e análises estatísticas ficaram conhecidos como Topografias Médicas e são considerados como precursores modernos dos estudos da Geografia Médica, ou melhor, a origem dos estudos sistematizados da Geografia Médica (PEITER, 2005; OLIVERIA, 1993).

De acordo com Peiter (2005, p. 7), os conteúdos das Topografias Médicas eram muito semelhantes à abordagem da Geografia Regional clássica, visto que "compreendiam descrições detalhadas de cidades, vilas e distritos particulares, tratando das condições de saúde, informações meteorológicas, hidrográficas, descrições de plantas e modos de vida dos habitantes locais".

Essa afirmação é compartilhada por Oliveira (1993) que acrescenta que nos conteúdos de Topografias Médicas as características de um território resumem-se na combinação dos fatores físicos e econômicos.

Nota-se assim, que foi muito expressiva a busca dos médicos-higienistas por conhecimentos geográficos acerca os elementos e dinâmicas do ambiente para atualizarem seus saberes teóricos e práticos voltados aos problemas de saúde.

Entre as práticas visando melhores condições de saúde da população, Guimarães (2001) destaca as intervenções de instituições públicas nos espaços urbanos, como a expansão do saneamento, a demolição de edificações insalubres, a fiscalização da qualidade dos alimentos e o ensino de práticas higiênicas.

Desse modo, até meados do século XIX a Geografia Médica, como exposto por Peiter (2005), foi campo de conhecimento construído por médicos, que até o momento, não tinham discernimento sobre os agentes etiológicos microbianos das doenças, sendo então, o ambiente único fornecedor de informações para responder as gêneses, comportamentos e tratamentos das patologias da época. Nesse mesmo sentido, Mazzeto (2008) menciona a concepção do médico geógrafo Navarre (1904) a cerca da Geografia Médica, no qual para ele consistia, basicamente, no “estudo da distribuição das doenças na superfície do globo” e que o termo “se deve mais à ação dos médicos do que dos geógrafos, devido à necessidade de espacializar os fenômenos ligados à saúde da população” (MAZETTO, 2008, p. 26).

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

Até aquele momento, os estudos de Geografia Médica são pré-científicos, ligados aos princípios hipocráticos com métodos de análise hipotético-dedutivos. Na primeira fase da Geografia Médica, entre os séculos XVIII e XIX, a filosofia norteadora concentrou-se no empirismo, as técnicas de análise constituíram-se em trabalhos de campo, observações e descrições do processo saúde-doença (DUTRA, 2011).

2.3.2 Do declínio ao ressurgimento: Geografia Médica

Com desenvolvimento da microbiologia nas últimas décadas do século XIX e o aperfeiçoamento do microscópio com aumento de 270 vezes tornou-se possível o avanço da anatomia microscópica e o conhecimento da atuação dos protozoários e bactérias (MAZETTO, 2008). Conseqüentemente, houve um expressivo avanço nas pesquisas de microrganismos patogênicos que levaram à “compreensão da ação dos micróbios dentro e fora do organismo humano e sua inserção no sistema biótico” (MAZETTO, p. 26, 2008).

Esse período é comumente atribuído como o declínio da Geografia Médica, poucas obras foram produzidas (MAZETTO, 2008). O argumento hipocrático foi sobrepujado por terapias baseadas na microbiologia, como evidencia Pessoa (1960, p. 24 apud SANTOS, 2010) “à penetração e multiplicação de uma bactéria e nada mais do que isto, perdeu-se de vista o conjunto das causas que atuam sobre o homem são ou enfermo, bem como o ambiente deixou de apresentar importância”.

A teoria da unicausalidade, o modelo biomédico de saúde, substituiu a multicausalidade levando “a uma reformulação na concepção do processo saúde-doença” (JUNQUEIRA, 2009). As doenças são associadas somente ao microorganismo causador, ao indivíduo e não mais associada aos lugares, ao meio ambiente. Assim, o avanço técnico somado às novas discussões da microbiologia reduziu a importância das contribuições do conhecimento geográfico que até o momento eram imprescindíveis para identificar as possíveis causas patológicas as quais a sociedade estava exposta.

No entanto, a ocorrência de doenças, ainda era remetida pelos sanitaristas ao desenvolvimento de microrganismos transmitidos por vetores de ambientes insalubres e reservatórios de água (MAZETTO, 2008). A partir da vertente ecológica das doenças a interação entre ambiente agente e hospedeiro, proposto por Leavell e Clark, em 1976, como a Teoria Ecológica (BATISTELLA, 2007), retoma-se a ideia de que a saúde humana também está

atrelada a qualidade do ambiente, mais especificamente ao ambiente biológico (MAZETTO, 2008; DUTRA, 2011).

Embora a unicausalidade ainda fosse o modelo vigente, os sanitaristas tinham os ambientes de gênese e desenvolvimento dos vetores como área de estudo importante em suas investigações, que depois subsidiaram a Teoria Ecológica, e conseqüentemente suscitou a necessidade de analisar o ambiente. Assim, a Geografia Médica ressurgiu junto ao ambiente e suas configurações físicas.

Dutra (2011) declara que a experiência na área de saúde da Escolha de Chicago fomentou a teoria dos estudos ecológicos, trabalhando o conceito de Ecologia Humana (homem e meio ambiente integrados); e consolidou o espaço, meio ambiente físico, como fator determinista articulado ao desenvolvimento da sociedade, ao passo que, no mesmo período a medicina coloca os agentes biológicos do meio físico como explicativos das doenças.

No Brasil, a abordagem determinista natural foi muito expressiva, essencialmente em pesquisas referentes a investigações de novas áreas de ocupação e na capital da época, Rio de Janeiro. Com metodologia positivista e descritiva, as obras do primeiro geógrafo médico brasileiro, José Francisco Xavier Sigaud, "*Estatística Médica no Brasil*" e "*Du Climat et des Maladies du Brasil*", e de outros médicos como Francisco de Paula Cândido, Victor Godinho, Heráclides César de Souza-Araújo, Gavião Gonzaga, Afrânio Peixoto, Carlos da Silva Lacaz, Robert Geraldo Baruzzi e Waldomiro Siqueira Júnior foram muito importantes, pois reuniam informações ambientais de diferentes áreas e as integravam aos conhecimentos médicos embora fossem limitadas pelas distribuições geográficas de algumas doenças transmissíveis e seus vetores.

Ainda durante o século XX, o parasitologista Evgeny Pavlovsky com a teoria dos Focos Naturais, e o geógrafo Maximilien Sorre através do conceito de complexo patogênico se destacaram na interface da ciência geográfica e epidemiológica, contribuindo com discussões teórico-conceituais e metodológicas importantes no ressurgimento das abordagens

geográficas ligadas à temática da saúde (VIEITES; FREITAS, 2007; DUTRA, 2011).

Pavlovsky a partir da teoria do foco natural de doenças transmissíveis, no qual o espaço geográfico integra-se aos estudos das doenças transmissíveis, relaciona o conhecimento geográfico e a ecologia (VIEITES; FREITAS, 2007). Nesta perspectiva, Lemos e Lima (2002) entendem que para Pavlovsky o foco natural das doenças transmissíveis estaria intimamente ligado às condições específicas de uma paisagem geográfica.

Diante do exposto, o que se percebe é que o médico parasitologista não rompe com a Teoria Ecológica, pois embora o conhecimento epidemiológico estivesse integrado ao geográfico, os saberes deste ainda se delimitavam ao físico, e o homem e suas interações continuam externos ao meio ambiente.

O ambiente e seus elementos naturais mantêm-se como únicos agentes promotores da gênese de vetores específicos de determinado foco natural, sendo este direcionado as investigações e medidas para evitar que a população se tornasse suscetível à contração de doenças transmissíveis da localidade.

Sorre passa a integrar a geografia humana, ou melhor, o ambiente produzido pelo homem à base conceitual da Geografia Médica. Inspirado nas leituras de La Blache, Demangeon, Jean Brunhes e De Martonne, Sorre aproxima-se da temática higienista e estabelece a teoria do complexo patogênico (LEMOS; LIMA, 2002; VIEITES; FREITAS, 2007).

Entende-se por complexo patogênico como o conjunto de “agentes casuais, seus vetores, o meio ambiente e o próprio ser humano” (LEMOS; LIMA, 2002, p. 81). O gênero de vida, os costumes e condições que determinada população tem como sua alimentação, vestuários e moradia explicariam o “perfil epidemiológico” de cada localidade. Nesta perspectiva, Sorre destaca a importância de avaliar a ação humana na dinâmica do espaço, bem como a interação dos elementos sociais e físicos que tornariam o ambiente predisposto ao surgimento de determinadas doenças (GUIMARÃES, 2001).

Na análise de Guimarães (2001, p. 161), o geógrafo francês instigou

A necessidade de avaliar, na “história natural das doenças”, o maior ou menor ajustamento aos gêneros de vida, formulando e empregando o conceito dinâmico de complexo patogênico para esclarecer o perfil epidemiológico como resultado de condições específicas de vida em ambientes sociais, econômicos ou políticos.

Portanto, a partir dos autores supracitados, nota-se que Sorre vai além de Pavlovsky, que concebeu o homem como hospedeiro ou vetor numa cadeia de doenças, pois não se limitou a interpretar o ambiente enquanto meio exterior ao homem, mas sim como agente e fruto resultante da transformação do ambiente. A proposta de Sorre trouxe novas concepções aos estudos da temática ambiente e saúde, a relação meio-homem ou sociedade-doença.

Embora tenha apresentado que o espaço é constituído de aspectos naturais e humanos, a metodologia empregada aos complexos patogênicos em regionalizar e nomear os complexos de acordo com as doenças a que se referiam (OLIVEIRA, 1993), na análise de Vieites e Freitas (2007) Sorre sujeitou a ação antrópica à perspectiva ecológica, “naturalizando” o conceito de gênero de vida, ou melhor, limitou a capacidade do homem em reunir esforços para modificar o ambiente. Por esse motivo, os mesmos autores pontuam que o complexo patogênico de Sorre “não é suficiente para explicar grande parte dos problemas de saúde pública na sociedade contemporânea” (VIEITES; FREITAS, p.198, 2007), uma vez que o espaço conjuntural é muito mais complexo e interligando o que implica na necessidade de reformulações teóricas e metodológicas transdisciplinares.

Diante das proposições de Pavlovsky e Sorre, houve o ressurgimento da abordagem geográfica na área da saúde. Além de que, a criação da Organização Mundial da Saúde (OMS) e, sobretudo, a definição de um novo conceito de saúde, criado pela OMS, em 1948, como estado de completo bem estar físico, psíquico e social e não uma mera ausência de enfermidade (OLIVEIRA, 1993) foram determinantes para difundir a necessidade por produções da relação saúde-espço que fossem além dos

estudos descritivos, bem como para que estivessem novamente integrados os conhecimentos geográficos às pesquisas de saúde.

Nesse contexto, os estudiosos e os profissionais da saúde passam a tomar consciência de que a saúde envolve uma multiplicidade de fatores, fatores que até então eram ignorados, como a condição psicológica do indivíduo.

Posteriormente, em 1949 a Comissão de Geografia Médica de Saúde e Doença da União Geográfica Internacional (BOUSQUAT; COHN, 2004) e três anos após o reconhecimento oficial da Geografia Médica (OLIVEIRA, 1993), tem início a Comissão de Geografia Médica de Saúde e Doença da União Geográfica Internacional, durante o segundo Congresso da União Geográfica Internacional, em Washington no ano de 1952.

2.3.3 A Nova Geografia da Saúde

A partir da Nova Geografia, na década de 1970, no qual o conceito de espaço e território foram fortalecidos por Harvey (1980; 2006), Lefebvre (2001; 2002), Soja (1993), Santos (1978, 1988; 1997; 2004) e outros, novos debates são introduzidos às ciências que baseiam-se no processo ambiente-saúde (FARIA; BORTOLOZZI, 2009; OLIVEIRA, 1993), dando margem à substituição do enfoque positivista pelo materialista (DUTRA, 2011).

A este período, Faria e Bortolozzi (2009) destacam que as modificações globais a níveis sociais, políticos, econômicos, tecnológicos e ambientais instauraram uma crise na ciência epidemiológica (mudanças no perfil de morbimortalidade da população e novas enfermidades, como a AIDS). De tal modo que as novas concepções epistemológicas são necessárias para responder questões ligadas a temas de saúde da população o que induz a novos e diversificados temas de interesses da Geografia Médica, como os estudos dos autores destacados por Oliveira (1993), tais como Hagget, Cliff, Learmonth, Howe, Phillips e Giggs no Reino Unido; McGlashan, Giles e Barnett na Austrália, Thouez e Joseph no Canadá; Picheral e Besancenot na França; e Pyle e Meade nos Estados Unidos.

Através do pedido da Comissão de Geografia Médica da União Geográfica Internacional, em 1976, surge a denominação de Geografia da Saúde, assumindo-se como um tema mais abrangente que contempla o anseio por novas abordagens, relacionando a saúde e discussões sobre a qualidade de vida, educação, moradia, saneamento básico, infraestrutura em saúde e outros (NOGUEIRA;REMOALDO, 2010; JUNQUEIRA, 2009).

Na Geografia da Saúde os fatores socioeconômicos tornam-se a chave para compreender a complexidade dos processos de saúde-doença diante dos novos arranjos socioecológicos do ambiente modificado pela ação humana. Assim, pode-se relacionar a necessidade da denominação de Geografia da Saúde, ao invés de Geografia Médica, a partir da Geografia Nova.

Convém resgatar que, anterior às discussões da Geografia Nova, entre os anos de 1930-1970, Josué de Castro passou a integrar as questões sociais e econômicas ao fenômeno da fome no Brasil, o que lhe permite ser citado como um epidemiologista social de método de investigação possibilista (DUTRA, 2011). O caráter de possibilista de Castro (2006), em sua obra "Geografia da Fome", foi fundamentado nos princípios de alguns geógrafos, dessa frente epistemológica, como Carl Ritter, Alexander Von Humboldt, Paul Vidal de La Blache e Sorre (CASTRO, 2006).

Agregando às discussões de saúde o espaço socialmente produzido pelo homem, Milton Santos foi um dos responsáveis por trazer uma nova perspectiva de análise à Geografia da Saúde brasileira. Rojas (1998) entende que Santos (1985, 1994) ao interpretar a espacialidade das transformações graduais do ambiente em meio técnico-científico-informacional corroborou para a compreensão e direcionamento de ações desse espaço que se constitui na herança social, conjunto de objetos e sistemas de ações, relações e formas que caracterizam a história dos processos passados e presentes, onde se tem determinantes da ocorrência e distribuição de endemias.

Nesse sentido, a contribuição epistemológica de Santos vai muito além da ciência geográfica, como exposto por Czeresnia e Ribeiro (2000) e Monken et al. (2008), a sua abordagem de espaço e território constitui-se em um dos principais aportes teóricos aos estudos de saúde,

sobretudo, no Brasil. De acordo com Faria e Bortolozzi (2009) a maior contribuição do autor foi apresentar as condições sociais como determinantes para a saúde, enquanto o foco era centrado na doença.

Logo, suas novas concepções a cerca do objeto da Geografia tornou-se notável e imprescindível para auxiliar outras ciências, em especial a epidemiologia que tem na organização sócioespacial fatores que caracterizam o perfil epidemiológico.

Como apresentado por meio de algumas passagens do texto, nota-se que por muito tempo a Geografia Médica teve seus estudos produzidos por médicos que incorporaram conceitos e métodos geográficos na tentativa de explicar as doenças e terapias através do ambiente, onde estariam os agentes, com destaque às condições físicas. Conforme as ciências que circundam a temática da saúde avançaram e levaram a novos objetos de estudos, e o desdobramento de novos arranjos socioespaciais que, por conseguinte, implicaram em transformações do perfil morbimortalidade da população, as discussões a respeito dos processos meio-saúde-doença passaram a envolver uma multiplicidade de fatores sociais e ambientais, que se estruturam de forma diferente no tempo e no espaço.

Desse modo, a Geografia da Saúde, como subárea da Geografia, ciência esta que tem seu objeto de estudo mutável, o espaço, e vinculado à inúmeros elementos e dinâmicas, constantemente necessita repensar e buscar por novas concepções teórico-metodológicas para ampliar sua capacidade de compreensão a cerca dos novos paradigmas que envolvem o espaço e a saúde. Diante disso, a integração com outras áreas da Geografia (Climatologia, Geografia 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) que é vista por Rojas (1998) como uma obrigatoriedade.

Oliveira (1993) aponta que a Geografia da Saúde é constituída por quatro principais e grandes linhas de estudo, com finalidade descritiva, explicativa e de planejamento, são elas:

- Distribuição das enfermidades e sua espacialização.
- Padrões espaciais de mortalidade, enfermidades e saúde; elaboração de atlas de mortalidade e enfermidades.
- Difusão das enfermidades no tempo e no espaço; predicción de processos.
- Análise espacial dos sistemas de saúde, equipamentos, serviços e utilizações (OLIVERIA, 1993, p. 13).

No Brasil, Dutra (2011) evidencia que são diversas as discussões de Geografia da Saúde, doenças relacionadas às condições biológicas ainda são desenvolvidas, tem-se destaque às de doenças infecciosas e emergentes (a malária, a tuberculose, a dengue, leptospirose e hepatite), investigações referente à relação entre os fatores ambientais e os efeitos sobre a saúde. Também, destacam-se as pesquisas com “temas relativos à melhoria dos serviços de saúde, previsão de recursos, estudos epidemiológicos, planejamentos em saúde” de viés crítico e social que aferem a característica de uma abordagem mais socializada e marxista à Geografia da Saúde (DUTRA, 2011, p. 141).

Ainda caracterizando a Geografia da Saúde no Brasil, Dutra (2011) conclui que, embora as técnicas de pesquisa sejam diversificadas, tornou-se comum o uso do geoprocessamento, estatística e matemática, bem como o emprego de metodologias de análise materialista, humanística e percepção.

A multiplicidade de abordagens teóricas e metodológicas, apontada por Dutra (2011), está fortemente presente na Geografia da Saúde mundial, sobretudo, nos países da América Latina, que em comum ao Brasil são marcados pelas desigualdades e iniquidades sociais (ROJAS, 1998). Essa característica, não se configura em um obstáculo para o desenvolvimento da Geografia da Saúde, contudo se as abordagens tornarem-se divergentes pode vir a ser (ROJAS, 1998).

Segundo Vaz e Remoaldo (2011), os profissionais que se dedicam a Geografia da Saúde ainda têm dificuldades em cativar elementos para suas investigações no campo da saúde. Entretanto, esse é um campo muito fecundo de análises ao geógrafo. Isto porque, o geógrafo possui habilidades para “analisar simultaneamente a dimensão dinâmica e espacial de fenômenos como epidemias” (VAZ; REMOALDO, 2011, p. 174) e

representá-las através da cartografia. E é através da cartografia, sobretudo a partir dos avanços das tecnologias de geoprocessamento nas últimas décadas, que a Geografia da Saúde têm se consolidado como instrumento no processo de gestão e planejamento da saúde.

Por fim, deve-se considerar que “o cuidado com a saúde não é só um direito, sim uma obrigação de todos” (OLIVEIRA, 1993). A Geografia enquanto ciência munida de conceitos teóricos, métodos e técnicas voltados a compreender a dialética transformação do espaço geográfico, permite ao geógrafo debater de forma integradora questões que envolvem saúde-espaço, identificar, espacializar e apontar possíveis soluções que circundam a temática. Sendo então, um profissional qualificado para atuar na promoção, prevenção, controle e recuperação da saúde pública.

2.4 ESPAÇOS DE RISCO E SAÚDE

A Geografia tem contribuído com conceitos teóricos que orientam na compreensão dos fenômenos envolvidos nos processo saúde-doença e no planejamento de ações de controle e promoção da saúde, bem como nos estudos sobre epidemiologia, saúde pública e vigilância da saúde.

Entre os conceitos teóricos apropriados por outras ciências em estudos temáticos de saúde, espaço, território e natureza vêm sendo novamente destacados (MONKEN et al., 2008).

O conceito de espaço, como ambiente geográfico de interação entre hospedeiros/pessoas e agentes (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000), é objeto de estudo de ocorrência de doenças desde a antiguidade. Hipócrates em sua obra “Ares, águas e lugares” já ressaltava a influencia e importância de se considerar os fatores naturais e a dimensão espacial nos processos de saúde-doença humana.

Bousquat e Cohn (2004) apontam que desde o final do século XIX e ao longo de parte do século XX o espaço na Geografia Médica e na Saúde Pública limitou-se às características físicas. A concepção de espaço, nesse momento, definiu-se como “sinônimo de ambiente físico, abstraído da ação humana” (BOUSQUAT; COHN, 2004).

Na epidemiologia o espaço é tido como um conceito básico, onde se tem a predisposição a ocorrência de doenças, uma vez que é no espaço que se encontra a interface dos elementos que explicam a doença (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000). Corroborando com Bousquat e Cohn (2004), as autoras supracitadas afirmam que o espaço da geografia clássica é interpretado e apropriado pela epidemiologia tradicional como o resultado da interação entre o organismo e a natureza bruta (fenômenos naturais) independentes das ações e percepções do homem.

É nesse contexto que a teoria do “foco natural de doenças” de Pavlovsky vincula-se aos estudos epidemiológicos de doenças transmissíveis, durante a década de 30 (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000), relacionando o conhecimento geográfico à ecologia da paisagem geográfica, difundida por Karl Troll (VIEITES; FREITAS, 2007), como abordado no capítulo “Contribuições da Geografia Médica e Geografia da Saúde”.

Entende-se que a epidemiologia acompanhou o desenvolvimento teórico da Geografia ao passo que se aproximou da Geografia Médica que tinha no espaço as condições físicas ambientais para explicar a espacialização das doenças. Ambas, nesse período, caracterizam-se como ciências de princípios deterministas ao que se refere às causas e efeitos das doenças.

O conceito de espaço recebeu diversas acepções que estão associadas às correntes geográficas. Por sua vez, como evidenciado, a abordagem teórica de espaço que se constitui como uma das referências mais importantes e difundidas nos estudos sobre saúde, sobretudo no Brasil, é atribuída à Geografia Crítica, proposta por Milton Santos (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000; MONKEN et al., 2008).

Santos define espaço como um “conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá” (SANTOS, 2006, p. 40). Essa inter-relação entre os objetos (fixos) e as ações (fluxos) permite que o espaço geográfico seja um complexo de processos que produzem, transformam e estruturam o espaço a partir do trabalho do homem, meio instrumentais e sociais, que implicam em uma nova dinâmica de

fenômenos e arranjos em um determinado período e por um determinado grupo social que também absorve esses processos. Portanto, ao longo do tempo o espaço absorve novas formas e funções que se dão em razão dos conjuntos instrumentais e sociais criados a partir das necessidades do homem, de ordem econômica, social, cultural, moral e afetiva (SANTOS, 2006).

Além de tais necessidades que impulsionam as novas formas, funções e dinâmicas do espaço estarem atreladas a cada sociedade, em escalas espaciais e temporais distintas, cabe refletir que os processos sociais atingem as pessoas de formas diferentes (SANTOS, 1993). Por isso, impõe-se que em estudos da realidade do espaço busque-se por interpretações mais profundas e multilaterais (COSTA; TEIXEIRA, 1999).

A caracterização do espaço contemporâneo por Santos (2006) apresenta referências para epidemiologia melhor interpretar a segunda natureza, onde estão as estruturas epidemiológicas das doenças produzidas e modificadas, espaço (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000). Desse modo, os epidemiologistas deixaram de negligenciar os aspectos socioeconômicos, exigiu-se a incorporação de explicações biológicas e sociais, sobretudo, nos estudos associados às doenças atreladas ao espaço urbano.

Silva (1997), Costa e Teixeira (1999) consideram muito interessante o posicionamento da ciência epidemiológica em utilizar-se da categoria de espaço da Geografia Crítica e da análise desta sobre o processo organização e base das referidas relações do espaço geográfico. Entre os epidemiologistas brasileiros que incorporaram o espaço como um processo de construção social, Monken et al. (2008) destacam Barreto (1982), Silva (1985) e Sabroza (1991).

Com esta nova interpretação do espaço para o conhecimento do processo saúde-doença, os epidemiologistas passaram a discutir e somar esforços às questões da “problemática do subdesenvolvimento e, principalmente, das desigualdades sociais” (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000, p. 601) ao elucidarem os efeitos deletérios das disparidades sociais na saúde das populações (MONKEN et al., 2008) visando a erradicação e o controle de epidemias.

Desse modo, buscando a inter-relação do processo espaço-doença, no presente estudo entende-se que o espaço viabiliza a

compreensão da organização e “dinâmica social, hábitos e costumes, bem como a determinação de *vulnerabilidades* para a saúde humana, originadas nas interações de grupos humanos em determinados espaços geográficos” (MONKEN; BARCELLOS, 2005).

Godim (2007, p. 103) afirma que, ainda, não há um consenso de vulnerabilidade para discutir os indivíduos e o ambiente, “quando relacionados aos riscos biológicos, físicos, químicos, tecnológicos e sociais”. Contudo, a vulnerabilidade tem sido incorporada nas leituras de situações de perigo e agravos específicos, caracterizando-se como o conjunto de condições próprias dos sujeitos (indivíduo ou grupo) e dos lugares que podem contribuir para originar ou aumentar a suscetibilidade à possíveis danos (SOUZA; ZANELLA, 2009), ou seja, um conjunto de condições intervenientes que permitem avaliar a suscetibilidade de cada indivíduo ou grupo a um agravo (GODIM, 2007).

Em epidemiologia, a situação ou condição de *risco*, que se constitui em um dos conceitos adotados no trabalho, se liga gradativamente à descrição mais abrangente de vulnerabilidade (GODIM, 2007). A vulnerabilidade vincula-se ao julgamento da suscetibilidade e o risco ao cálculo da probabilidade de ocorrência de um agravo à saúde (GODIM, 2007).

Campos (1999 apud SOUZA; ZANELLA, 2009) vai mais adiante e afirma que o risco traduz o resultado da existência conjunta de ameaça (ou perigo) e vulnerabilidade, e que não há risco se não houver vulnerabilidade, ou seja, estar em risco é estar susceptível a uma ameaça ou perigo. Assim, o risco só pode de fato surgir onde/quando a população ou indivíduo seja exposto ao perigo (CARPI JUNIOR, 2012), e este deve ser percebido para tornar-se legítimo (SOUZA; ZANELLA, 2009), podendo então o risco ser classificado em tempos e variabilidades diferentes.

A noção de risco foi absorvida por pessoas de várias partes do mundo, que o percebe e lhe confere significados distintos (GODIM, 2007), e diversas áreas do conhecimento. Segundo Castiel, Guilam e Ferreira (2010), o risco pode ser abordado em quatro grupos disciplinares: as ciências econômicas, a epidemiologia, a engenharia e as ciências sociais. Os três primeiros são classificados pelos autores em quantitativos e o último

quantitativo (aparentemente objetivo e neutro) mais subjetivo (CASTIEL; GUILAM; FERREIRA, 2010).

Na epidemiologia, o risco está associado à ocorrência de um determinado agravo ou evento de saúde. O risco pode ser previsível a partir de ocorrências anteriores ou de um conjunto de fatores, uma estimativa de que eventos ocorridos no passado e no presente possam ocorrer no futuro, e assim indiquem a possibilidade de “novos” agravos à saúde (CASTIEL; GUILAM; FERREIRA, 2010).

Tendo em vista que o referente estudo tem como objeto de análise o elemento flúor no ambiente, torna-se necessário estender para além da epidemiologia a compreensão sobre a aplicação do risco. Na toxicologia ambiental o risco caracteriza-se como a probabilidade ou estimativa

De fontes perigosas para a saúde ou o ambiente, capazes de provocar dano, doença ou morte para os seres vivos quando em concentrações superiores àquelas que estes possam assimilar em condições normais, isto é, absorver, distribuir, metabolizar e eliminar do organismo (CALDAS, 1999, p. 94)

Na saúde, sobretudo na toxicologia (experimentos em animais de laboratório) e na epidemiologia (indivíduos e populações expostas aos agentes perigosos comparadas com populações não expostas), Godim (2007) revela que a abordagem tradicional da avaliação e gerenciamento de riscos tem buscado identificar e quantificar as relações entre os potenciais fatores de riscos ou de exposição – fenômenos de natureza física, química, orgânica psicológica ou social –, e os danos biológicos observados nos seres vivos.

O uso da estatística como ferramenta aplicada para avaliar o risco à saúde remete a Laplace, final do século XVIII, quem calculou a probabilidade de morte entre pessoas com e sem vacinação de varíola (NAVARRO, 2009).

A quantificação do risco se dá a partir do método estatístico que torna possível quantificar a intensidade com que os fatores estão associados a determinadas doenças, criar indicadores para mensurar a exposição-doença nos seres humanos, identificar regularidades e padrões, bem como os grupos mais vulneráveis e comparar populações de diferentes

espaços visando a prevenção e controle de situações potencialmente perigosas (CASTIEL; GUILAM; FERREIRA, 2010).

Parafraseando Czeresnia (2001) Godim (2007, p. 97) percebe que os vários métodos e técnicas estatísticas aplicados pela epidemiologia simplificam a realidade para construir representações necessárias a viabilização da operacionalização de modelos na busca das respostas desejadas ao fenômeno observado. Logo, o modelo constitui-se no fenômeno abstraído de sua complexidade, apenas uma representatividade do real reduzido a alguns aspectos do fenômeno, por mais que seja complexo o modelo de análise.

Nesta perspectiva, Castiel, Guilam e Ferreira (2010) destacam que as subjetividades dos fenômenos relativos ao humano, os fenômenos individuais (estilo de vida), emoções, desejos e sensações – elementos fundamentais no processo de adoção de comportamento – não são contemplados adequadamente nos modelos de análise para estimação do risco. Por isso, coloca-se em indagação a capacidade da epidemiologia em ser “depositária da verdade” através de suas afirmações de risco, uma vez que se mostra “limitada para dar conta da dinâmica das relações sociais e do comportamento individual, fenômenos imbricados e mutuamente condicionados” (CASTIEL; GUILAM; FERREIRA, 2010, p. 41).

Assim, embora o risco seja uma forma de compreender e chegar à probabilidade de ocorrência de agravos a saúde (GODIM, 2007) torna-se difícil para a epidemiologia que se fundamenta no cálculo racional, na teoria probabilística, garantir a “determinação” de quais indivíduos serão afetados e que a doença ou ausência associada ocorrerá (CASTIEL; GUILAM; FERREIRA, 2010, p. 41).

Mesmo diante de tais delimitações, a avaliação de risco tornou-se um importante instrumento na identificação de ameaças ou perigos à saúde da população e tem se mostrado indispensável no gerenciamento de risco (controle ou eliminação) (CALDAS, 1999), bem com na articulação de políticas públicas e regulatórias, nas ações de promoção, proteção, prevenção e recuperação da saúde (GONDIM, 2007; CASTIEL; GUILAM; FERREIRA, 2010).

Nesse sentido, o espaço de risco à saúde caracteriza-se como área que apresenta condições ou exposição de algum fenômeno e/ou distribuição de agente que são identificados como fatores de presença ou ausência de uma causa, agravo ou evento de saúde.

Desse modo, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento buscou-se representar os espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor. Assim como se mostra os métodos de quantificação de risco, almejou-se representar o "espaço real" correspondente a um conjunto de hábitos e costumes (fluoretação da água) somados as características naturais do ambiente (teor natural dissolvido de flúor) capaz de expor a população a determinados agravos à saúde (cárie dental, fluorose dentária, fluorose óssea, problemas gastrointestinais, entre outros), com o objetivo de aproximar-se da identificação de qual parcela da população pode ser afetada.

2.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O FLÚOR

2.5.1 Caracterização Físico-química

O flúor é um elemento químico não-metálico da família dos halogênios, com aparência física de gás amarelo-pálido quando em Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP). O ponto de fusão normal é -223°C e o ponto de ebulição normal -187°C . A densidade no estado líquido é de 1,512 e a entalpia de dissociação é de 37,7 Kcal (RUSSEL, 1994).

O elemento mais leve do grupo, com 18,998 de número de massa, é um não-metal de natureza altamente corrosiva, sobretudo quando em contato com substâncias orgânicas e inorgânicas, e extremamente reativo com capacidade de formar sais com cálcio, sódio, fosfato, reage diretamente com todos os elementos, exceto o hélio, neônio e argônio. O flúor se destaca por ser o agente oxidante mais forte entre os halogênios e o mais eletronegativo (SHRIVER, 2003).

2.5.2 Flúor em Ambientes Naturais

Entre os halogênios, o flúor, é considerado o mais abundante na costa terrestre, ocorre em materiais primários, principalmente em biotitas e anfibólios que substituem a hidroxila na estrutura mineral (SELINUS et al., 2005).

As maiores fontes naturais de flúor, como a fluorita (CaF_2) que apresenta concentrações elevadas (0,1 a 1,5 mg/L), estão associadas com materiais graníticos (DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009) (Quadro 2).

Quadro 2 - Minerais ricos em flúor associados com materiais graníticos (após Bailey, 1977).

Nome	Fórmula	F (%)
Fluorita	CaF_2	47,81-48,8
Criolita	Na_3AlF_6	53,48-54,37
Fluocerita	CeF_3	19,49-28,71
Itriofluorita	$(\text{Ca},\text{Y})(\text{F},\text{O})_2$	41,64-45,54
Gagarinita	NaCaYF_6	33,0-36,0
Bastnasita	$\text{Ce}(\text{CO}_3)\text{F}$	6,23-9,94
Pirocloro	$\text{NaCaNb}_2\text{O}_5\text{F}$	2,63-4,31
Microlite	$(\text{Ca},\text{Na})_2\text{Ta}_2\text{O}_6(\text{O},\text{OH},\text{F})$	0,58-8,08
Ambligonita	$\text{LiAl}(\text{PO}_4)$	0,57-11,71
Apatita	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{ClOH})$	1,35-3,77
Muscovita	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH},\text{F})_2$	0,02-2,95
Biotita	$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	0,08-3,5
Lepidolita	$\text{KLi}(\text{Fe},\text{Mg})\text{Al}(\text{AlSi}_4\text{O}_{10})(\text{F},\text{OH})$	0,62-0,19
Zinnwaldita	$\text{KLiFe}^{2+}\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F},\text{OH})_2$	1,28-9,15
Hornblenda	$\text{Li}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_3(\text{Al},\text{Fe}^{3+})_2(\text{Si}_2\text{O}_{22})(\text{OH},\text{F})_2$	0,14-2,55
Riebeckita	$\text{Na}_2\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}^{3+}(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH},\text{F})_2$	0,30-3,31
Arfvedsonita	$\text{Na}_3\text{Fe}_4^{2+}\text{Fe}^{3+}(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH},\text{F})_2$	2,05-2,95
Espodumênio	$\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$	0,02-0,55
Turmalina	$\text{Na}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{Al}(\text{BO}_3)_3(\text{SiO}_{18})(\text{OH})_4$	0,07-1,27
Esfênio	CaTiSiO_5	0,28-1,36
Topázio	$\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH},\text{F})_2$	13,01-20,43

Fonte: Modificado de Dissanayake e Chandrajith (2009).

A presença de íons de flúor nas rochas ígneas é relacionada, segundo Marimon (2006, p. 44), “às ocorrências de fumarolas e gases magmáticos, depósitos hidrotermais, vidro vulcânico e minerais acessórios, como apatita, micas e anfibólios e outros minerais pegmatíticos (topázio, turmalina, fluorita, etc.)”.

Cabe citar que, a concentração de flúor em corpos hídricos e materiais geológicos variam conforme um conjunto de fatores, tais como: temperatura, pH, presença ou não de complexos minerais, íons precipitados e colóides, solubilidade de minerais, capacidade de troca iônica de minerais, a granulometria e o tipo da litologia e o tempo de residência das águas (APAMBIRE et al., 1997, apud PANAGOULIAS; FILHO, 2006).

De acordo com Marimon (2006), a concentração de flúor em águas naturais está diretamente relacionada ao equilíbrio entre as águas e os minerais das rochas, isto porque a sua ocorrência está vinculada à interação água-rocha, aos processos ígneos dos minerais, intemperismo, solubilidade e hidrólise. Este último pode aumentar a concentração de flúor nas águas subsuperficiais.

É no processo de intemperismo dos minerais primários, que o flúor deixa de substituir o grupo hidroxila (OH^-) passando para a forma de íon fluoreto livre F^- no ambiente (ANDREAZZINI et al., 2006). Logo, reforça-se a ideia de que as fontes naturais de flúor dependem das características mineralógicas dos materiais rochosos do ambiente.

Nesse sentido, as rochas graníticas apresentam os teores mais elevados de flúor, entre 360-420 ppm, basaltos e gabros entre 360-420 ppm, calcários e arenitos não mineralizados com mais baixo teor de 180-260 ppm e em folhelhos na média de 800 ppm (MINEROPAR, 2001).

Segundo Routroy et al. (2013), em águas subterrâneas a concentração natural de flúor depende da geologia, das características físicas e químicas do aquífero, da intensidade do processo intempérico, da porosidade e acidez das rochas, da temperatura, da quantidade de argila no material do aquífero, da ação de outros elementos químicos e da profundidade do aquífero. A respeito da composição química das águas subterrâneas a CETESB (2001) ainda destaca como fatores importantes o

perfil hidrogeoquímico das águas de recarga, seguido de sua evolução química influenciada pelas litologias locais, e o teor de substâncias dissolvidas ao longo do percurso.

Comparando os poços rasos e mais profundos, Dissanayake e Chandrajith (2009) inferem que a concentração de flúor em águas de poços rasos tende a ser mais baixa do que em poços profundos devido a lixiviação em que a circulação das águas é rápida e o tempo de residência é inferior ao das águas subterrâneas profundas. Sobre a baixa concentração de flúor em águas mais próximas à superfície, Marimon (2006) explica que a solubilidade dos minerais em geral é baixa, o que torna a migração do flúor em solução lenta possibilitando, assim, que durante o seu trajeto ele fique temporariamente retido nos argilominerais.

De acordo com a mesma autora, as concentrações de flúor nos principais ambientes aquáticos naturais apresentam-se conforme os intervalos da Tabela 1.

Tabela 1 - Concentração de flúor nas águas naturais

Meio	Concentração (mg/L ⁻¹)
Águas continentais	0,1 – 0,4
Águas subterrâneas	0,1 – 3,0
Águas marinhas	0,3 – 1,3

Fonte: Modificado de Marimon (2006).

Assim, como observado a concentração natural de flúor em água é muito variável, mas seja em água natural ou mineral encontram-se traços de fluoreto.

A concentração de Ca, Na, hidroxilas e certos complexos iônicos podem alterar a taxa de dissolução da fluorita, normalmente na ordem de 8 a 10 mg/L. O Ca atua como antagonista, em quantidade acima do necessário para a solubilidade do F restringe a dissolução do flúor o que o caracteriza como uma correlação negativa. O Na e o F possuem uma correlação positiva, em altas concentrações o Na atua como sinergista, promove uma maior solubilidade do flúor em águas (PANAGOULIAS; SILVA FILHO, 2006).

Sobre a correlação Ca e F, Dissanayake e Chandrajith (2009) evidenciam que a ausência de Ca permite uma maior concentração de flúor, em áreas de rochas vulcânicas alcalinas e em condições de alta troca de cátions, principalmente, na presença de minerais de argila.

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 (ABUGRI; PELIG-BA, 2011).

Na maioria dos tipos de solos a concentração natural de flúor ocorre em pequenas quantidades, variando de 20 a 1000 $\mu\text{g g}^{-1}$ (WHO, 2002 apud MARIMON, 2006). Destacam-se como fatores que influenciam na mobilidade do flúor no solo, o pH, a formação de complexos de alumínio e cálcio, a velocidade de deposição, a química do solo e o clima (MARIMON, 2006).

2.5.3 Ocorrência de Flúor no Brasil

De modo a apresentar um panorama da ocorrência do flúor no Brasil, serão destacadas algumas pesquisas, que em comum ao objetivo do presente trabalho, identificaram espaços de risco à saúde por íons de fluoreto em quantidades anômalas a fim de auxiliar na prevenção ou solução de ocorrências de fluorose na população.

Estudos sobre a fluorose ou investigações sobre as concentrações de fluoretos em águas de consumo, seja tratada ou natural, ainda são poucos no Brasil, sendo os de águas subterrâneas de maior expressividade na região Sul e Sudeste.

Em Minas Gerais, município de São Francisco, há registros de Velásquez et al. (2004) que expõem a heterogeneidade dos valores de fluoreto, entre 0 e 3,9 mg/L, associados à contaminação natural por fluorita.

Em outro município mineiro, Verdelandia, Dias e Bragança (2004) constataram a variação de 0,2 a 7,86 mg/L de fluoreto em águas

naturais subterrâneas, sendo a concentração mais alta pontuada em águas do Sistema Aquíferos Areníticos, na bacia do São Francisco.

Em virtude da presença de elevados teores de flúor em água, a fluorose endêmica ocorre em níveis severos comprometendo a saúde da população de Verdelândia, sobretudo da Comunidade de Amargonso, onde Silva et al. (2008) detectaram a concentração de 11 mg/L de flúor em um poço que foi utilizado para abastecimento por diversos anos e após análises foi lacrado (Figura 5).

Figura 5 - Fluorose dentária registrada na Comunidade de Amargoso em Verdelândia – MG.



Fonte: Silva et al. (2008).

No Estado do Rio de Janeiro, Maddock e Dias (1989 apud PANAGOULIAS; SILVA FILHO, 2006) detectaram a concentrações de fluoreto em águas superficiais em 12,5 mg/L de fluoreto. Na mesma região de estudo, entre os municípios de Tanguá e Rio Bonito, Panagoulis e Silva Filho (2006) obtiveram concentrações maiores que 6 mg/L e correlacionam às possíveis fontes de fluoreto aos veios de mineral rico em flúor (fluorita), mineradoras e esgotos domésticos e/ou industriais.

Ainda sobre estudos na porção Sudeste do Brasil, Martins Neto e colaboradores (2004) citam que na Região Metropolitana de São Paulo, em águas do sistema aquífero sedimentar e cristalino, o fluoreto encontra-se em valores médios próximos de 2,37 mg/L, chegando a atingir 12 mg/L em pontos isolados. No município Pereira Barreto, extremo oeste do estado, observaram-se as maiores concentrações de fluoreto em águas de poços, 17,5 mg/L (UCHÔA; SALIBA apud CANGUSSU et al., 2002).

Nas localidades da região central do Rio Grande do Sul, em águas subterrâneas no aquífero confinado da Formação Santa Maria, do Sistema Aquífero Guarani, foram identificados teores de até 11 mg/L de fluoreto decorrentes da relação com as águas de circulação profunda que capturam flúor dos minerais, em especial de fluoritas e rochas sedimentares mais antigas da Bacia do Paraná (MARIMON, 2006).

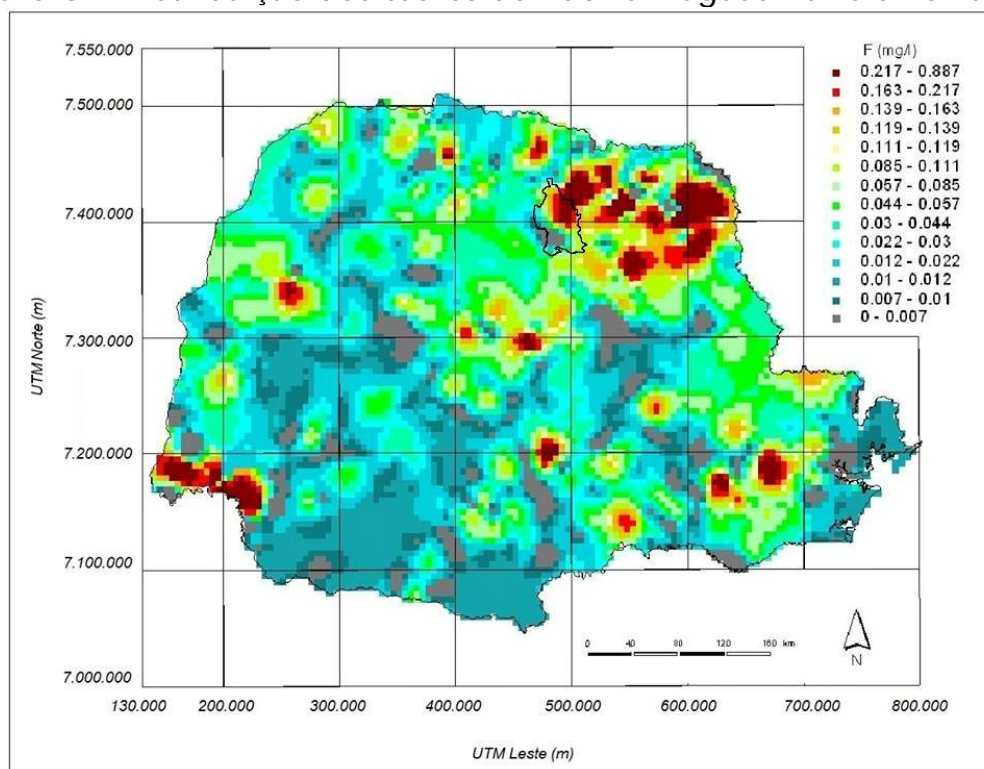
Outras localidades no Rio Grande do Sul, mas em área do Aquífero Serra Geral, também foram verificadas altas concentrações de fluoreto. No município de Uruguaiana com teores máximos de 3,03 mg/L (NANNI, 2008), em Ametista do Sul com 9,96 mg/L de fluoreto (MANCURSO; SCHROEDER; SILVERIO DA SILVA, 2013) e na Região do Vale do Pardo e Rio Tanguari que os poços analisados apresentaram teores de flúor entre 1,17 mg/L e 2,93 mg/L (LOBO; BEM DA COSTA, 1998 apud LOBO et al., 2000).

Estudos no Paraná identificaram a prevalência de teores anômalos de fluoreto em águas superficiais e subterrâneas na porção do Norte Velho (LICHT, 2001; MORITA et al., 1998; PINESE et al., 2001; DEUS, et al., 2013) e na região de Cerro Azul (ANDREAZZINI, et al., 2006),

No Alto Vale do Ribeira, na região próxima à Cerro Azul, onde estão concentrados depósitos de fluorita (associados a rochas metacarbonáticas e carbonátitos) mineralizados, a quantidade de fluoreto em águas fluviais variaram de 0,07 até 2,54 mg/L. A disposição de teores mais elevados de fluoreto correspondem aos cursos influenciados pelas atividades mineradoras (ANDREAZZINI, et al., 2006).

Ao Sudoeste, Sudeste e Nordeste do Paraná, em especial no município de Itambaracá, centralizam-se outras área com quantidades anômalas de fluoreto em águas fluviais (Figura 6).

Figura 6 - Distribuição dos teores de flúor em águas fluviais no Paraná.



Fonte: Modificado de Mineropar (2014).

Estudos de Morita et al. (1998) concluíram que os teores de fluoreto em Itambaracá chegam até 0,96 mg/L em águas fluviais, enquanto Pires e Pinese (2002) obtiveram teores de até 1,79 mg/L de flúor em águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral (poços tubulares) e superficiais (minas e poços "cacimba"), com maiores concentrações em águas subterrâneas,.

Outros municípios da região Nordeste do Estado, no Norte Velho, também foram contemplados em investigações a cerca dos teores de flúor em águas. Nos município de Jundiá do Sul e Ribeirão do Pinhal, foram constatados em águas superficiais da bacia hidrográfica do Paranapanema I teores máximos de 0,9 mg/L e 1,0 mg/L de fluoreto, respectivamente (DEUS, et al., 2013).

Na área de estudo da referente pesquisa, Londrina, observa-se com base no material cartográfico da Mineropar (2014), que a concentração de flúor em águas fluviais apresenta-se heterogênea, com teores de 0 a 0,007mg/L até 0,887mg/L.

Em águas subterrâneas Oliveira et al. (2002), em amostragem de 14 poços tubulares, notaram oscilação de 0,1 a 0,9 mg/L de fluoreto. Em

estudo mais recente com águas subterrâneas realizado em Londrina, Ross (2013) com base em 79 amostras coletadas em águas do Aquífero Serra Geral, identificou concentrações anômalas de fluoreto, entre 0,01 e 1,02 mg/L.

O teor mais expressivo de fluoreto natural (12mg/L) registrado no município de Londrina foi detectado em 1979 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em análises de um poço do aquífero Botucatu, próximo à captação do Ribeirão Cafezal (LICHT; MORITA; TARVAINEN, 1996).

Nessa perspectiva, evidencia-se que em muitos dos estudos aqui apresentados foram descritas ocorrências de fluoreto acima do Valor Máximo Permissível pelo Ministério da Saúde (1,5 mg/L) e se avaliado com base na Portaria nº 635/BsB em todas as localidades o teor de fluoreto em águas excedem o valor ideal correspondente ao clima de cada área.

Logo, justifica-se a necessidade de análises regulares que correlacionem as concentrações de fluoretos em águas de consumo humano e animal com os limites recomendados pela Portaria nº 635/BsB, uma vez que a água não é a única fonte de contato e ingestão de flúor, bem como salienta-se a importância de pesquisas do tema em outras regiões do Brasil, principalmente no Nordeste, onde há poucos estudos e existem fontes de água com teores elevados de íons de fluoreto (FORTE, 2001).

2.5.4 Fontes de Poluição por Flúor

O termo poluição refere-se a qualquer alteração nas propriedades físico, químicas ou biológicas que interfere no uso legítimo do meio ambiente através da introdução de matérias ou energia que possam causar danos graves, afetar a saúde humana e sistemas ecológicos (ALENCAR et al., 2009).

Referindo-se à água Manoel Filho (1997) discorre que a água poluída é aquela que sofreu alterações artificiais em suas características físico-químicas suficientes para superar os limites padrões pré-estabelecidos para determinado fim, enquanto a água contaminada caracteriza-se pela presença de organismos patogênicos e substâncias tóxicas e/ou radioativas em quantidades prejudiciais à saúde do homem.

Nesse sentido, considera-se poluente qualquer substância com potencial para causar alterações nas propriedades físico-químicas e biológicas que gere danos à saúde e ao meio.

Modificações na concentração de flúor e em outras características naturais físico-química das águas, muitas vezes, são decorrentes de processos hidrogeológicos naturais. Adicionalmente as fontes de flúor também podem estar associadas às ações antropogênicas, tais como a mineração, práticas agrícolas com fertilizantes fosfatados e a queima de carvão em estufas e fornos domiciliares que são fontes poluidoras difusas de flúor.

Outras fontes pontuais antropogênicas estão relacionadas às emissões de indústrias, como a de fabricação de fertilizantes fosfatadas, de fluoreto de hidrogênio (utilizado na produção de driolita sintética e fluoreto de alumínio, na alquilação de gasolina e clorofluorcarbonos e etc.), de fluoreto de cálcio (utilizado para favorecer o fluxo na produção de aço, vidro e esmalte, na produção de ácido fluorídrico e na produção de alumínio), de fluoreto de sódio (utilizado como preservante em colas, na produção de vidro, esmalte, aço, alumínio e inseticidas) e de hexafluoreto de enxofre (utilizado no isolamento de interruptores de corrente elétrica) (NANNI, 2008; MARIMON, 2006).

Como exemplo de poluição de flúor e danos à saúde, cita-se o caso de estudo de Li et al. (2003) ao sudoeste da China, em que a prevalência de fluorose crônica endêmica se dá em razão da queima do carvão local que chega a ter 3106 mg/kg de flúor quando o nível mundial é de 80 mg/kg. Os autores ainda destacam que no ano 2000 mais de 18,13 milhões de pessoas na China foram identificadas com fluorose em decorrência da queima de carvão, incluindo-se também 1.460.000 pessoas com fluorose óssea (LI et al., 2003).

No Brasil, Mirlean et al. (2002) relatam que as emissões gasosas das fábricas de fertilizantes, na cidade de Rio Grande, tem contaminado as águas pluviais, águas subterrâneas e o solo próximo as mediações das fábricas.

Em razão das diversas formas de exposição ao flúor, bem como de fontes poluidoras, nota-se a necessidade de estudos analíticos quanto a presença de flúor no solo, em sedimentos, no ar e em águas

subterrâneas e superficiais, sobretudo em áreas próximas às indústrias que utilizam-se do flúor como matéria-prima ou locais de extração de minerais ricos em flúor, como a fluorita.

2.5.5 Efeitos do Flúor na Saúde Humana

Todos os seres vivos estão expostos ao flúor porque este elemento encontra-se abundantemente distribuído no meio ambiente, mas nas últimas décadas tem-se notado o aumento significativo da exposição da população ao flúor (LALUMANDIER; ROZIER, 1995 apud BUSCARIOLO et al., 2006). No Brasil, Cury (2001) aponta que houve aumento de 40% do consumo de dentifrícios. Atualmente o Brasil é o terceiro país de maior consumo per capita, com tendência ao aumento, pois o mercado brasileiro tem expandido a disponibilidade de produtos dentifrícios, bebidas e produtos alimentares fluoretados (CURY, et al., 2004; BUISCHI, 2000).

São diversas as fontes de exposição ao flúor, tais como na água de abastecimento público, no sal, nos géis e soluções para bochechos, nos vernizes fluoretados, nos dentifrícios, nos materiais restauradores, na emissão de alguns poluentes industriais, na queima de carvão, na prática agrícola com fertilizantes fosfatados e outros. Entre estes a água representa o mais importante meio de consumo de flúor, com destaque às águas subterrâneas, que na maioria das vezes o consumo se dá de forma direta, sem nenhum ou com precário tratamento prévio (Tabela 2).

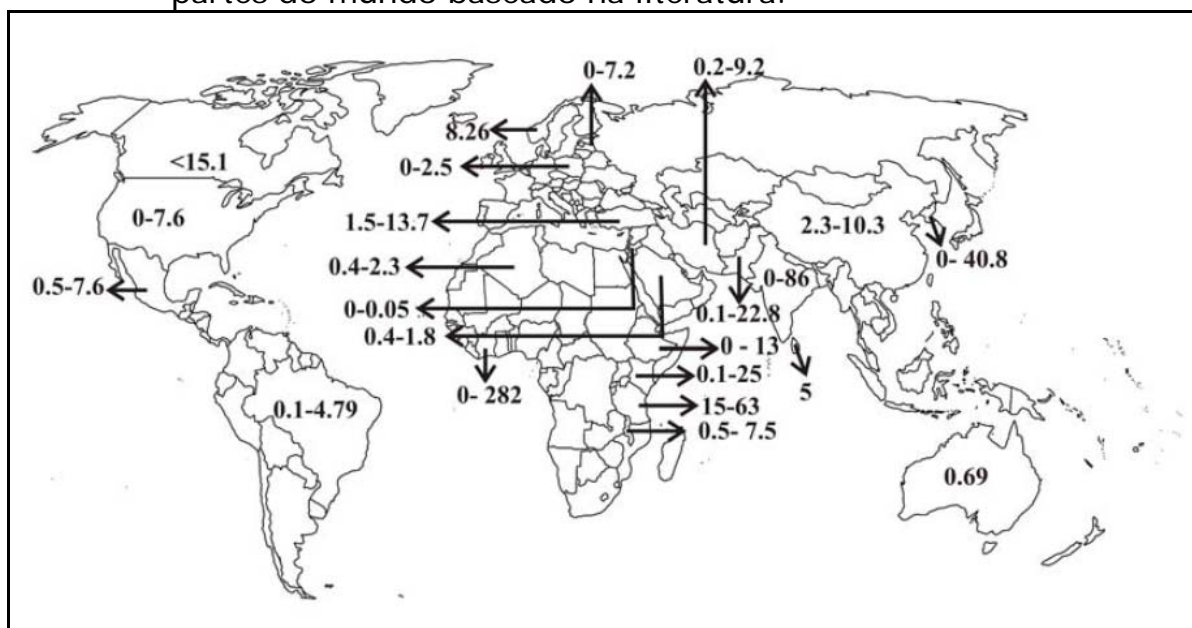
Tabela 2 - Estimativa do percentual (%) de flúor ingerido pelo consumo de diferentes grupos de alimentos.

Grupo de alimentos	Flúor ingerido
Água e refrigerantes	75%
Grãos e cereais	7%
Carne, peixe e aves	6%
Outros produtos	12%

Fonte: Adaptado por BUISCHI (2000) de Singer et al. (1993).

A OMS estima que mais de 260 milhões de pessoas em todo o mundo consomem água com concentração de flúor superior a 1mg/L (WHO, 1984 apud BRINDHA; ELANGO, 2011), sendo as águas subterrâneas ricas em flúor um problema potencial para a sociedade humana (BRINDHA; ELANGO, 2011), sobretudo, na Ásia Meridional e na África Oriental como se observa na Figura 7.

Figura 7 - Ocorrência de flúor em águas subterrâneas em várias partes do mundo baseado na literatura.



Fonte: Brindha e Elango (2011).

Como evidenciado a presença de flúor em água pode estar relacionado às características geoquímicas, bem como às fontes antropogênicas que podem influenciar no aumento substancial das concentrações de fluoreto. Logo, em áreas potencialmente ricas em flúor a ausência de estudos e tratamentos prévios pode acarretar no consumo de altas concentrações de flúor através da ingestão de águas e alimentos levando à consequente incidência de fluorose dentária, e em alguns casos a fluorose óssea.

Sabe-se que, embora a exposição ao flúor em doses excessivas possa resultar em algumas patologias, como a fluorose óssea e dentária, o mesmo é considerado um agente terapêutico e/ou preventivo da cárie.

Nesse sentido torna-se importante responder algumas questões, mesmo que de forma sucinta: Como se dá o metabolismo do flúor no organismo humano? Qual a relação do flúor com a saúde bucal? Quais são os efeitos resultantes da exposição aguda/crônica aos fluoretos?

2.5.5.1 METABOLISMO: ABSORÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E EXCREÇÃO

O flúor é um elemento ultratraço presente no corpo de um adulto normalmente na faixa de 0,2 a 2,0 mg/dia, podendo haver ingestões mais elevadas em lugares que a água contém maiores concentrações, uma vez que a absorção de fluoreto presente na água excede 90% enquanto o da dieta alimentar cerca de 30 a 60% (OMS, 1998).

O fluoreto corpóreo depende de uma multiplicidade de fatores, com destaque ao conteúdo de fluoreto de água natural, quantidade total de água ingerida ao longo do dia, duração de ingestão e eficiências da absorção intestinal e excreção renal (OMS, 1998).

Assim, a quantidade de fluoreto ingerida varia conforme alguns fatores comuns a cada pessoa, em especial a composição da dieta alimentar, o uso de produtos dentifrícios e a temperatura do ambiente de cada região que condiciona a quantidade de água a ser consumida.

Na ingestão o flúor pode ser inicialmente absorvido na mucosa bucal, em soluções ácidas. Posteriormente, a redução do pH somada a acidez gastrointestinal acelera a absorção que ocorre a partir do estômago e do intestino delgado superior. Logo, considerando que a absorção é dependente do pH, caso o estômago esteja vazio a acidez gástrica pode aumentar a taxa de absorção de flúor (BUISCHI, 2000; WHITFORD, 2005).

Buischi (2000) destaca que substâncias que contenham cálcio, magnésio e alumínio em sua composição podem reduzir a absorção do fluoreto, por terem formação de complexos insolúveis.

A absorção de flúor ocorre rapidamente, com cerca de 60 minutos, dependendo da dose, os níveis plasmáticos de fluoretos atingem seu pico. Posteriormente, tem-se início as etapas dos processos de retenção,

no qual aproximadamente 96 a 99% do fluoreto ingerido é armazenado no corpo, combinando-se com ossos mineralizados (DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009). O flúor é retido através do plasma que o distribui para todo corpo. A excreção se dá, principalmente, pelos rins, pelas fezes (menos de 10%), pelo leite materno e suor que são consideradas insignificantes (BUISCHI, 2000; WHITFORD, 2005).

Cabe destacar que, assim como na absorção o pH também é um variável importante na atividade de excreção de fluoretos, em urinas com concentração de pH baixo tem-se a formação de HF (ácido fluorídrico), o qual sofre uma redifusão para o plasma que reduz a excreção de fluoretos (BUISCHI, 2000).

2.5.5.2 FLÚOR E SAÚDE BUCAL

Como evidenciado nos tópicos anteriores, os limites entre os efeitos benéficos e maléficos do flúor na saúde humana estão muito próximos. De acordo com Triller (1998), as autoridades médicas recomendam o consumo diário máximo de 1mg de flúor.

Cortecci (2014) a partir de estudos que evidenciam os efeitos do flúor dissolvido em água sobre a saúde humana propõe as seguintes concentrações (Quadro 3).

Quadro 3 - Efeitos do flúor sobre a saúde humana.

Concentração em mg/L	Efeitos sobre a saúde
0,00	Limitação do crescimento
0,00 - 0,5	Não evita a cárie dental
0,5 - 1,5	Evita o enfraquecimento dos dentes, com efeitos benéficos sobre a saúde
1,5 - 4,0	Fluorose dental
4,0 - 10,0	Fluorose dental grave e fluorose esquelética
> 10,00	Fluorose deformante

Fonte: Cortecci (2014).

O teor de 1,5 mg/L de flúor destacado na terceira classe é considerado por Cortecci (2014) como o teor mais apropriado para consumo humano, não prejudica a saúde ao passo que traz benefícios ao

desenvolvimento dos ossos e a proteção dos dentes. Esse valor de 1,5 mg/L de flúor sugerido por Cortecchi (2014) também é apontado por Brasil (2011) como o teor máximo para consumo de fluoreto no país.

Sobre a relação entre a severidade da fluorose dental e óssea e a concentração de fluoreto na água de abastecimento público, Cury (2001) define 0,7 mg/L para o Brasil (Quadro 4) como teor ótimo de flúor e destaca que mesmo nessa quantidade a fluorose pode se manifestar, em nível considerado clinicamente aceitável.

Quadro 4 - Fluorose dental e óssea e concentração de F⁻ na água de abastecimento público.

Fluoreto na água (ppm)	Fluorose	
	Dentária	Óssea
0,2	-	-
0,7	+	-
1,4	++	-
2,1	+++	-
2,8	++++	-
5,6	+++++	+

Fonte: Cury (2001).

Segundo Buischi (2000), são três teorias, não excludentes uma da outra, que explicam o mecanismo de ação do fluoreto sobre os dentes, a saber:

- Fluoreto no esmalte resistente à cárie: Basicamente o esmalte dentário é de material cristalino (cálcio e fosfato) numa disposição muito próxima da hidroxiapatita pura. Durante a formação do esmalte dentário a hidroxiapatita é substituída pela fluorapatita que possui solubilidade menor e pH mais baixo, assim o esmalte torna-se mais resistente à cárie.
- Fluoreto no fluído que envolve os cristais do esmalte e dentina: O flúor age por via tópica, reduzindo a perda de mineral e aumentando a remineralização do esmalte dentário.
- Efeito do fluoreto na proporção de ácidos na placa bacteriana: Quando absorvido pelas bactérias o fluoreto inibi a enzima

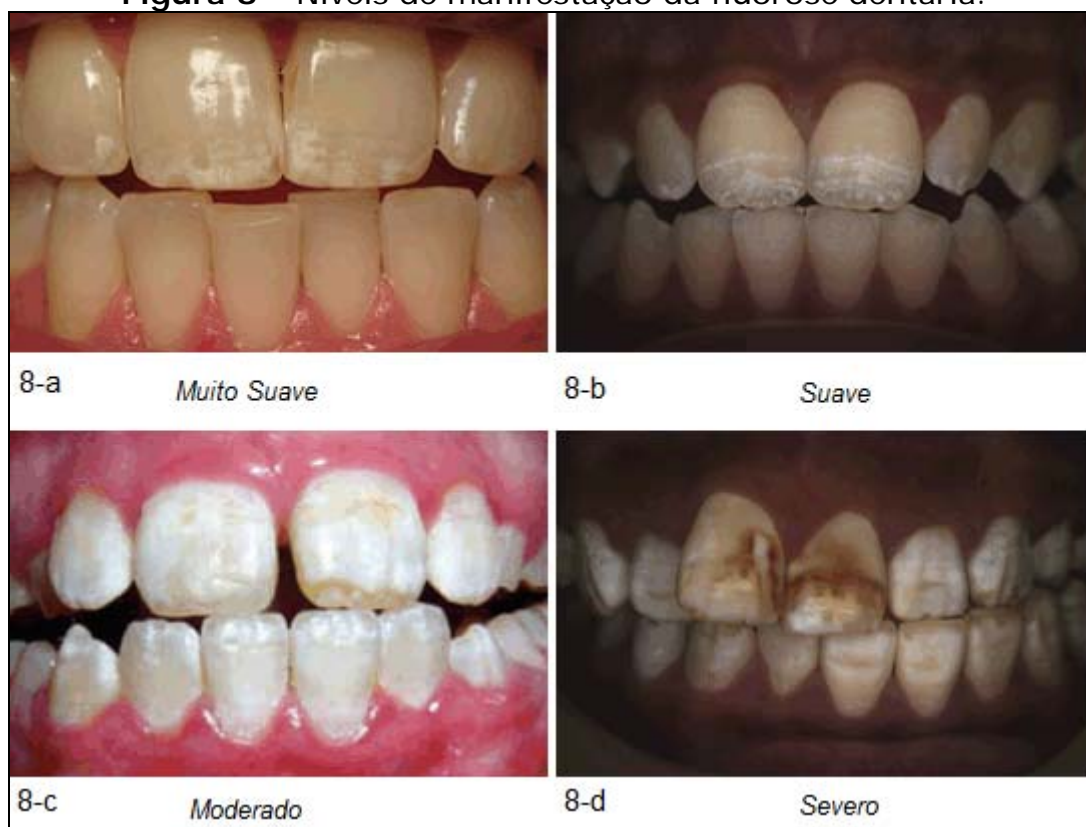
enolase na via glicolítica, o que diminui a produção de ácidos. Conforme o pH vai reduzindo o fluoreto penetra na bactéria, como as do tipo *Lactobacillis* e as *Streptococcus mutans* que são mais sensíveis ao fluoreto.

Esses mecanismos de ações do flúor distintos em conjunto atuam inibindo o desdobramento da cárie dental de modo eficaz, em especial durante a formação do esmalte dentário (BUISCHI, 2000).

Embora a ação do fluoreto, como descrita, atue como agente terapêutico ou preventivo relevante para controlar e prevenir a cárie dental em termos de saúde pública torna-se necessário o uso com segurança do flúor. Dependendo da dose e do tempo de exposição o flúor pode ocasionar efeitos tóxicos ao organismo humano.

A fluorose dentária (Figura 8) é o efeito tóxico mais comum provocada pela ingestão prolongada de fluoretos (exposição crônica), caracterizando-se como uma anomalia da formação dentária. As altas concentrações de flúor atingem severamente a mineralização do esmalte, durante o período de formação e calcificação dos dentes permanentes (entre 0 e 5 anos de idade), dando origem às alterações nos ameloblastos, na homeostase do cálcio e na formação de cristais de apatita (BUISCHI, 2000; PARREIRAS; SILVA; ZOCRATTO, 2009).

Figura 8 - Níveis de manifestação da fluorose dentária.



Fonte: FLUORIDEALERT.ORG, 2013.

Com a deformação do esmalte dos dentes o aspecto clínico é de porosidade, opacidade, manchas e erosão do esmalte. Em nível suave de fluorose (Figura 8-a e 8-b) os dentes apresentam manchas esbranquiçadas em forma de linhas, seguindo as periquemáceas do esmalte; em grau moderado (Figura 8-c) os dentes passam a apresentar manchas amarelas; no estado severo (Figura 8-d) manifestam-se desgastes excessivos nos dentes, porosidades, manchas opacas esbranquiçadas ou manchas marrons (decorrentes dos corantes depositados durante a alimentação) (PARREIRAS; SILVA; ZOCRATTO, 2009).

Baseado nos aspectos estéticos do esmalte dos dentes, o sistema de classificação de severidade do flúor desenvolvido por Dean, detalhado no tópico a seguir, classifica a fluorose em seis categorias (normal, questionável, muito suave, suave, moderado e grave).

De maneira geral, as condições de manifestações da fluorose na população variam entre "suave" e "moderado", podendo em casos severos (Figura 8-d) comprometer a qualidade de vida dos indivíduos, pois provoca

alterações nos aspectos funcionais físicos, mental, psicológico e estético (PARREIRAS; SILVA; ZOCRATTO, 2009; CANGUSSU et al., 2002).

A fluorose dentária manifesta-se durante a odontogênese dos dentes permanentes, assim, ela é irreversível (BURT,1992 apud CURY,2001), sendo a prevenção o único remédio, ou seja, o consumo de flúor em limites seguros.

Esta doença tem sido identificada em vários países, principalmente, onde as águas subterrâneas contém naturalmente altos teores de fluoreto, como no Sri Lanka onde a fluorose dental é altamente prevalente com cerca de um milhão de pessoas afetadas e as concentrações de flúor em águas subterrâneas são próximas a 10 mg/L (DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009). Na Índia estima-se que cerca de 32 milhões de pessoas manifestam a fluorose dental ou a fluorose óssea em razão da água apresentar entre 1,0 e 48 mg/L de flúor (SUSHEELA, 1998 apud DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009). Em Gana com teores até 4,6 mg/L em águas subterrâneas (APAMBIRE et al., 2004); no México em que as anomalias de fluoreto chegam a 16 mg/L (MAHLKECHT et al., 2004 apud MARIMON, 2006).

No Brasil, os casos de fluorose são pontuais e com grande variabilidade de acordo com as regiões. O registro de casos mais severos é reduzido em relação à proporção de indivíduos que apresentam manifestação moderada, mas o número de prevalências severas intensificam-se nos locais onde a fluorose é endêmica em razão das altas concentrações de fluoretos em fontes naturais de água (MARIMON, 2006, CANGUSSI et al., 2002).

Segundo Marimon (2006, p.58) a ocorrências de fluorose “têm sido associada ao consumo de águas subterrâneas naturais do Aquífero Guarani e registradas em São Paulo e Paraná (FRAGA, 1992), Santa Catarina (CAPELLA, 1989) e no Rio Grande do Sul”. Em Minas Gerais a endemia também foi constatada e está comprovadamente relacionada ao consumo de águas subterrâneas naturalmente contaminadas por fluoreto (VELÁSQUEZ et al, 2004).

2.5.5.3 Fluorose Óssea

O consumo de forma crônica de elevadas concentrações de flúor pode causar fluorose óssea, uma doença grave debilitante que afeta os ossos, tornando-os pouco flexíveis, extremamente rígidos e quebradiços (DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009).

Além da ingestão de flúor através da água, a fluorose esquelética pode estar associada à alimentos, produtos odontológicos e ao uso de carvão como combustível em áreas internas (cozinhas, galpões, etc.) (BRINDHA; ELANGO, 2011). Dissanayake e Chandrajith (2009) destacam que os principais fatores que influenciam no desenvolvimento de fluorose óssea, além dos destacados (os elevados teores de flúor e a exposição contínua), são a má nutrição e a insuficiência renal devido à doença.

A fluorose óssea é uma doença degenerativa de difícil diagnóstico, facilmente confundida com artrite, e reconhecia apenas quando atinge uma fase avançada (DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009).

Em estágios iniciais causa dores esporádicas nas articulações, costas, pescoço, fraqueza muscular, fadiga crônica e menos apetite, podendo causar outros distúrbios como infecções gastrointestinais. Posteriormente com a manifestação avançando ocorre a calcificação dos ossos, osteoporose nos ossos longos, assim os ossos tornam-se mais densos e uma estrutura cristalina é desenvolvida. Quando em grau avançado as dores tornam-se crônicas, ocorrem deformações permanentes como a ligeira calcificação dos ligamentos e a manifestação da hiperdensidade óssea, as articulações (joelhos e cotovelos) desenvolvem esporas ósseas e ficam completamente fracas e movê-los torna-se difícil (BRINDHA; ELANGO, 2011; DISSANAYAKE; CHANDRAJITH, 2009)

Em estágio final, ocorre a fluorose deformante. As vertebrae da coluna vertebral se fundem e levam o paciente à invalidez. Dissanayake e Chandrajith (2009, p. 77) explicam que isso ocorre em função do

Mecanismo de desencadeamento da fluorose óssea que a fim de imobilizar a circulação do flúor no corpo, o excesso de flúor fixa-se no material hidroxiapatita dos ossos por substituição

do OH^- por F^- de forma irreversível até a exposição contínua. Durante este processo, a taxa de síntese do material ósseo (hidroxiapatita) é consideravelmente aumentada, o que leva à formação de massa óssea ou osteosclerose, como pode ser visto em pessoas com fluorose óssea (TEOTIA; TEOTIA, 1992). Com a deposição de cálcio fluoroapatita, a densidade óssea e a massa óssea aumentam. Na espinha dorsal, as perfurações através do qual os vasos sanguíneos do sistema nervoso e passam são restritas e isso altera a pressão sobre os nervos e vasos sanguíneos, resultando em paralisia e dor extrema.

Em muitos países como Israel, China, Índia e México o consumo de águas subterrâneas *in natura* com elevados teores de fluoreto tem assolado a população com a fluorose óssea (MARIMON, 2006). Estima-se que 6 milhões de pessoas estão afetadas pela fluorose esquelética na Índia, onde 17 dos 32 estados foram identificados como áreas endêmicas, sobretudo na cidade Haryana, estado Bhiwani, em que os teores de flúor chegam a 86 mg/L e em Nalgonda a 20 mg/L. (BRINDHA; ELANGO, 2011).

Conforme Dissanayake e Chandrajith (2009) o risco da fluorose pela alta concentração de flúor em águas subterrâneas é maior em países tropicais onde o consumo de água é mais elevado. No Brasil, algumas ocorrências de doenças relacionadas à degeneração dos ossos têm sido associadas ao consumo de águas subterrâneas em São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MARIMON, 2006).

Outras complicações à saúde são resultantes da ingestão elevada de teores de flúor, como a degeneração de fibras musculares, baixos níveis de hemoglobina, deformidades nos glóbulos vermelhos, sede excessiva e dor de cabeça. O consumo elevado de flúor também está associado às erupções na pele, nervosismo, manifestações neurológicas, depressão, problemas gastrointestinais, infecções urinárias, bem como à náusea, sensação de formigamento nos dedos das mãos e dos pés, imunidade reduzida, abortos de repetição, esterilidade masculina e outros (MEENAKSHI; MAHESHWARI, 2006 apud BRINDHA; ELANGO, 2011).

Dissanayake e Chandajith (2009) ainda citam que pesquisadores têm associado o consumo de teores elevados de flúor com outras patologias, como o câncer, hepatites, problemas respiratórios e doenças renais.

Nesse sentido, torna-se evidente a necessidade de estudos e diagnósticos prévios de águas que serão fluoretadas, o tratamento e o maior controle dos teores de flúor em águas direcionadas ao consumo humano, seja de soluções alternativas ou de abastecimento público, bem como ações de vigilância em saúde direcionadas aos alimentos infantis manufaturados, como destacado por Cangussu et al. (2002).

2.5.6 Históricos de Fluoretação das Águas de Abastecimento Público

A fluoretação consiste no método de agregar flúor à água de abastecimento público, ajustando a concentração do elemento com a quantidade presente nas águas naturais, a fim de obter um nível de fluoretos dentro dos padrões ideais recomendados para atuar no controle da cárie (RAMIRES; BUZALAF, 2007).

Esse método tem sido considerado a principal forma estratégica para prevenir a cárie dental em termos de saúde pública, por apresentar baixo custo, abranger maior amplitude distributiva de modo democrático, especialmente em áreas que ocorre prevalência de cárie, e por seu processo ocorrer durante toda a vida do indivíduo (EMMERICH; FREIRE, 2003; BUENDIA, 1996).

Entretanto, a fluoretação ainda gera muita polêmica devido aos seus efeitos adversos, como a fluorose dentária e a fluorose óssea, e até mesmo questões éticas, pois todos recebem o flúor como forma de tratamento médico, a prevenção da cárie dental, sem que haja o consentimento informado e ignorasse o fato de cada pessoa responde de forma diferente a dosagem, podendo ter pessoas mais vulneráveis ao flúor enquanto outros se beneficiam (MONTEIRO; MIRANDA, 2003). Nesse sentido, nota-se a resistência de muitos países em adotar o processo de fluoretação da água de consumo público, na Europa apenas 3% dos países fazem o uso, entre eles a Irlanda, Espanha e Reino Unido (MONTEIRO; MIRANDA, 2003).

Sem a pretensão de discutir se é essencial ou não a adição de flúor à água de abastecimento público, esse tópico tem como objetivo expor os estudos iniciais que associaram o flúor a saúde bucal instigando a adoção

do flúor nas águas, como se deu início ao processo conhecido como fluoretação no Brasil e no Paraná, bem como quais são as leis que regulamentam as normas e padrões para a fluoretação.

A história pelo interesse da fluoretação das águas de consumo, bem como a descoberta do efeito preventivo do flúor contra a cárie dental, foram consequências de extensos estudos sobre os efeitos deletérios na aparência dos dentes, a fluorose dental.

A relação da presença de dentes manchados com a digestão de flúor chamou a atenção de muitos pesquisadores, entre eles o Dr. J. M. Eager, médico do Hospital da Marinha do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos que analisava os dentes dos imigrantes que embarcavam de Nápoles (Itália) para os Estados Unidos. Em 1901, Eager em seu relatório científico, intitulado "História dos Dentes Manchados", constatou que as condições geológicas do manancial de água utilizado como fonte de abastecimento consistia na etiologia dos dentes manchados das crianças que viviam em Nápoles (AMARANTE, 1992).

Nesse mesmo período, o dentista Frederick McKay notou a ocorrência de dentes manchados na população local do Colorado Springs e supôs que houvesse associação dos dentes manchados com a água para o consumo humano, pois entre todos os hábitos observados entre a população e grupos de outras regiões a água ingerida era a única diferença, alguns eram abastecidos por águas de poços rasos e outros por poços profundos que apresentavam dentes manchados (BRASIL, 2012; NARVAI, 2000).

A partir da hipótese de que algum elemento químico existente na água estaria associado aos dentes manchados da população iniciaram-se pesquisas em outras localidades, sendo confirmado por Petrey, em 1931, através de análises espectrográficas da água de abastecimento de Bauxite, Arkansas, que os dentes manchados das crianças estaria atribuído as águas de abastecimento de um poço profundo com 13,7 mg/L de flúor (AMARANTE, 1992). Outras possíveis hipóteses foram levantadas, como a qualidade do leite da região, o hábito de comer carnes, a deficiência de cálcio na água de consumo e enfermidades na infância, mas nenhuma correlação

foi estabelecida com fatores socioeconômicos da população local (BRASIL, 2012; AMARANTE, 1992).

A hipótese de McKay foi sustentada, também por outros estudos. O odontologista Dr. Black através de informações de outros países, como o Canadá, com situações similares indicava o flúor como responsável pelas manchas, chegando a conclusão de que o flúor era o elemento causador da fluorose, ainda não conhecida por esse nome, ao mesmo tempo em que averiguou, na mesma região dos casos de fluorose, uma acentuada redução na incidência de cárie dentária (AMARANTE, 2008).

A associação do flúor com a saúde bucal e a descoberta de que o consumo de flúor em altas concentrações poderia ser prejudicial instigou outros trabalhos, em 375 áreas de 26 estados em que a fluorose dentária poderia predominar, o Dr. Henry Trendley Dean, do Serviço de Saúde dos EUA, mapeou em 21 cidades a concentração heterogênea de flúor, variando entre 0 e 2,6 mg/L. Esse mapeamento e novas observações lhe possibilitaram identificar que a fluorose manifesta-se durante o período de mineralização do dentes, que o grau de fluorose dental modifica conforme a concentração de flúor na água, quantidade ingerida e as temperaturas locais que está associada ao consumo de água. Além disso, Dean associou o nível de flúor na água de abastecimento com a saúde bucal, em cidades em que as águas continham teor de flúor natural acima de 1mg/L registrava-se duas vezes maior a ausência de cárie em muitas crianças, se comparada as crianças que residiam em cidades com teores inferiores a 0,6 mg/L de flúor (AMARANTE, 1992; BRASIL, 2012).

A partir de então, a preocupação era estabelecer uma concentração de flúor que fosse capaz de propiciar efeitos benéficos à prevenção de cárie e que fosse tolerável ao ponto de não acarretar na manifestação da fluorose dentária da população. Nesse sentido, Dean propôs o valor de 1mg/L de flúor, "admitindo pequenas variações segundo as características ambientais, sobretudo temperatura" (NARVAI, 2000, p. 383).

Dean desenvolveu, ainda, um sistema de classificação de severidade do flúor que até hoje é o mais utilizado e preconizado pela OMS, embora não descreva com clareza os diagnósticos mais severos da fluorose (CARVALHO et al.,2010). O índice de Dean é baseado nos aspectos estéticos

do esmalte dos dentes e abrange seis categorias, variando de zero a cinco (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de Dean sobre os aspectos estéticos dos esmaltes dos dentes.

Índice de Dean		
Normal	0	Esmalte superficial liso, brilhante e geralmente de cor bege pálida.
Questionável	1	Esmalte apresenta leves aberrações na translucidez de esmalte normal, que podem variar desde pequenos traços esbranquiçados até manchas ocasionais.
Muito Leve	2	Áreas pequenas e opacas de cor branca, porosas e dispersas irregularmente sobre o dente, mas envolvendo menos de 25% da superfície dentária vestibular.
Leve	3	Opacidade branca do esmalte mais extensa do que para o código 2, recobrendo menos de 50% da superfície dentária.
Moderado	4	Superfície de esmalte apresentado desgastes acentuado e manchas marrons, frequentemente alterando a anatomia do dente.
Severo	5	Superfície do esmalte muito afetada e hipoplasia tão acentuada que o formato geral do dente pode ser afetado. Existem áreas com fôssulas ou desgastes e manchas marrons espalhadas por toda parte; os dentes frequentemente apresentam aparência de corrosão.

Fonte: Carvalho et al. (2010)

O primeiro registro de fluoretação em águas de abastecimento público teve início em janeiro de 1945 junto à comunidade de Grand Rapids, no Estado de Michigan, Estados Unidos, seguido pela cidade de Brantford, no Canadá. Até o ano de 1955 outras cidades dos Estados Unidos e do Canadá passaram a ter fluoretação controlada nas águas de abastecimento e foram alvos de pesquisas que tinham como objetivo comprovar que a diminuição do índice de cárie dental estava relacionado a adição de fluoretos às águas de consumo e a segurança da fluoretação para a população (AMARANTE, 2008).

Concomitantemente outras pesquisas foram realizadas em outros países, como na Suécia e na Nova Zelândia, e centenas de pessoas foram envolvidas. Como resultado Amarante (2008, p. 14) constata que “os custos anuais empregados para redução de cárie infantil baixaram em aproximadamente 40 a 50%” independentemente da raça ou condição social da população.

2.5.6.1 A fluoretação no sistema de abastecimento público: Brasil e Paraná

No Brasil a fluoretação das águas de abastecimento público teve início, em 31 de outubro de 1953, no município de Baixo Guandu, Espírito Santo, onde estudos preliminares constataram a prevalência de cárie em crianças de 6 a 14 anos. Para a fluoretação o Serviço Especial de Saúde Pública (FSESP), atual Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) utilizou o fluossilicato de sódio na proporção de 0,8 mg/L e o dosador foi o "*Wallace Tiernan*", importado dos Estados Unidos (BRASIL, 2012; EMMERICH; FREIRE, 2003).

A partir da comprovação da eficácia da fluoretação da água, com redução média de 64% no índice de CPO-D (dentes cariados, perdidos e obturados) em crianças, entre 6 e 14 anos, o trabalho foi divulgado em todo o país e serviu como modelo de informações técnicas para outras entidades governamentais e de ensino que optassem pela adição de flúor na água da abastecimento público como medida preventiva à cárie dental (EMMERICH; FREIRE, 2003).

Posteriormente outros municípios passaram a utilizar o benefício da fluoretação artificial nas águas de abastecimento público, Marília, no interior de São Paulo, em fevereiro de 1955, e Taquara, no Rio Grande do Sul, em outubro de 1957. No mesmo ano, em 1957, o Rio Grande do Sul foi o primeiro Estado brasileiro onde se estabeleceu mediante a Lei nº 3125 de 18 de junho de 1957 a obrigatoriedade da fluoretação das águas de abastecimento público em todas as localidades operadas no Estado. Além disso, para implantar e controlar o sistema foi organizada a Comissão de Fluoretação das Águas do Rio Grande do Sul (AMARANTE, 1992; BRASIL, 2012).

Poucos foram os Estados que tiveram por iniciativa independente a adoção de flúor na rede público de abastecimento de água. No Paraná a experiência teve início em 20 de outubro de 1958, na Estação do Tarumã, em Curitiba, com a adição do fluossilicato de sódio e dosador a seco. O responsável pela implantação foi o Dr. Onar Sabbag, professor de Hidráulica da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e diretor do

Departamento de Águas da Companhia de Água e Esgoto do Paraná, hoje Companhia de Saneamento do Paraná, que recentemente havia concluído seus estudos de mestrado e especialização em Engenharia Sanitária na Universidade de Harvard (EUA) (AMARANTE, 2008).

De acordo com Amarante (2008), a Secretária de Saúde Pública do Paraná através do Serviço de Odontologia Sanitária realizou, ao longo de 10 anos (1958-1968), um diagnóstico de prevalência da cárie em 10 escolas públicas com 1.120 crianças, entre 6 e 12 anos, com o objetivo de averiguar o efeito do flúor na redução parcial da cárie. Esse levantamento permitiu identificar que a exposição contínua a água fluoretada atuou sobre a redução média de 39,4% nos índices de CPO-D, com mais expressividade em crianças de 6 e 10 anos de idade (Quadro 5).

Quadro 5 - Índice CPO-D nos anos de 1958 e 1968 de Curitiba, ante e após exposição contínua à água de fluoretada no abastecimento público.

IDADE	NÚMERO	CPO-D EM 1958	CPO-D EM 1968	REDUÇÃO %
6	160	2.17	0.94	56.6
7	160	2.53	1.63	34.3
8	160	3.31	2.14	35.3
9	160	3.90	2.64	32.3
10	160	6.05	3.50	42.1
11	160	7.14	4.53	39.3
12	160	8.36	5.34	36.1

Nota: C=Cariados, P=Perdidos, O=Obturados, D=Dentes
CPO-D= Índice que mede prevalência da cárie dentária.

Fonte: Serviço de Higiene Dentária/DUS/SESB

Progressivamente outros municípios tiveram a implantação da fluoretação nas águas de abastecimento público, como Londrina em 1997. Nos anos de 1980, 41,5% da população do Paraná já se beneficiava da fluoretação (AMARANTE, 2008).

No início dos anos de 1980, houve um expressivo aumento da fluoretação das águas de abastecimento público no Brasil em decorrência do apoio financeiro do governo federal, do retorno das eleições diretas para governadores e dos novos gestores estaduais dos setores de saúde bucal que reorganizaram as políticas públicas referentes ao setor e levaram a uma reformulação completa (NARVAI, 2000). Como consequência, novas diretrizes

do Serviço Odontológico do Estado foram formuladas no Paraná – implementação da fluoretação das águas de consumo público onde fosse viável, bochecho com flúor em todas as escolas da rede pública de ensino em todos os municípios e mesmo à área rural, capacitação dos recursos humanos e a implantação de clínicas odontológicas em diferentes áreas do estado a fim de interiorizar e ampliar o atendimento odontológico escolar – que somadas aos programas de educação para a saúde bucal promoveram a queda do CPO-D, na década de 1970, e auxiliaram na prevenção de doenças bucais (AMARANTE, 2008).

Nesse sentido, a expansão da fluoretação se deu de forma gradual no Brasil, em 1982 a população beneficiada era de 25,7 milhões, passando para 60,4 milhões em 1989; em 1996, 68 milhões; e a mais de 70 milhões no ano de 2003 (RAMIRES; BUZALAF, 2007).

A situação da fluoretação no Paraná é bastante positiva. Realizada pela Coordenação de Saúde Bucal em conjunto com SANEPAR, Fundação Nacional de Saúde e Prefeituras municipais a fluoretação das águas de abastecimento público em 1982 representava 47%, chegando a 81,22% da população beneficiada em 1989 (SANEPAR; FUNASA; SESA; ISEP apud AMARANTE, 2008). Em 2007, registrou-se que 97,89% da população urbana e 80,94% da população total do Estado recebe água fluoretada. Nas localidades rurais, onde há mais limitações para a implantação da fluoretação, são ofertados benefícios à população através programas nas escolas públicas: “Escovação Supervisionada com Pasta Dental Contendo Flúor”, “Bochecho Com Flúor” e programas de educação para saúde bucal (AMARANTE, 2008).

Segundo Paraná (2013), apenas 19 municípios no Paraná não realizam a fluoretação da água devido dificuldades técnicas em implantar o serviço, como a ausência de estação de tratamento em cidades com menos de 3 mil habitantes e as inúmeras fontes e poços de abastecimento que exigem modificações na estrutura da rede para adicionar flúor.

Destaca-se que o Ministério da Saúde lançou em março de 2004 a Política Nacional de Saúde Bucal, intitulada “Brasil Sorridente”, que entre as suas diretrizes propuseram a viabilização da adição de flúor nas

águas de abastecimento público e a criação de sistemas de vigilância compatíveis com a Lei 6.050

Assim, viabilizar políticas públicas que garantam a implantação da fluoretação das águas, ampliação do programa aos municípios com sistemas de tratamento é a forma mais abrangente e socialmente justa de acesso ao flúor (BRASIL, 2004, p. 9).

Em âmbito Estadual, a Secretária de Estado da Saúde através da Resolução SESA nº 415/2013 criou o Comitê Técnico para Fluoretação visando apoiar a política de incremento e monitoramento da fluoretação das águas de abastecimento do Paraná.

Nesse sentido, entende-se que a fluoretação da água é um importante mecanismo para reduzir de forma significativa o quadro epidemiológico da cárie dentária. Assim, evidencia-se a necessidade da manutenção e extensão da fluoretação das águas através de programas de políticas públicas, bem como o monitoramento da concentração adequada de flúor a fim de garantir o acesso da população aos benefícios do flúor de modo que previna a fluorose dentária.

2.5.7 Parâmetros e Legislação Vigentes Acerca da Quantidade de Flúor em Água Para Consumo

A política de fluoretação das águas foi consolidada pela promulgação da Lei nº 6.050 de 24 de maio de 1974 sancionada pelo Presidente da República, General Ernesto Geisel, no qual ficou determinado a obrigatoriedade da fluoretação onde exista estações de tratamento de água ou construção e ampliação dos sistemas públicos de abastecimento (BRASIL, 2012). Posteriormente, com a regulamentação, por meio do decreto 76.872, de 22 de dezembro de 1975, estabeleceu-se que os métodos e processos de fluoretação devem ser adotados nos sistemas públicos de abastecimento de água e até mesmo nos sistemas que não possuam estação de tratamento, ficando a cargo do Ministério da Saúde as seguintes atribuições:

Art 2º Fica o Ministério da Saúde nos termos da alínea *b* do item I do artigo 1º da Lei nº 6.229, de 17 de julho de 1975, autorizado a estabelecer normas e padrões para fluoretação da água, a serem observados em todo território nacional.

§ 1º As normas a que se refere este artigo fixarão as condições de obrigatoriedade da fluoretação da água levando em consideração o teor natural de flúor já existente, a viabilidade técnica e econômica da medida e o respectivo quadro nosológico dental da população.

§ 2º As normas e padrões a que se refere este artigo disporão sobre:

a) a concentração mínima recomendada e a máxima permitida de íon fluoreto a ser manida na água dos sistemas públicos de abastecimento;

b) métodos de análise e procedimentos para determinação da concentração de íon fluoreto nas águas de consumo público;

c) tipo de equipamento e técnicas a serem utilizadas na fluoretação da água

§ 3º As normas e padrões de que trata este artigo serão aprovados por Portaria do Ministro do Estado da Saúde.

Art 3º Compete aos órgãos responsáveis pelos sistemas públicos de abastecimento de água dos estados do Distrito Federal, dos Municípios e dos Territórios o projeto, instalação, operação e manutenção do sistema de fluoretação de que se trata este regulamento.

Art 4º Compete às Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e dos Territórios examinar e aprovar os planos e estudos de fluoretação contidos nos projetos a que se refere o artigo 1º deste Decreto, dentro de suas respectivas áreas de jurisdição.

Art 5º O Ministério da Saúde, em ação conjugada com as Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes exercerá a fiscalização do exato cumprimento das normas estabelecidas neste Decreto e nas demais complementares (BRASIL, 1975).

Tendo em vista a Lei 6.050 que torna obrigatório a fluoretação das águas de abastecimento público, a Portaria nº 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975 dispõe sobre as normas e padrão a serem seguidas no processo de fluoretação de todas as águas voltadas ao consumo humano do território nacional. Além disso, a Portaria descreve algumas definições técnicas que determinam os métodos de análise, procedimentos, equipamentos, bem como menciona que a água deve atender os padrões de potabilidade e o abastecimento deve ser contínuo e com controle rotineiro da qualidade da água. Cabe destacar que na Portaria nº 635/Bsb as temperaturas locais são admitidas como critério para definir a concentração adequada de íon de fluoreto adicionado em água, sendo então, o limite de

flúor em mg/L recomendado de acordo com as temperaturas máximas diárias do ar, como proposto por Gallagan e Vermillion (1957) através do cálculo da "concentração ideal de fluoreto":

$$C \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{22,2}{10,3 + 0,725 \times T}$$

Onde T = valor médio das temperaturas máximas diárias observadas durante um período mínimo de um ano (recomendado cinco anos) em graus centígrados.

Fonte: Brasil (1975).

Nesse contexto, observa-se Tabela 4 apresentada pela Portaria nº 635/BsB a relação entre a média das temperaturas máximas diárias do ar e os limites recomendados para a concentração de íon fluoreto na água.

Tabela 4 - Relação entre a média das temperaturas máximas diárias do ar e os limites recomendados para a concentração de íon fluoreto na água.

Média das temp. máx. diárias do ar (°C)	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto (mg/L)		
	Mín.	Máx.	Ótimo
10,0 - 12,1	0,9	1,7	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: Brasil (1975).

Considerando que os elementos químicos podem configurar-se em propriedades toxicológicas em meio a diversas substâncias químicas e que a água é responsável por cerca de entre 2 e 20% da ingestão dos elementos traço, como supracitado (ARAÚJO; PINESE, 2006), torna-se indispensável a admissão de parâmetros qualitativos das características geoquímicas das águas.

A OMS (WHO, 2011) através da publicação "*Guidelines for drinking-water quality*" traz os parâmetros de referência dos elementos químicos que são determinantes para o Ministério da Saúde estabelecer os

padrões de potabilidade de substâncias químicas que apresentam risco à saúde.

Assim, a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde elenca o Valor Máximo Permitidos (VMP) para algumas substâncias químicas dissolvidos em água para consumo, seja em solução alternativa individual ou coletiva de abastecimento, conforme presenciado no Art. 4º da mesma Portaria.

Entre as substâncias químicas destacam-se as inorgânicas, onde a maioria dos teores corresponde ao da OMS (WHO, 2011), com exceção do Sb e do Cd que são superiores e do Hg, NO_3^- , NO_2^- e do Se que possuem valores mais baixos que o sugerido (Quadro 6).

Quadro 6 - Parâmetro dos elementos inorgânicos em água para consumo humano.

Parâmetro	VMP - Ministério da Saúde (2011)	Valor de Referência - Organização Mundial da Saúde (2011)
Antimônio (Sb)	0,005 mg/L	0,02 mg/L
Arsênio (As)	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Bário (Ba)	0,7 mg/L	0,7 mg/L
Cádmio (Cd)	0,005 mg/L	0,003 mg/L
Chumbo (Pb)	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Cianeto (CN ⁻)	0,07 mg/L	-----
Cobre (Cu)	2 mg/L	2 mg/L
Cromo (Cr)	0,05 mg/L	0,05 mg/L
Fluoreto (F ⁻)	1,5 mg/L	1,5 mg/L
Mercúrio (Hg)	0,001 mg/L	0,006 mg/L
Níquel (Ni)	0,07 mg/L	0,07 mg/L
Nitrato (NO ₃ ⁻)	10 mg/L	50 mg/L
Nitrito (NO ₂ ⁻)	1 mg/L	3 mg/L
Selênio (Se)	0,01 mg/L	0,04 mg/L
Urânio	0,03 mg/L	0,03 mg/L

Fonte: Brasil (2011) e OMS (WHO, 2011). Org. pela autora.

Este instrumento regula os padrões de potabilidade da água de consumo humano com alguns parâmetros comuns às águas superficiais tratadas e subterrâneas, compreendendo além dos padrões de elementos inorgânicos,

Os padrões de proteção contra os microorganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas ou venenosas, e também visam o controle da qualidade em relação aos aspectos estéticos,

organolépticos, econômicos, etc., que embora sejam desejáveis, não são essenciais à proteção da saúde pública (cor, sabor, turbidez, odor, dureza, corrosividade, etc). (PINESE; MARTINS JÚNIOR, p. 138, 2005).

Como destacado no Quadro 5 a OMS (WHO, 2011) e a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que o teor máximo para consumo de fluoreto não deve ultrapassar 1,5 mg/L (BRASIL, 2011). De acordo com Brasil (2012), esse valor também é recomendado pelos Guias de Controle da Qualidade da Água da Organização Pan-americana de Saúde (OPAS) de 1996.

Considerando os riscos à saúde alguns Estados, como no Rio Grande do Sul e São Paulo, o teor de flúor estipulado para consumo torna-se mais restritivo que a Legislação Federal. A Portaria nº 10/1999 do Rio Grande do Sul designa que a faixa de concentração de flúor em água para consumo seja entre 0,6 a 0,9 mg/L. Em São Paulo, a Resolução SS-4/2003 que determina os parâmetros de qualidade de água para consumo humano estabelece que o teor adequado de flúor é de 0,7 mg/L e define como aceitável uma concentração entre 0,6 a 0,8 mg/L.

O Estado do Paraná não dispõe de uma portaria própria o que determina a aplicação da Portaria 2914 /2011 do Ministério da Saúde. No entanto, ressalta-se que o limite de flúor em mg/L recomendado para ser adicionado aos sistemas públicos de abastecimento de água deve estar de acordo com as temperaturas máximas diárias do ar, como advertido pela Portaria nº 635/Bsb.

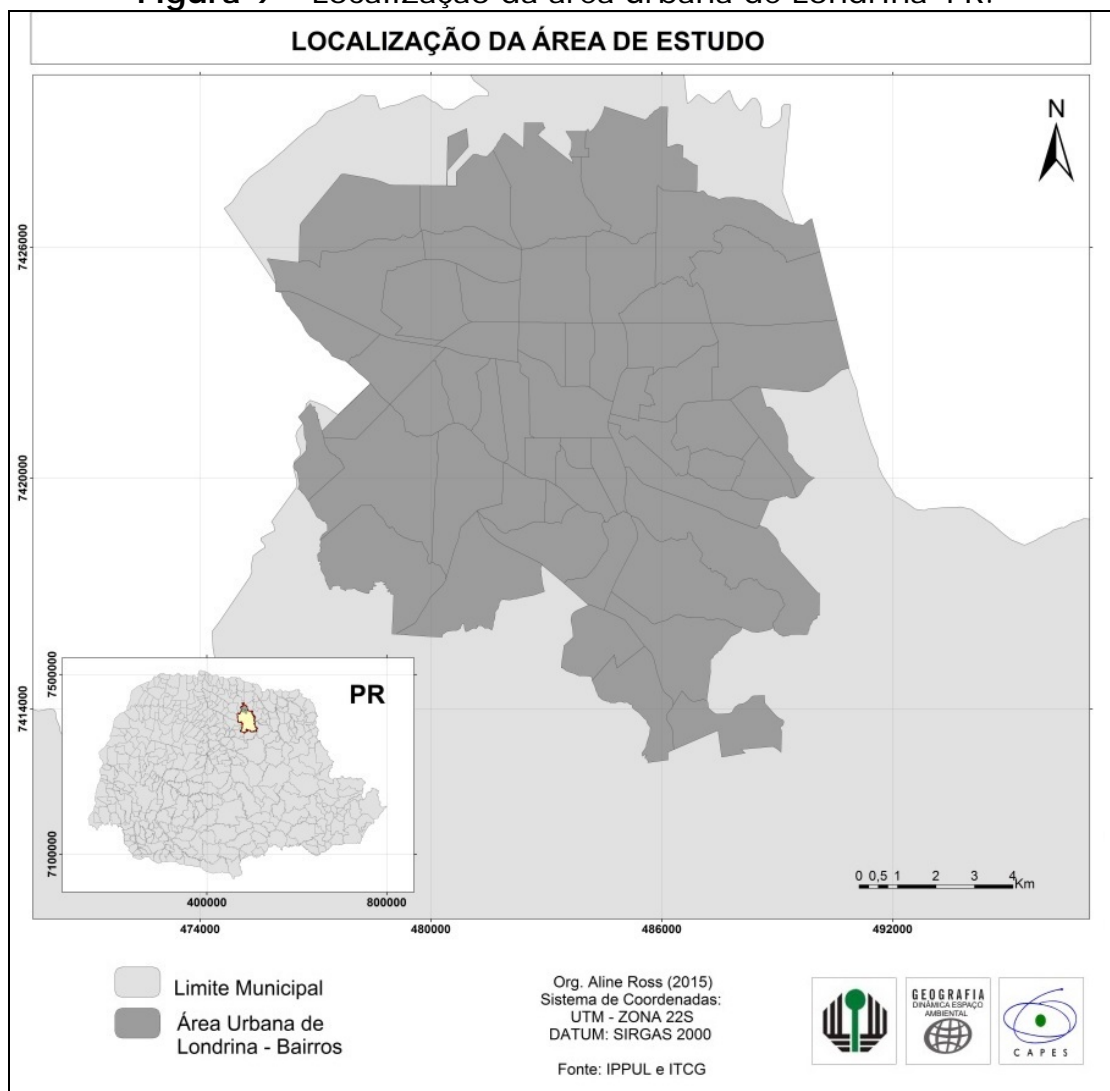
3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOCIOECONÔMICAS DE LONDRINA

3.1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.1.1 Localização

A área urbana de Londrina localiza-se na porção Norte do Paraná, entre as latitudes $23^{\circ}14'19''$ e $23^{\circ}43'22''$ sul e longitudes de $51^{\circ}13'30''$ e $51^{\circ}05'19''$ oeste, ocupando uma área de 164,33 Km² (IBGE, 2014).

Figura 9 - Localização da área urbana de Londrina-PR.



Fonte: A autora.

3.1.2 CLIMA

Conforme o sistema de classificação de Köppen, o clima em Londrina é caracterizado pelo tipo Cfa (subtropical mesotérmico úmido): clima subtropical, com verões quentes e tendências de concentração de chuvas, modificado pela altitude e úmido em todas as estações, com predominância de massas atmosféricas intertropicais (Tropical Atlântica, Tropical Continental, Equatorial Continental e Polar Atlântica) (IAPAR, 2013).

Segundo Maack (2002), a classificação do tipo "C" designa climas temperados chuvosos e quentes; o tipo "f" a ocorrência de precipitação o ano todo sem a presença de secas definidas; "a" relaciona-se aos verões quentes, com temperaturas superiores a 22°C no mês mais quente.

As temperaturas médias no mês com frio mais rigoroso são inferiores a 18°C, podendo haver ocorrência de geadas, principalmente, em julho quando são alcançadas as menores médias de temperaturas, 10°C, com destaque as áreas de maiores latitudes e altitudes (MAACK,2002).

O município de Londrina encontra-se na linha divisória do trópico de Capricórnio, a poção urbana fica predominantemente ao Norte do trópico enquanto a porção Sul, onde estão grande parte dos distritos, situa-se na zona subtropical. Maack (2002) destaca que entre 7 de dezembro e 7 de janeiro o sol incide perpendicularmente sobre o a região situada ao norte do trópico de Capricórnio, influenciando diretamente na temperatura.

O mês mais quente no Paraná, segundo o mesmo autor, ocorre em janeiro ou fevereiro, com temperaturas mais elevadas aproximadamente 3 a 4 semanas depois da irradiação solar vertical se direcionar ao Norte do Estado.

Quadro 7 - Resumo climatológico de Londrina (1976-2013).

MÊS	TEMP. DO AR (°C)			U.REL	VENTO		PRECIP.(mm)	
	Média	Média máx.	Média mín.	Média (%)	Direção o pred.	Vel. (m/s)	Total (mm)	Dias de chuvas
JAN	23,9	29,4	19,6	77	E	2,4	217,6	16
FEV	23,9	29,8	19,6	76	E	2,2	188,6	14
MAR	23,5	29,7	18,7	73	E	2,3	137,0	12
ABR	21,6	27,9	16,6	71	E	2,2	112,1	8
MAI	18,3	24,4	13,5	74	E	2,1	111,9	8
JUN	16,8	23,0	12,0	75	NE/E	2,0	98,1	8
JUL	16,9	23,5	11,6	69	E	2,3	68,1	6
AGO	18,8	25,8	12,8	62	E	2,4	49,8	5
SET	20,1	26,6	14,5	63	E	2,8	117,3	9
OUT	22,2	28,7	16,7	66	E	2,8	145,4	10
NOV	23,1	29,4	17,9	66	E	2,8	160,3	11
DEZ	23,8	29,5	19,1	72	E	2,5	201,3	14
ANO	21,1	27,3	16	70,5	-	-	1608	121

- sem dados.

Fonte: Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR (2014).

A média máxima de temperatura registrada pelo Instituto Agronômico do Paraná (2014) em Londrina (29,8°C) (Quadro 7) pode ser explicada pela influência da incidência da radiação solar, e as maiores taxas máximas absolutas de temperatura, em outubro (38,1°C) e novembro (39,2°C), devido à redução das chuvas se comparadas aos meses de verão, como explica Maack (2002).

Confrontando os dados do resumo climatológico de Londrina, entre anos de 1976 a 2013, com a classificação Cfa, nota-se que a temperatura média ultrapassa os 22°C, enquanto na primavera e no verão ocorre uma média máxima de 29,8°C. Os meses de inverno também corresponderam ao clima tipo Cfa, apresentaram médias inferiores a 18°C, com destaque para os meses de junho, julho e quando as geadas noturnas podem ser mais frequentes em agosto.

A dinâmica dos ventos é predominante na direção leste e na velocidade média anual de 2,4 m/s. Os ventos mais velozes, durante os meses de setembro, outubro e novembro, chegam a 2,8 m/s.

As precipitações ocorrem ao longo do ano todo, como designado na classificação aferida ao município. As médias referentes aos 37 anos apontam que as chuvas são mais intensas durante o verão, chegando a

uma média de 16 dias com chuvas em janeiro (217,6 mm de precipitação), reforçando as características tropicais da região. Os dados de precipitações somados aos de umidade aferem que os meses de inverno são os mais secos, com destaque ao mês anômalo de junho de 2012, no qual se registrou 200,5 mm de precipitação em um único dia (dia 19) superando a média mensal, que até 2011 registrava-se em 87,1mm, em 130%.

3.1.3 Hidrografia

A área urbana de Londrina encontra-se inteiramente compreendido na bacia hidrográfica do rio Tibagi, que pertence à bacia do Paraná. O Tibagi, situado à leste do município, tem sua nascente na Serra das Almas, entre Ponta Grossa e Palmeira, nos Campos Gerais a 1.100m de altitude e desagua na Usina Hidrelétrica de Capivara, próximo aos município de Porecatu e Taciba, em confluência com o rio Paranapanema, a 298m de altitude (PARANÁ, 2010).

A bacia do Rio Tibagi agrupa os rios das bacias de Londrina. Na área urbana há cinco bacias que se entendem em 245,52 Km², são elas: Jacutinga, Lindóia, Cambé, Limoeiro, Cafezal e Três Bocas (ARCHELA; BARROS, 2009). No entanto, na área de estudo do presente trabalho que tem como delimitação os bairros da área urbana, a bacia Três Bocas não é contemplada, como se mostra na Figura 10.

3.1.3.1 Abastecimento

A Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA)² através da Portaria nº003, de março de 1991, enquadra as águas do rio Tibagi como rio de água doce de Classe 2 (PARANÁ, 1991).

Desse modo, considerando que após a Resolução nº357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) não foram estabelecidos novos enquadramentos, as águas do rio Tibagi, conforme Brasil (2005, p.5), podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

O rio Tibagi caracteriza-se por ser um grande reservatório de água natural. Segundo Paraná (2010), a demanda hídrica da população na Bacia do rio Tibagi é de aproximadamente 9000 L/s, sendo a região do Baixo Tibagi, onde Londrina encontra-se, responsável por 67% da demanda total para abastecimento público.

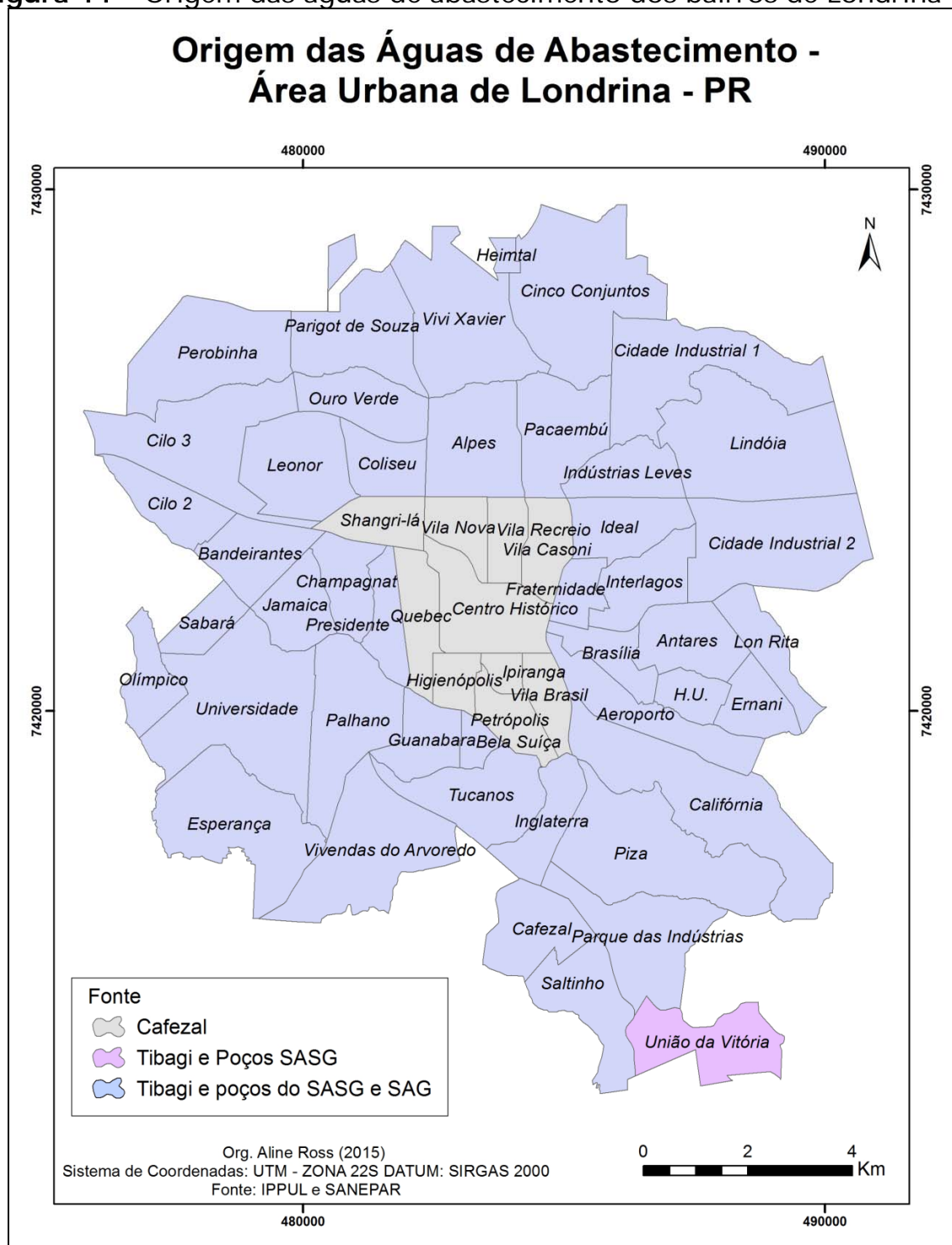
O abastecimento se dá pela captação dos afluentes alocados nos 42 municípios que a bacia abrange. Diretamente ligadas ao rio Tibagi estão localizadas as captações que abastecem as cidades de Londrina, Cambé, Tibagi e Telêmaco Borba (PARANÁ, 2010).

A primeira fonte de abastecimento de Londrina foram as águas do ribeirão Água Fresca, mas a medida que a expansão urbana foi aumentando houve a necessidade de substituí-lo pela captação do ribeirão Cafezal, que até hoje opera abastecendo a região central, e outras alternativas. Assim, o abastecimento de água em Londrina é constituído pelo

² Em 1992 junto com o Instituto de Terras Cartografia e Florestas (ITCF) deu origem ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (PARANÁ, 2014).

sistema de captação superficial do rio Tibagi (55%), pelo Ribeirão Cafezal (37%) e 10 poços profundos com águas provenientes do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e outros 2 poços do Sistema Aquífero Guarani (SAG) que correspondem a 8% (LEÃO, 2014; LONDRINA, 2008) (Figura 11).

Figura 11 – Origem das águas de abastecimento dos bairros de Londrina-PR



Fonte: A autora.

Além desses poços das Estações de Tratamento de Água (ETA) da SANEPAR, outros com águas do SASG operam para o abastecimento de condomínios (horizontais e verticais), imóveis rurais e indústrias.

Em monitoramento realizado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), entre abril de 2010 e dezembro de 2011 foram analisados os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e toxicológicos representados pelo índice de Avaliação Integrada da Qualidade de Água (AIQA) tendo como critério de qualidade a Resolução nº357/2005 do CONAMA. O monitoramento objetivou fazer um estudo prévio anterior à operação da Usina Hidrelétrica Mauá, tendo em vista a possibilidade de futuros impactos negativos sobre a qualidade das águas, como a eutrofização (IAP, 2012).

Dentre os cinco pontos de amostragem monitorados, dois estão localizados em Londrina, na estação de captação de água da SANEPAR e o outro a montante, que foram avaliados como pouco poluído e boa, respectivamente (IAP, 2012). Embora as ótimas condições de pH, os baixos teores de matéria orgânica e a ausência de toxicidade a organismos sensíveis à poluição tenham sido notados, os meus autores deixam claro que através das violações (no primeiro DBO5, fósforo total, turbidez, cobre dissolvido, fenóis, *Escherichia coli*, e no segundo, Turbidez, Cobre dissolvido, Fenóis) observadas os pontos monitorados apresentam sinais de poluição, como o elevado número de colônias de *Escherichia coli* e fósforo total que evidenciam as precárias condições sanitárias (IAP, 2012).

O tratamento da água para consumo, realizado por companhias de saneamento, consiste basicamente em procedimentos (floculação, decantação, filtração, correção do pH, cloração, alcalinização e fluoretação) para remover as partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microorganismos e outras substâncias deletérias à saúde (BOTERO, 2009).

Nas águas de abastecimento público, que também são objeto de estudo dessa pesquisa, a SANEPAR realiza o tratamento utilizando-se de cloro gasoso nas estações e pastilhas de tricloro nos poços durante a cloração; cloreto férrico para depurar as águas transformando as impurezas suspensas em estado coloidal; policloreto de alumínio para floculação; cloro

gasoso para desinfecção; fluorsilicato de sódio na fluoretação; e hidróxido de cálcio na floculação e correção do pH (LONDRINA, 2008).

3.1.4 Caracterização Geológica

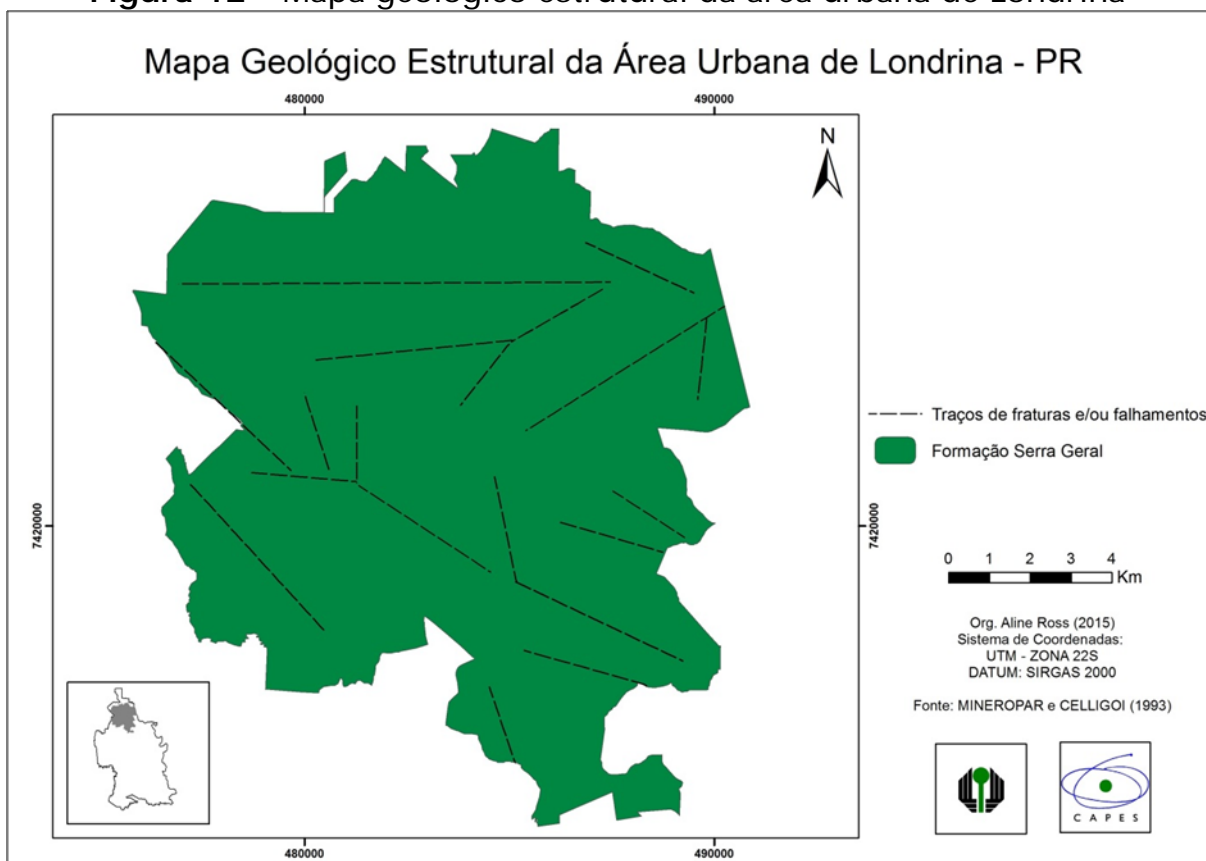
A área de estudo encontra-se inserida na Bacia Sedimentar do Paraná que se constitui em uma extensa depressão deposicional de pacotes de rochas sedimentares e vulcânicas (PINESE, 2002).

A geologia do Estado do Paraná é resultado de diferentes períodos e ciclos tectônicos que se iniciaram há mais de 2,8 bilhões de anos e deram origem às unidades geológicas e estratigráficas, que segundo Maack (2002) distinguem-se em cinco grandes regiões de paisagens naturais: Litoral, Serra do Mar, Primeiro Planalto, Segundo Planalto e Terceiro Planalto.

O Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava, unidade estrutural onde o município de Londrina encontra-se localizado (Figura 12), caracteriza-se, principalmente, por derrames basálticos e por bancos arenosos do Grupo Bauru que recobriram o derrame de lavas basálticas, no planalto ocidental (PINESE, 2002). De modo geral, os basaltos são toleíticos e andesitos basálticos e, subordinadamente, um conjunto de derrames de riolitos e riodacitos (PINESE, 2002).

As rochas mesozoicas do Terceiro Planalto são subdivididas em dois grupos, São Bento e Bauru, além dos sedimentos continentais da era cenozoica (ARCHELA; FRANÇA; CELLIGOI, 2003). O Grupo São Bento, de ambiente de deposição desértico e derrames basálticos (PINESE, 2002), constitui-se por sedimentos de idade triássica, referentes aos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu, e por derrames vulcânicos do tipo basáltico, ocorridos nos períodos Jurássico e Cretáceo, da Formação Serra Geral.

Figura 12 – Mapa geológico estrutural da área urbana de Londrina



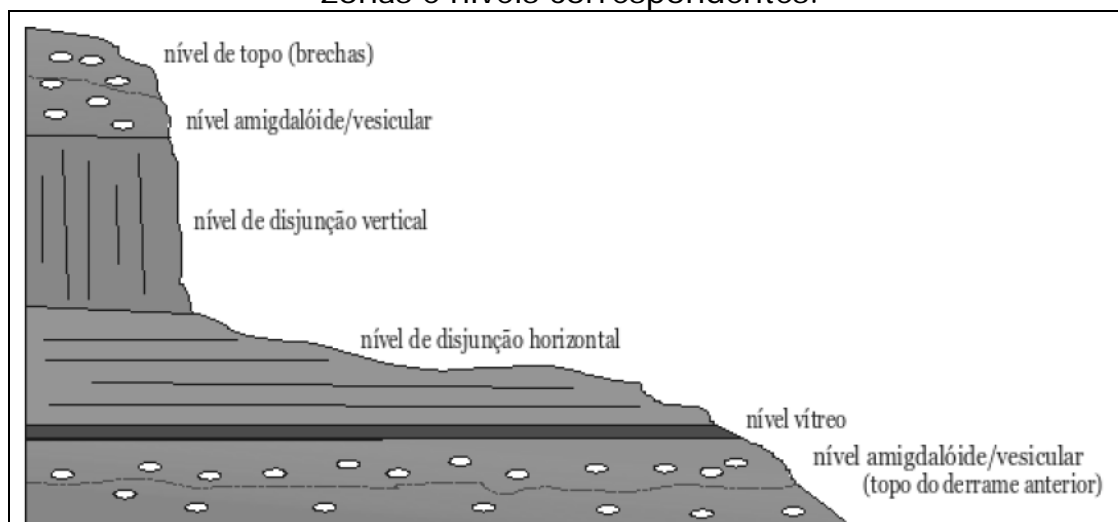
Fonte: A autora.

Na região de Londrina aflora a Formação Serra Geral, que é composta por um conjunto de derrames e intrusivas que se estendem em 110.000 km² do território paranaense com uma espessura máxima na ordem de 1400 m (ROSA FILHO et al., 2011). Esse conjunto de derrames vulcânicos, de acordo com Archela et al. (2003), podem ser caracterizados como corpos tabulóides, chamados *trapps*, que representam cada episódio de atividade vulcânica do tipo fissural, diques de diabásio ou outros corpos intrusivos.

Os basaltos presentes na afloração, em geral, apresentam texturas afaníticas a microcristalinas, com estruturas maciças ou vesículo-amigdaloidais (ARCHELA; FRANÇA; CELLIGOI, 2003).

Conforme Nanni (2008) o pacote de rochas básicas é composto por derrames individualizados (10 a 40 metros) com intercalações de arenitos com características da Formação Botucatu, o qual apresenta a morfologia estrutural dos derrames primários da Formação Serra Geral (Figura 13).

Figura 13 - Estruturas primárias de derrames da Formação Serra Geral, zonas e níveis correspondentes.



Fonte: Nanni (2008).

A sequencia das rochas basálticas de tipo ácidas é constituída por unidades ignimbríticas de composição riolítica a dacítica com extensões de até 60 quilômetros e espessura máxima de 70 metros. A anatomia da unidade apresenta disjunções horizontais e colunares, denotando o tectonismo frágil que gera as fraturas regionais que combinadas às estruturas primárias resultam na boa porosidade e permeabilidade do Sistema Aquífero Serra Geral (NANNI, 2008).

As feições estruturais são importantes para a hidrogeologia e a hidrogeografia, visto que determinam as feições geomorfológicas regionais e locais. Nesse sentido, Archela et al. (2003) destacam que as feições estruturais referentes aos sistemas de fraturamentos e/ou cisalhamento regionais, predominantemente, nas direções NE-SW e NW-SE, e secundariamente para E-Wm são os condicionantes das drenagens locais.

3.1.4.1 Aquífero Serra Geral

A Formação Serra Geral armazena em estruturas tectônicas e vulcânicas as águas do Aquífero Serra Geral. Este aquífero encontra-se nos Estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso, e na Argentina, Paraguai e Uruguai (MARCELLIN; FERREIRA, 2009).

No Estado do Paraná as águas do Aquífero Serra Geral envolvem uma área aproximada de 110.000 Km² sobrepondo o Sistema Aquífero Guarani (SAG) formado pelo conjunto das formações Botucatu e Pirambóia.

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), composto por derrames de basaltos e basalto-andesitos de filiação toleítica, é predominantemente do tipo fraturado. As aberturas das fraturas, resultantes de deformações sofridas pelas rochas ígneas oriundas de derrames e intrusões interconectadas com feições que permitem o armazenamento de grandes volumes de água (NANNI, 2008; VIANA; CELLIGOI, 2002).

A composição mineralógica das rochas que compreende o SASG é essencialmente composta por plagioclásios, piroxênio, magnetita, constituintes menores como, vidro intersetal, quartzo, apatita e zeolitas, minerais de cobre, variedades de quartzo e argilominerais presentes nas amígdalas (BARROS, et al, 2011).

De acordo com Celligoi (1993), as feições litológicas das rochas cristalinas do Aquífero Serra Geral são horizontes vesiculares e amigdaloidais de topos de derrame preenchidas, diaclases horizontais de contração magmática e diaclases verticais, as quais agregam propriedades hidrogeológicas heterogêneas que o distingue dos demais meios fraturados. Por esse motivo, Marcellin e Ferreira (2009, p. 569) afirmam que a característica fissural do SASG de “não possuir porosidade e permeabilidade primária”, resulta na necessidade de descontinuidades físicas das rochas para a água ser transportada e armazenada. Assim, o modo de ocorrência das águas subterrâneas do SASG fica condicionado às descontinuidades das rochas que estão relacionados aos fatores litológico-estruturais (CELLIGOI, 1993).

A recarga principal ocorre através da precipitação que varia entre 1.200 e 1.400 mm/ano (BITTENCOURT et al., 2003), em especial nas áreas com manto de alteração pouco desenvolvido (NANNI, 2008), somada às “águas que ascendem por descontinuidades geológicas dos aquíferos subjacentes sob elevada pressão hidráulica” (BITTENCOURT et al., 2003). Sobre a recarga, Celligoi (1993) infere que as características litológicas da

região favorecem a percolação de água nas rochas do Aquífero Serra Geral e os aspectos geomorfológicos da região lhe conferem condições de regularização de recarga favoráveis, pois há presença de áreas de topografias elevadas com cobertura vegetal e ausência de pavimentação que impedem impactos diretos das águas pluviais, bem como minimizam o escoamento superficial.

A profundidade necessária para haver entrada de água no SASG, entre 100 e 110 metros, é menor que a do SAG que encontra-se em alto confinamento, o que propicia uma maior quantidade de perfuração de poços tubulares do Serra Geral para áreas de abastecimento em área rural, indústrias, condomínios residenciais e pequenos municípios. No entanto, devido ao fato da exploração se dar por poços mais rasos estes podem, geralmente, apresentar ligação direta com águas da superfície o que os tornam mais vulneráveis aos processos de contaminação, pelas fraturas das rochas ou, muitas vezes, em razão dos defeitos construtivos dos poços (SCHEIBE; HIRATA, 2008).

Rosa Filho et al. (2011) destaca que as profundidades dos níveis produtores de água no SASG chegam até 250 m, sendo as vazões mais elevadas em profundidade entre 30 e 120 m³/h. Para Celligoi (1993), a vazão dos poços tubulares na região de Londrina está atrelada ao número e condições de aberturas das fraturas.

Sobre os aspectos físicos, Rebouças (1978, apud NANNI, 2008) destaca que o SASG é do tipo fraturado instável o que lhe confere a característica de um aquífero heterogêneo e anisotrópico, sendo então difícil elaborar um modelo físico-químico. Outro fator que torna complexo o modelamento físico-químico é a variação do nível de água em pequenas distâncias horizontais (NANNI, 2008).

Nanni (2008) apresenta, com base no trabalho de Lisboa e Menegotto (1997), que as águas do SASG são de excelente qualidade, os resíduos secos raramente superior a 50 mg/L, pH ácido e composição química bicarbonatada cálcica com Ca, Mg e Na.

Em Londrina, Celligoi e Duarte (1994) identificaram em poços tubulares da Formação Serra Geral que as águas bicarbonatadas cálcicas estão relacionadas com a mineralogia e natureza das rochas basálticas.

A composição bicarbonatada sódica no SASG é oriunda de mistura de águas com os aquíferos subjacentes “através de fraturamentos associados às zonas onde o nível potenciométrico do aquífero poroso é menor do que o do aquífero fraturado” (FREITAS, 2003, p. 78). A tipologia das águas bicarbonatadas, em poços com profundidades de até 200 m, do SASG sugere a existência de conectividade com as águas do Sistema Aquífero Guarani (CELLIGOI, 1993; BITTENCOURT, 1978 apud BITTENCOURT et al., 2003; MACHADO, 2005 apud NANNI, 2008).

Os baixos teores de sulfeto nas águas do SASG estão associados às rochas efusivas pobres em sulfetos e outras formas de enxofre. Enquanto o bicarbonato é o mais abundante ânion em função do tempo de residência e as condições de recarga do aquífero (BITTENCOURT et al., 2003).

Buscando aferir sobre a qualidade da água presente no SASG, Rosa Filho et al. (2011) a partir de 150 análises físico-químicas identificaram concentrações de ferro, nitrato e flúor acima do valor máximo estipulado pelo Ministério da Saúde (Quadro 8). Os valores referentes ao flúor foram registrados no município de Itambaracá no extremo norte do Estado do Paraná.

Quadro 8 - Resumo estatístico dos parâmetros químicos da água do SASG

Parâmetro	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	VMP ⁽¹⁾
Alcalinidade total	204,5	6,86	78,85	77,45	⁽²⁾
Dureza total	155,29	0	52,1	44,84	500
STD	284	10	121,14	112,14	1.000
Sílica dissolvida	71,8	7,07	39,09	40,54	⁽²⁾
Bicarbonato	213,54	8,4	90,11	90,37	⁽²⁾
Carbonato	56,36	0	2,56	0	⁽²⁾
Cloreto	26,83	0	2,04	0,94	250
Fluoreto	4,9	0,01	0,18	0,08	1,5
Fosfato	0,53	0,02	0,17	0,13	⁽²⁾
Sulfato	49,17	0,01	1,69	0,5	250
Nitrato	98,26	0,01	4,1	1,9	45
Nitrito	1,59	0	0,03	0,01	3
Cálcio	34,87	1,52	14,76	12,8	⁽²⁾
Magnésio	20,56	0,02	3,75	2,88	⁽²⁾
Sódio	90,5	1,3	15,95	10,1	200
Potássio	2,6	0,01	0,87	0,8	⁽²⁾
Ferro	137	0,01	1,62	0,04	0,3

⁽¹⁾ VMP (valor máximo permitido)

⁽²⁾ VMP (valor máximo permitido não especificado)

Fonte: ROSA FILHO et al. (2011).

A manifestação dos elevados íons de fluoreto nas águas do SASG pode estar associada ao intemperismo das rochas ígneas da Formação Serra Geral, às ocorrências de fumarolas e gases magmáticos, depósitos hidrotermais, vidro vulcânico e minerais acessórios que substituem os íons hidroxilas (OH)- durante e após a cristalização dos minerais, como apatita, micas (especialmente biotita) e anfibólios e outros minerais pegmatíticos (topázio, turmalina, fluorita, etc.) (MARIMON, 2006; ANDREAZZINI et al., 2006).

Fraga (1992) assinala outra possível alternativa para os teores mais altos de flúor nas águas do SASG, a presença de eixos de maior subsidência da bacia deposicional da Formação Pirambóia.

3.1.4.2 Abastecimento

O Sistema Aquífero Serra Geral é responsável por suprir o abastecimento público de 80% dos municípios que se encontram sobre a Formação Serra Geral, como afirma Nanni (2008) a partir de dados do DEPDE/SURHMA. Entre os 5.906 poços do Aquífero Serra Geral no Paraná,

4.762 estão localizados na área de abrangência do Aquífero Serra Geral Norte, dos quais 617 foram outorgados para a SANEPAR, que direciona essas águas ao abastecimento de 281 localidades, sendo o volume total anual igual a 72.274.337 m³ (PARANÁ, 2010).

No município de Londrina, as águas subterrâneas do SASG tornam-se fonte de abastecimento para os setores industriais, particulares e públicos, a partir da captação por 18 poços tubulares a uma vazão aproximada de 1072.6m³/h, em um regime de 18 horas por dia (VIANA; CELLIGOI, 2002). Segundo os mesmos autores, o restante dos poços, 152 com vazão aproximada de 1317m³/h, são direcionados ao abastecimento de indústrias, comércio e condomínios residenciais.

3.1.5 Geomorfologia

As formas fisiográficas do relevo de Londrina são produtos da dinâmica geológica interna do vulcanismo de fissura do Mesozóico, somados às modificações provocadas por processos exógenos que envolvem a erosão e o intemperismo. A sucessão de derrames basálticos promoveu uma série de patamares que ao longo do tempo passaram por processos erosivos originando as mesetas e platôs que constituem as áreas de topos alongados e vertentes entalhadas, os espigões divisores de águas (MAACK, 2002).

Londrina está sobre a unidade estrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, com grande parte de seu território na subunidade morfoescultural do Planalto de Londrina (MINEROPAR, 2006). A superfície do terreno apresenta altitudes que variam entre 350 a 608 metros, em área urbana, e 820 metros de altitude próximo a Lerrovile. Na porção norte e noroeste do município a altitude média é de 550 a 620 m, o relevo é mais suavizado, com vertentes pouco inclinadas que não ultrapassam 10%. Na região sul e sudeste em que as formas do relevo são decorrentes do lineamento geológico e do entalhamento hidrológico do rio Tibagi, o relevo é mais dissecado (declividade > 30%) com altitudes entre 350 a 500 m (ARCHELA; BARROS, 2009).

Na paisagem do Planalto de Londrina a dissecação do relevo é média com topos alongados, vertentes convexas e vales em "V". Em algumas áreas da porção noroeste de Londrina encontram-se na subunidade do Planalto de Maringá onde se observa geomorfologia de dissecação baixa, topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em "V". Na porção sudoeste, ladeando o Rio Tibagi, em área menor presencia-se a subunidade morfoescultural do Planalto de Foz do Areia, o relevo é extremamente dissecado, há topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus (MINEROPAR, 2006).

De modo geral, sobre as rochas eruptivas do Grupo São Bento, na região de Londrina, há predomínio de províncias com formas convexas, como nas vertentes do ribeirão Cafezal, relevos suaves ondulados e ondulados e províncias com formas em patamares, sobretudo, próximos às cabeceiras dos córregos e fundos de vales, com predomínio do relevo ondulado e forte ondulado (BOGNOLA et al., 2011; BARROS, 2009).

3.1.6 Solos

A estrutura pedológica do município esta diretamente relacionada ao derrame de rochas basálticas que se deu no estrato geológico do Terceiro Planalto. O material geológico de origem tectônica influenciou na composição mineralógica primária dos solos da região – plagioclásios, piroxênios e anfibólios –, bem como na ocorrência de determinados tipos de solos, que de acordo com Bognola et al., (2011), são predominantemente solos com características boas para a agricultura.

Através do mapa de solos do Estado do Paraná (BHERING; SANTOS, 2008), observa-se que a área de estudo apresenta basicamente, Cambissolo, Gleissolo, Latossolo, Neossolo e Nitossolo. Devido à presença de rochas eruptivas básicas, o solo de Londrina apresenta caráter férrico argiloso, como o Latossolo Vermelho Eutroférico latossólico (22,3%) encontrado na paisagem de topos, onde a estabilidade geopedológica é maior, e solos desenvolvidos como o Nitossolo Vermelho Eutroférico

latossólico (20,9%) e Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (13,9%) alocados no terço inferior de encostas com 15 a 25% de declividade.

Além desses, há predomínio de Neossolo Regolítico Eutrófico típico/léptico (13,7%), em relevos ondulados e ondulados fortes, e Neossolo Regolítico Eutrófico típico/léptico + Neossolo Litólico e afloramento de rocha (7,4%) nas áreas montanhosas (BHERING; SANTOS, 2008). Estes, também estão associados às rochas eruptivas básicas e são solos mais rasos, dispostos entre 20 e 30 cm, o que torna comum a presença de pedras e matacões (BOGNOLA, 2011).

3.1.7 Vegetação

A ocupação no norte do Paraná, especialmente a partir de 1920, desencadeou a retirada das florestas nativas em função da expansão agropecuária, essencialmente ligado a cultura do café. Além da atividade agrícola a derrubada passou a ocorrer visando a obtenção de madeira de lei, voltada para a construção de casas e móveis (MENDONÇA; BARROS, 2002).

A vegetação que constituía a região formava um ecossistema de floresta estacional semidecidual (TOREZAN, 2002), que com o uso predatório do solo foi reduzida a pequenos fragmentos florestais, imersos em uma matriz de campos agrícolas e algumas áreas verdes em fundos de vale, estas também descaracterizadas.

Desse modo, a ocupação sem planejamento, como se deu, ocasionou a fragmentação da vegetação, resultando em uma restrita conectividade entre os fragmentos florestais, comprometendo a manutenção da biodiversidade local, bem como a qualidade do ambiente urbano (TOREZAN, 2002).

Segundo Lopes e Anjos (2006), em decorrência da supressão da cobertura original estima-se que a mesma é representada por cerca de 2 a 4% em fragmentos relativamente isolados entre si, em áreas que não chegam a ultrapassar 100 ha. Esses fragmentos compõe a paisagem de pequenas áreas preservadas, como o Bosque no Centro de Londrina, o Parque Arthur Thomas e o Parque Estadual Mata dos Godoy, este último é a

maior área de preservação do norte do Paraná, com 656 ha de floresta semidecídua (ARCHELA; BARROS, 2009; LOPES; ANJOS, 2006).

De acordo com Maack (2002), a vegetação típica da floresta semidecidual em Londrina é composta por *Euterpe edulis Martius* (Arecaceae), uma espécie de palmeira nativa; *Aspidosperma polyneuron*, a peroba rosa; *Cedrela fissilis Vell.*, cedro; leguminosas, como jataí ou jatobá, além de outras. Em relação a vegetação em área urbana, presente em áreas de preservação permanente de fundo de vale, constituem-se, segundo Trabaquini et al. (2009), em florestal (26,25%), arbórea (24,69%), rasteira (21,38%), capoeira (17,11%) e agrícola (5,68%).

3.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Durante as primeiras décadas do século XX, frentes pioneiras de ocupação atraídas pelas terras férteis para o cultivo de café se instalaram no Norte do Paraná, configurando no maior crescimento demográfico do período, entre os estados brasileiros (SANTOS; OLIVEIRA, 2011), impulsionando a formação de novos núcleos urbanos, como Londrina e Maringá.

A Companhia de Terras do Norte do Paraná (CTNP), o empreendimento através do qual os ingleses organizaram o planejamento fundiário objetivando o lucro pela atividade imobiliária, fez chegar os trilhos à região e dividiu as grandes propriedades em pequenas e médias dotadas de infraestruturas básicas – estrada de rodagem e fonte de água (AMORIM; MEDEIROS, 2011). Logo, a terra roxa (latossolo) e a venda por pequenos lotes possibilitaram o acesso de pequenos produtores que vinham de todas as regiões do Brasil, como mineiros e paulistas que estavam interessados com o lucro do “ouro verde” (ALEGRE; MORO, 1986; FRESCA, 2007).

Nesse contexto, a quarta maior cidade da porção Sul do território brasileiro é fundada em 1924 e elevada à condição de município em 1934. A prosperidade e o capital advindo da monocultura exportadora com alto valor de mercado internacional impulsionou o fluxo migratório à

Londrina e a outros municípios da região Norte, que até 1960 foi um dos polos de atração mais importantes do país (ALEGRE; MORO, 1986).

Com o crescimento populacional somado ao fortalecimento da atividade agrícola – café nos anos de 1950-1960 e o trigo e a soja nos anos de 1960-1970 –, fez-se necessário a criação e implementação de outras infraestruturas urbanas à cidade que se tornava centro de abastecimento, de comercialização de produtos agrários, serviços especializados (transações financeiras, empréstimos, investimentos, outros) e altamente urbanizada em relação às outras cidades do Norte, pois entre 1940-1950 Londrina apresentava mais de 50% da população em área urbana (CASARIL, 2011). Desde esta época, Londrina recebia muitos investimentos, fornecia energia elétrica e rede de água, e através das precoces edificações e verticalizações imprimia marcos de modernidade à “Capital do Café” (CASARIL, 2011).

A partir da modificação estrutural da economia brasileira em que o Estado passou a privilegiar investimentos na economia urbano-industrial em detrimento da economia agrária, e com o evento da geada de 1974, a cultura do café, que ocorria em áreas reduzidas em razão da introdução de culturas mecanizadas (soja, trigo, milho e algodão), foi praticamente erradicada (DA SILVA; MELCHIOR, 2002). Assim, o espaço urbano de Londrina foi se estruturando, bem como o cenário industrial – com suporte de rodovias, ferrovias, energia e telecomunicações avançando – e o setor terciário que foram fortalecidos pela mão-de-obra de trabalhadores que atuavam na área rural.

Nos anos de 1990, com a criação da Cidade Industrial Londrina, o fortalecimento da agroindústria, a implementação de novos empreendimentos e serviços, mediante a estabilização econômica com o plano real, um novo ciclo de desenvolvimento econômico se produz e estrutura o espaço geográfico do município (FRESCA, 2002; AMORIM; MEDEIROS, 2011; PAULA et al., 2013). Essa transformação resultou no aumento do processo de expansão urbana, mantendo o crescimento da malha urbana, sobretudo em direção à zona norte e sul, e a conurbação com Cambé e Ibiporã (FRESCA, 2002; PAULA et al., 2013)

Londrina foi criada como forma de garantir a realização da especulação fundiária (FRESCA, 2002), que mantém-se através da especulação imobiliária. O município têm características marcantes de “um tecido espacialmente fragmentado e socialmente segregado” (PAULA et al., 2013, p. 13) que reflete diretamente nas condições de acesso à infraestruturas urbanas e serviços públicos que possam garantir a saúde e o bem estar da população, como os serviços de saneamento.

De acordo com o Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB), com referência no número de famílias, até o ano de 2012, 76,02% das famílias de Londrina tiveram acesso aos serviços de coleta de esgoto doméstico; 96,16% tiveram o seu lixo coletado; e para fins de uso doméstico 94,98% das famílias foram abastecidas pela rede pública de água (BRASIL, 2013).

Londrina tem uma população estimada de 543.000 habitantes (IBGE, 2014). Segundo os dados aferidos pelo IPARDES (2013) 97,40% da população está concentrada na área urbana. A área rural ou de expansão urbana é constituída por oito distritos, Espírito Santo, Guaravera, Irerê, Lerroville, Maravilha, Paiquerê, São Luiz e Warta, que pertencem à comarca de Londrina.

Conforme os dados de participação percentual do PIB de 2011, o município de Londrina apresentou a maior contribuição da região Norte, e a quarta do estado (4,5%) com forte presença do setor de serviços (80,14%), seguido do setor industrial (18,34%) (IPARDES, 2013). Em contrapartida, o índice de Gini (0,5226) (IPARDES, 2013) de 2010 expõe que o município apresenta médio grau de disparidade socioeconômica.

Considerada polo regional de bens e serviços na região Norte do Paraná, característica presente desde a sua fundação (AMORIM; MEDEIROS, 2011), Londrina tornou-se cidade-sede em 1998, a primeira Região Metropolitana institucionalizada do interior do Brasil. Atualmente a Região Metropolitana de Londrina (RML) integra 25 municípios, dentre os quais Ibiporã, Londrina, Cambé, Rolândia, Arapongas e Apucarana, que não pertence à RML, segundo Cunha (2013), compõem um ambiente urbano conturbado, uma mancha metropolitana contígua.

A influência de Londrina transpõe-se à organização econômica da região. Por ser polarizadora de oferta de serviços públicos e privados, sobretudo na área da saúde, Londrina, também, é a sede da 17ª Regional de Saúde do Paraná que se configura como uma unidade administrativa territorial de gestão da Secretária da Saúde do Paraná.

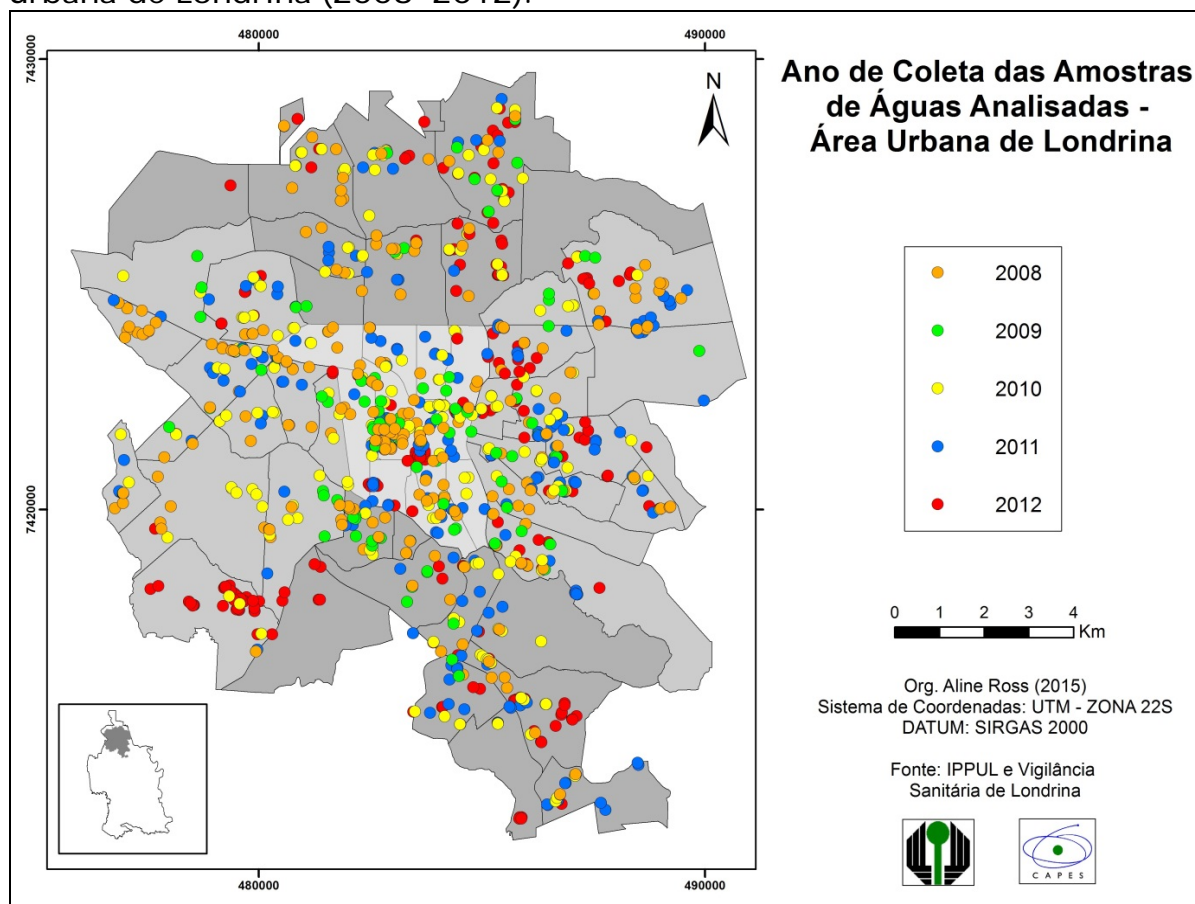
4 MATERIAS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos adotados foram estabelecidos e adaptados com a finalidade de subsidiar a discussão da temática a partir da maior quantidade de dados possíveis que permitissem interpretações mais profundas e multilaterais, como sugere Costa e Teixeira (1999), sobre o espaço geográfico e a temática estudada.

O estudo teve início com pesquisas bibliográficas que discutem a temática “flúor, ambiente e saúde” nas áreas de Geologia Médica, Geografia da Saúde e Odontologia. Também foi necessário ampliar as pesquisas bibliográficas às áreas da química, toxicologia e epidemiologia, bem como utilizar-se de dados cadastrais (IBGE, IPARDES, MINEROPAR e outros) e literaturas referentes à área de estudo.

As amostras utilizadas foram coletadas pela Vigilância Sanitária de Londrina ao longo do período de 22 de janeiro de 2008 a 15 de dezembro de 2012 (Figura 14) com o objetivo de aferir se as águas de consumo humano atendem os padrões de potabilidade referentes aos parâmetros microbiológicos, flúor, turbidez e cloro residual.

Figura 14 – Ano de coleta de todas as amostras de águas analisadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

Cabe evidenciar, que o recorte temporal, entre 2008 e 2012, justifica-se pela possibilidade de correlacionar os espaços de risco identificados com a manifestação da fluorose dentária em crianças nascidas em 2007 (8 anos) e 2008 (7 anos), uma vez que essas durante o período de odontogênese dos dentes permanentes consumiram água dos anos analisados. Ademais, torna-se possível observar o comportamento geoquímico das águas, se há oscilação positiva ou negativa de íons de flúor nas respectivas amostras de água, e se constatado alguma anomalia esta pode ser confrontada com dados de outros anos.

Para a equipe obter as amostras fez-se necessário o uso de bailers, para aprisionar a água (250 ml) de modo que não fosse agitada, e frascos de polietileno, primeiramente enxaguados, para a armazenagem. Em seguida, as amostras foram mantidas em refrigeração para retardar as alterações dos compostos químicos, como determina a CETESB (2011).

Ainda, em campo os frascos foram identificados e preencheu-se o laudo da amostra, com os seguintes registros: 1) número da amostra, 2) data, 3) horário, 4) endereço, 5) água de uso coletivo ou individual, 6) tipo de poço e 7) condições meteorológicas nas últimas 24 horas.

Posteriormente, para aferir a concentração de íons de fluoreto, as amostras foram reunidas juntamente ao Laboratório de Química Analítica da Universidade Estadual de Londrina (UEL). O método aplicado foi o de potenciometria direta, em que é utilizado eletrodo seletivo combinado de fluoreto e um eletrodo calomelano. O aparelho utilizado no processo foi calibrado com cinco padrões de concentrações variáveis que deram origem ao gráfico de calibração necessário na obtenção dos íons de fluoreto presentes nas amostras.

As amostras foram coletadas em todos meios de consumo de água (superficial tratada, subterrânea tratada e subterrânea natural) fazendo-se imprescindível a organização dos dados no *software Microsoft Excel 2010* de acordo com as características descritas do laudo, pois apenas as águas superficiais tratadas (fluoretadas) e de poços tubulares naturais e tratadas (fluoretadas) foram contempladas no estudo, bem como as que apresentaram registro de endereço, para que então fossem identificadas as coordenadas UTM dos laudos visando a espacialização dos pontos amostrados (APÊNDICE A).

Além dos subsídios teóricos supracitados foram contemplados nos estudos os parâmetros e legislações, vigentes para o consumo de água, elaborados pela OMS (2011), Brasil (2011), Rio Grande do Sul (1999), São Paulo (2003) e Brasil (1975). Sendo o último o mais ponderante, pois tem como fator para apontar o teor adequado de flúor as temperaturas máximas diárias do ar.

Correlacionando a temperatura média de 22°C de Londrina (IAPAR, 2014) com a metodologia proposta pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 1975), como abordada no tópico "*Parâmetros e Legislação Vigentes a Cerca da Quantidade de Flúor em Água Para Consumo*", chegou-se a conclusão de que o limite ótimo recomendado para a concentração de íons de fluoreto nas águas do município é de 0,8 mg/L. Adicionalmente, nas discussões "teores

de flúor em água e saúde”, Cury (2001) e Cortecci (2014) foram analisados para a determinação das concentrações de íons de fluoreto em água sem causar agravos à saúde humana.

Assim, a concentração considerada adequada para consumo de flúor em água, no município de Londrina, a qual foi utilizada como referência para identificar os espaços de risco à saúde por íons de fluoreto, bem como os espaços mais susceptíveis a manifestação da cárie dental por não dispor dos teores mínimos que garantem o benefício, é a de 0,5 a 0,8mg/L de flúor em água, como disposto no Quadro 9. Esses valores foram determinados a partir da compreensão de que o consumo de água com igual ou maior que 0,5mg/L de flúor evita o enfraquecimento dos dentes (CORTECCI, 2014; LICHT; MORITA; TRAVAINEN, 1996), e 0,8 mg/L de flúor que corresponde ao valor adequado, segundo a Portaria nº. 635/Bsb, de 26 de Dezembro de 1975.

Quadro 9 - Correlação das concentrações de flúor para Londrina-PR e seus efeitos sobre a saúde humana, segundo Brasil (1975), Licht, Morita e Travainen (1996) e Cortecci (2014),

Concentração em mg/L	Efeitos sobre a saúde
0,00 – 0,5	Não evita a cárie dental
0,5 – 0,8	Evita o enfraquecimento dos dentes, com efeitos benéficos sobre a saúde
0,8 – 4,0	Fluorose dental

Fonte: Adaptado de Cortecci (2014).

Com os dados tabulados e as coordenadas aferidas, foram confeccionados os mapas com o auxílio dos programas Arcgis 9.0® tornando-se possível analisar e trabalhar o banco de dados em conjunto com o projeto no sistema de projeção de coordenadas SIRGAS 2000 (South American), zona 22S.

As bases de dados cartográficos imprescindíveis para a elaboração dos mapas foram obtidas junto ao Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG) e ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL).

O tratamento dos dados foi efetuado através da aplicação estatística univariada que referem-se ao cálculo de percentis, metodologia

empregada pela Mineropar (2001) e, segundo Athayde (2014), pelos serviços geológicos da Grã-Bretanha e da Finlândia na elaboração dos seus atlas geoquímicos.

Conforme Licht (1998) os percentis dividem a distribuição dos valores em cem partes iguais, de tal forma que cada percentil corresponde a um por cento do conjunto, tendo-se partes menores ou maiores em relação ao percentil de cada série ordenada.

Os valores de percentis, bem como o valor mínimo e máximo, foram calculados para cada tipo de amostra, ou seja, conforme os valores amostrais de cada tipo de água foram determinados os percentis 5, 10, 15, 25, 50, 75, 90, 92, 94, 96 e 98, seguindo a proposta da Mineropar (2001).

Com referência nos valores de flúor em água e seus efeitos sobre a saúde humana (Quadro anterior) e o valor máximo de cada tipo de água foram atribuídas às classes utilizadas para calcular os valores dos percentis, sendo para os dados de águas superficiais tratadas 0 – 0,25, 0,25 – 0,5, 0,5 – 0,8, 0,8 – 1,06; dados de águas subterrâneas tratadas 0 – 0,25, 0,25 – 0,5, 0,5 – 0,79; e dados de águas subterrâneas naturais 0 – 0,25, 0,25 – 0,5, 0,5 – 0,8, 0,8 – 1,05, 1,05 – 1,3, 1,3 – 1,55, 1,55 – 1,8, 1,8 – 2,03.

A variação cromática escolhida para a escala dos mapas de percentis, com base Mineropar (2001), permite uma maior percepção da variação da distribuição espacial dos teores de flúor.

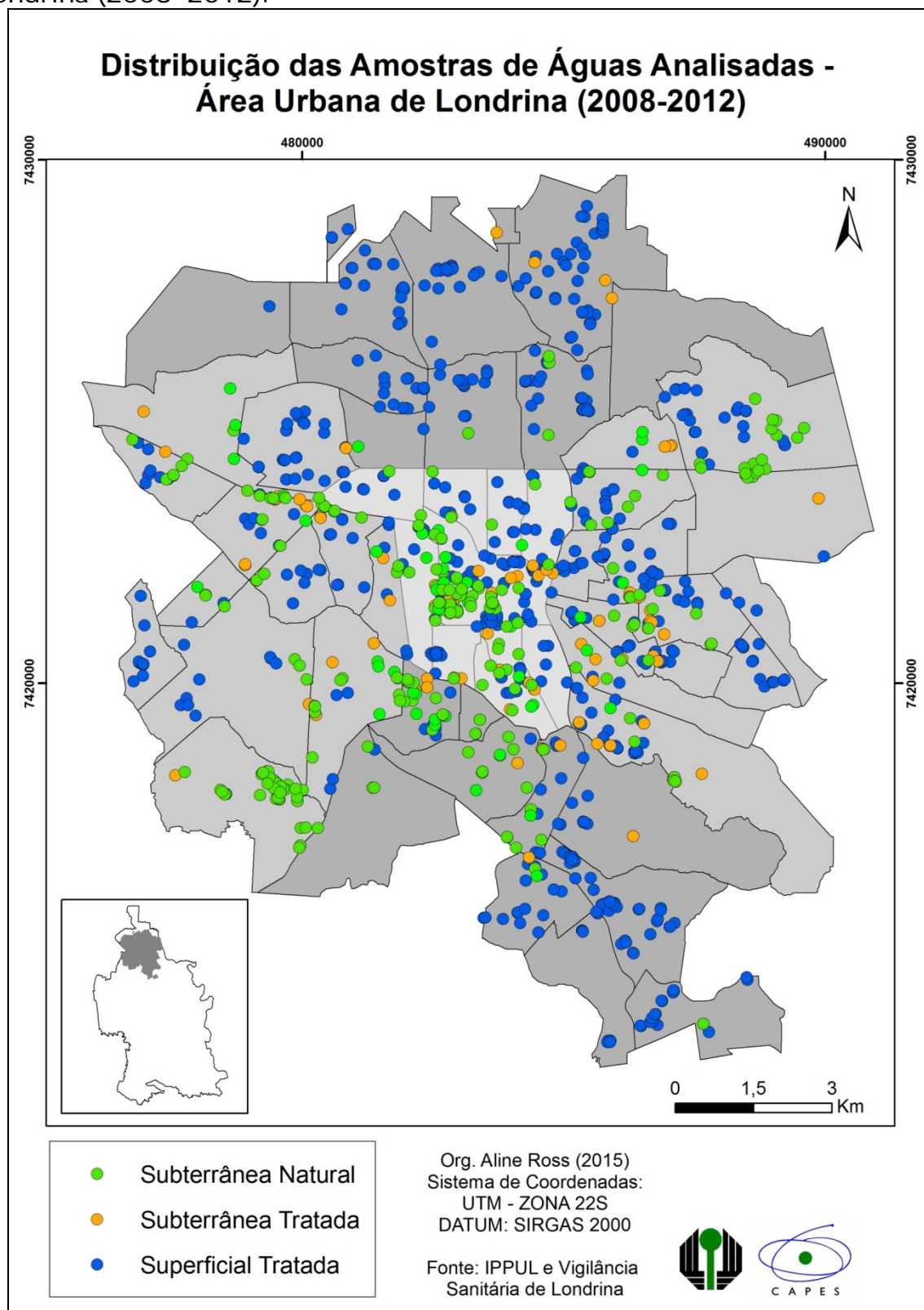
Além desses materiais cartográficos foram elaborados mapas de círculos proporcionais graduais, tendo como valores de classes 0 – 0,5 na cor amarela, 0,51 – 0,8 em verde e 0,8 – 0,4 em vermelho, conforme os valores de flúor em água adequados à saúde no município de Londrina (Quadro 9).

Por fim, com referência na localização e concentração dos teores de flúor em cada ponto de amostragem representados em produtos cartográficos, tornou-se possível identificar os espaços de risco à saúde por teores de flúor em águas de consumo da área urbana de Londrina.

5 RESULTADOS

Os dados analisados constituídos de 1080 pontos amostrados (APÊNDICE A) de águas superficiais tratadas, águas subterrâneas naturais do SASG e águas subterrâneas tratadas do SASG que foram coletados, na área urbana de Londrina, ao longo dos anos de 2008 a 2012 (Figura 15).

Figura 15 - Distribuição das amostras de águas analisadas - Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

As amostras de águas subterrâneas totalizam 414 amostras do Aquífero Serra Geral, das quais 305 são de águas subterrâneas naturais e 109 são de águas subterrâneas tratadas que receberam flúor e cloro.

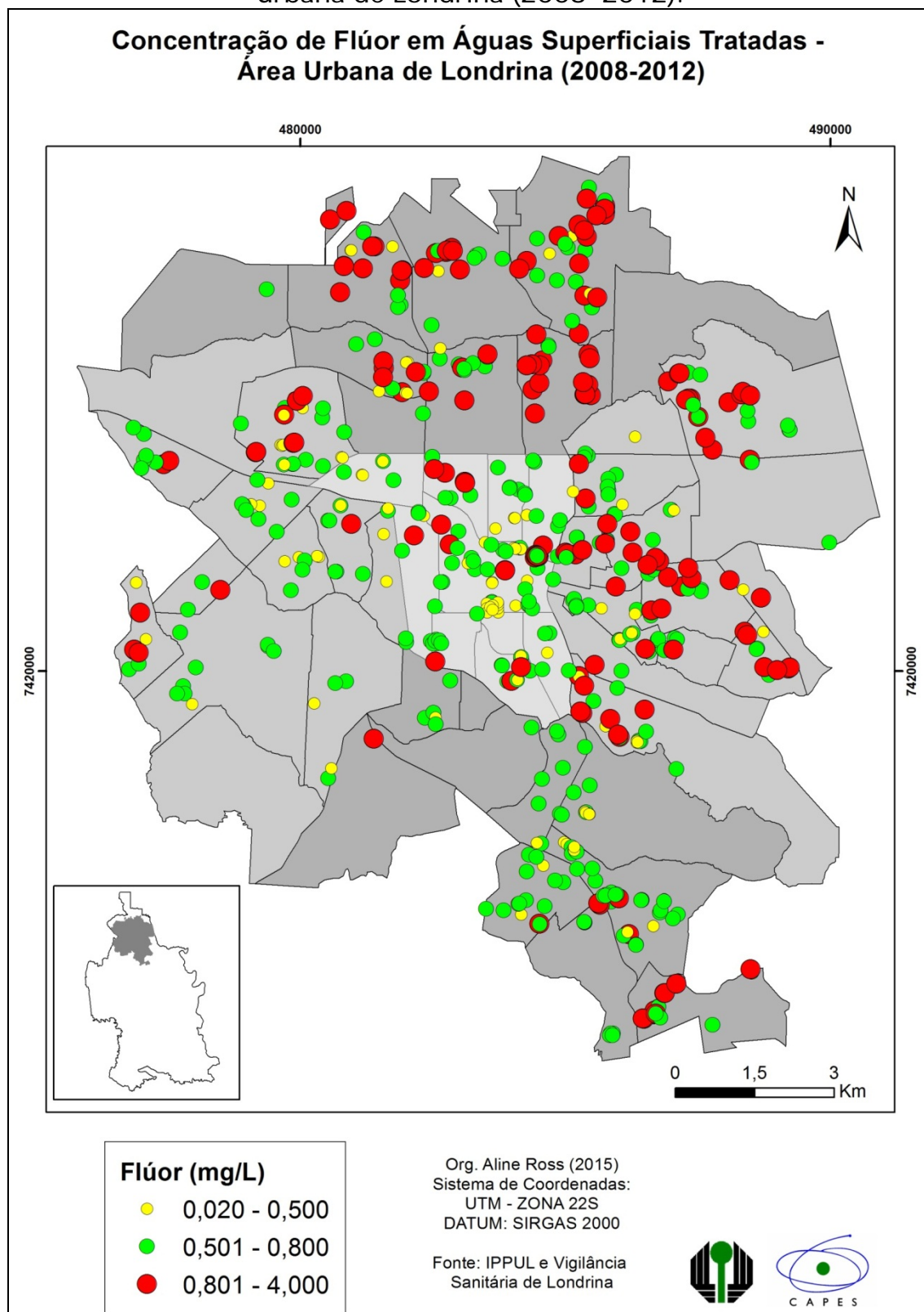
O conjunto de águas superficiais tratadas é composto por 666 pontos amostrais. Essas águas foram coletadas em torneiras de estabelecimentos residenciais e comerciais, unidades básicas de saúde, escolas e igrejas da área urbana do município de Londrina. Assim, as referentes amostras de águas passaram pela companhia de tratamento e abastecimento, a SANEPAR, e adicionalmente receberam teores de flúor em cumprimento à Lei nº 6.050, de 24 de maio de 1974.

Com base nesses três campos amostrais especificados, tendo por objetivo identificar os espaços de risco à saúde por teores de flúor, ou seja, as áreas que apresentam condições de exposições ao flúor através do consumo de água, com teores superiores à 0,8 mg/L ou inferiores à 0,5 mg/L, os dados foram devidamente organizados, classificados e interpretados através de técnicas de geoprocessamento e aplicação dos percentis obtendo-se os resultados que serão descritos a seguir.

5.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS TRATADAS

A partir das amostras obtidas foi possível verificar que a concentração de flúor em águas superficiais tratadas estão entre 0,02 e 1,06 mg/L (Figura 16).

Figura 16 – Concentração de flúor em águas superficiais tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).



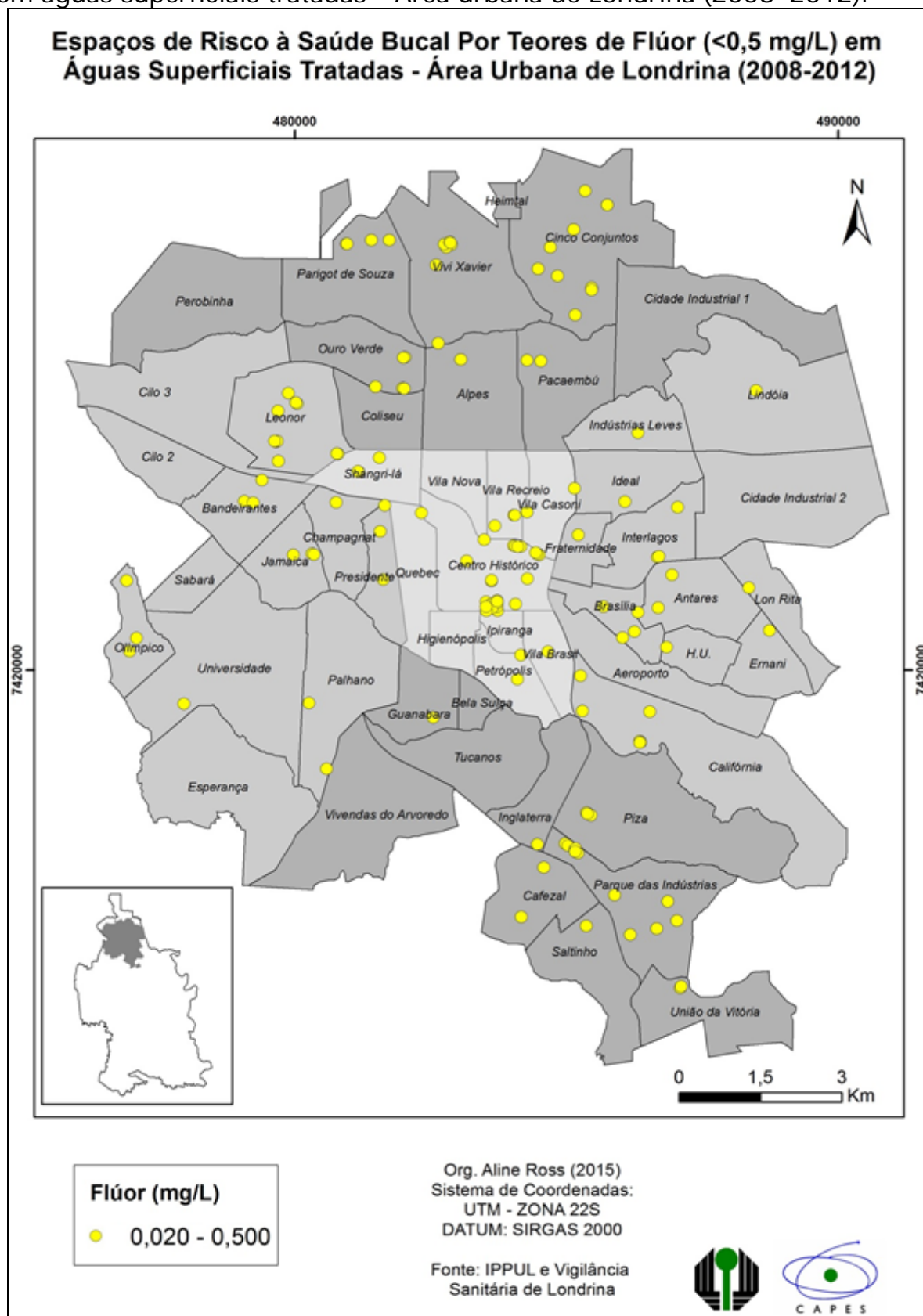
Fonte: A autora.

O número de amostras entre 0,5 e 0,8 mg/L de flúor correspondem à 54% do total, ou seja, a quantidade de amostras de águas

que encontram-se com quantidade de flúor adequada, como sugere-se no respectivo trabalho, são predominantes. Entretanto, 45% das amostras de água não obtiveram a quantidade ideal de flúor, 21% (140) apresentaram concentração de flúor menor que 0,5 mg/L o que atenta-nos para o fato de que a fluoretação das águas que passam por estações de tratamento, como previsto pela Lei nº 6.050 de 24 de maio de 1974, é obrigatória e que o valor de flúor nessas águas não foram corretamente ajustados. Os demais 25% (166) das amostras ultrapassaram a concentração de 0,8 mg/L de flúor e expõem a população à riscos de manifestação da fluorose dentária, conforme será discutido mais adiante (Página 107).

As águas superficiais tratadas com baixa concentração de flúor estão em todas as regiões de Londrina, principalmente nas regiões norte, sul e central, onde especificamente ao sul do Centro Histórico e ao norte, nas proximidades com a Vila Casoni há um número maior de amostras aglomeradas (Figura 17).

Figura 17 - Espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor (< 0,5 mg/L) em águas superficiais tratadas - Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

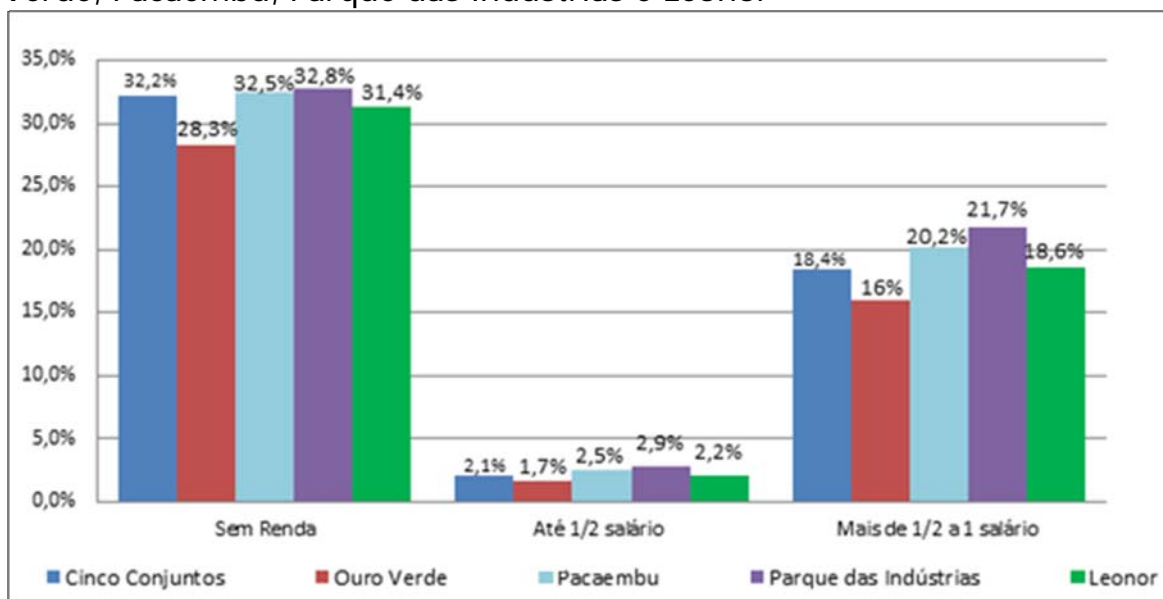
A quantidade de águas superficiais tratadas, nesse período de cinco anos, que apresentaram valores menores que 0,5 mg/L, como destacado, são relativamente baixas, mas ao analisarmos a quantidade de espaços de riscos por cárie dental, como resultado dessas concentrações baixas, nota-se a falta de atenção da SANEPAR quanto à fluoretação durante o ano de 2010. Nesse ano, houve a maior quantidade (54% dentre todas <0,5 mg/L) de águas superficiais tratadas com menos de 0,5 mg/L de flúor, a quantidade mínima, segundo Licht, Morita e Tarvainen (1996) e Cortecci (2014), para que o flúor atue sobre o esmalte dentário inibindo o desdobramento de cárie dental, sobretudo durante a formação do esmalte dentário, ou prevenindo e tratando a cárie (BUISCHI, 2000).

Consequentemente, em 2010 assinala-se que o risco por teores de flúor menores que 0,5 mg/L foi maior. Os espaços de risco à cárie dental estão localizados em quase todas as regiões do município, sendo eles na região oeste (Jardim Olímpico, Bandeirantes, Jamaica e Leonor), região sul (Parque das Indústrias e Piza), região norte (Ouro Verde, Vivi Xavier, Pacaembu e Cinco Conjuntos) e região central (Shangri-lá) (Figura 17)

A fluoretação consiste em uma medida de saúde pública, de promoção e prevenção de saúde, com fim de garantir condições de acesso ao flúor de forma mais abrangente visando a redução do índice de CPO-D, o controle e a prevenção da cárie dental em um país em que 45% da população não tem acesso regular a escova de dente, 20% perdeu todos os dentes e 13% dos adolescentes nunca foram ao dentista (BRASIL, 2004 apud BRASIL, 2013).

Com base no Perfil Municipal de Londrina (2014), certifica-se que entre os bairros que apresentaram espaços de riscos por cárie dental, o Cinco Conjuntos, Ouro Verde, Pacaembu, Parque das Indústrias e Leonor possivelmente são os mais impactados, pois o rendimento mensal por salário mínimo é proporcionalmente baixo, como representado na Figura 18.

Figura 18 - Rendimento mensal, por salário mínimo: Cinco Conjuntos, Ouro Verde, Pacaembu, Parque das Indústrias e Leonor

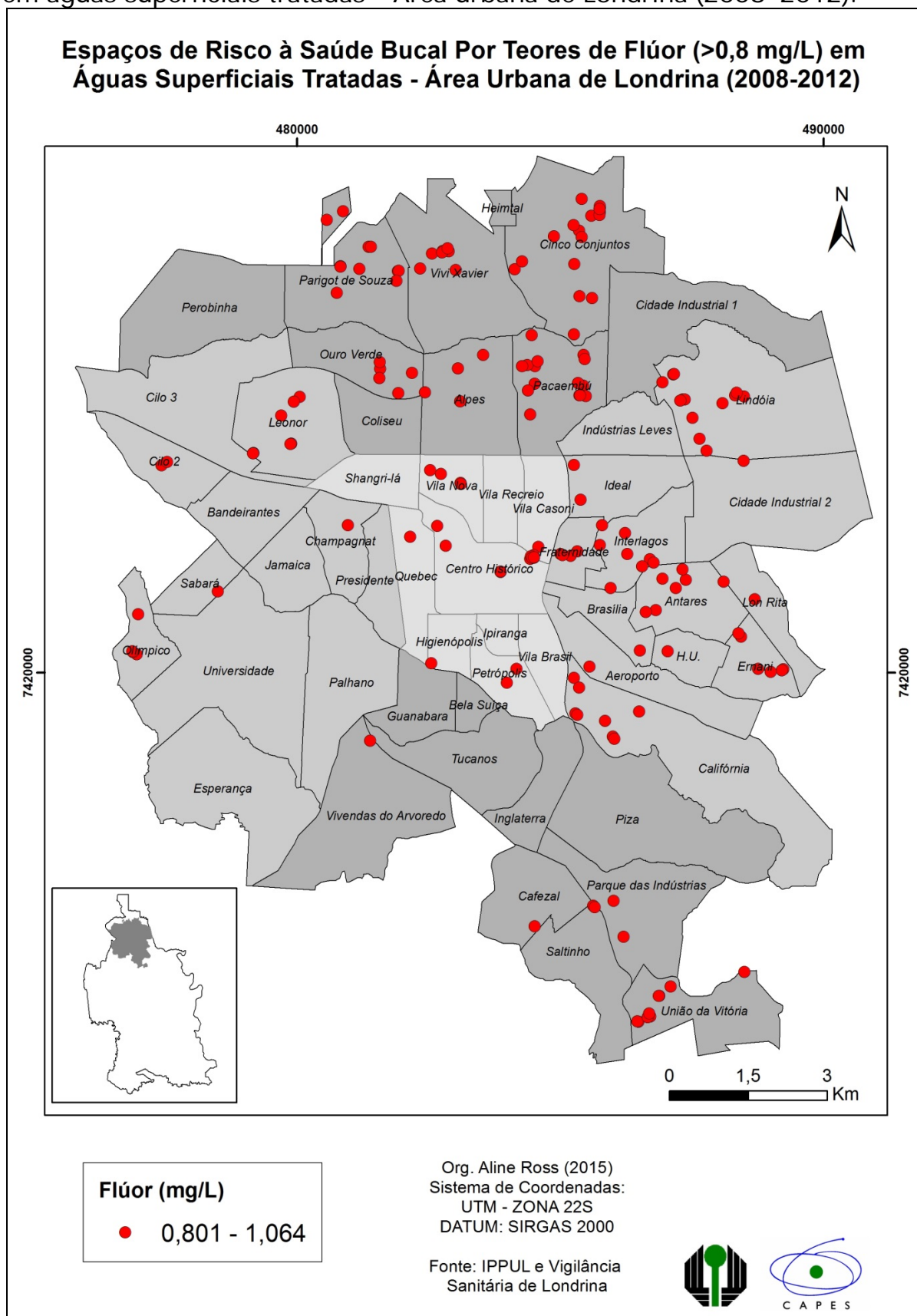


Fonte: Londrina (2014).

Nesse sentido, nota-se através do rendimento mensal dos respectivos bairros, que é expressiva a quantidade de pessoas que possivelmente tenha como única forma assegurada para garantir as condições ideais de saúde bucal o consumo de águas fluoretadas. Logo, a população que se encontra nesses espaços de risco estão mais vulneráveis a manifestação da cárie dental.

Através da Figura 19, nota-se a predominância de espaços de risco a saúde por teores de flúor superiores a 0,8 mg/L na porção norte, sul e leste de Londrina, em que os bairros que apresentam espaços de risco são o Cinco Conjuntos, Pacaembu, Parigot de Souza e Vivi Xavier e Ouro Verde, ao norte; na porção leste o Antares, Ernani, Fraternidade, Interlagos e Lindóia; à oeste o Leonor; e ao sul o União da Vitória.

Figura 19 - Espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor (> 0,8 mg/L) em águas superficiais tratadas - Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

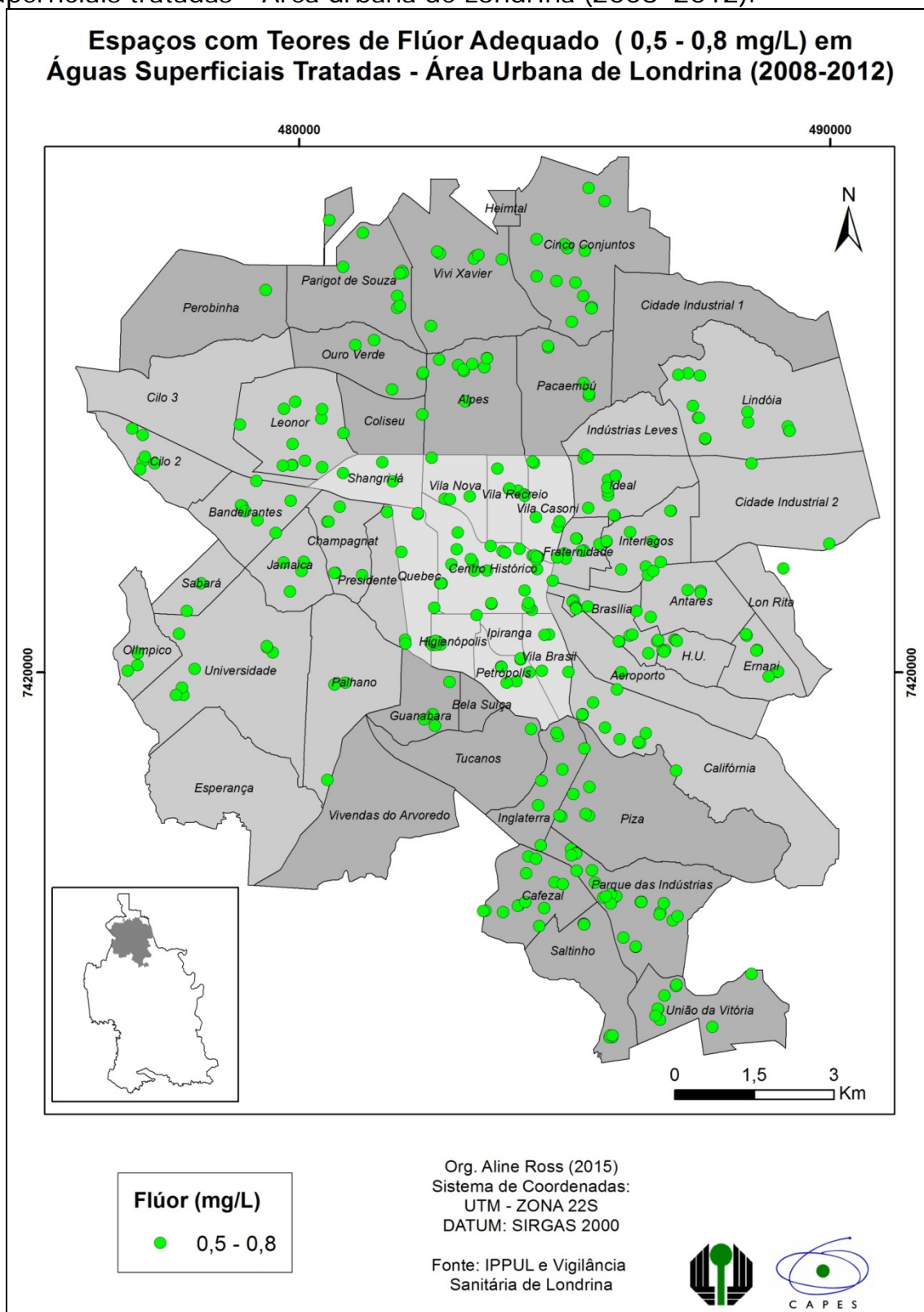
Como destacado no capítulo "*Flúor e Saúde Bucal*", o consumo de água com teores superiores à 0,7 mg/L de flúor, no Brasil, é considerado aceitável, mas ainda sim pode implicar na manifestação da fluorose dentária (CURY, 2001). Desse modo, caso a população dos respectivos espaços de risco, sobretudo as crianças em período de odontogênese dos dentes permanentes, tenha ingerido essas fontes de flúor, e o consumo nessas concentrações (> 0,8 mg/L) tenha se dado por tempo prolongado, esses estão sujeitos à manifestação da fluorose dentária, sobretudo no Cinco Conjuntos e no Ernani onde os teores de flúor foram elevados durante os anos de 2008, 2011 e 2012.

Embora sejam águas de diferentes estações de tratamento, em todos os espaços de risco as coletas das amostras ocorreram em estabelecimentos nos quais as águas de consumo foram fluoretadas com fluorsilicato de sódio.

A companhia responsável pela captação, tratamento e distribuição, a SANEPAR, estabelece que para todo o Paraná o teor mínimo de flúor seja 0,6 mg/L e o máximo de 1,1 mg/L (SANEPAR, 2011). Nesse sentido, sugere-se que a companhia reveja esses valores de flúor, uma vez que a variabilidade climática dos municípios do estado é diferente e devem ser consideradas para adequação das concentrações de flúor, segundo a Portaria nº635/BsB.

Os espaços em que as águas superficiais tratadas apresentam a quantidade adequada de flúor à saúde da população urbana de Londrina, como anteriormente apontado, são compostos pela maior parte do número de amostras de águas superficiais tratadas (54%). Logo, os espaços adequados á saúde estão presentes em muitos dos bairros de Londrina, com destaque à região central e região sul, onde todos os bairros com mais de dois pontos amostrais apresentaram espaços com concentração de flúor entre 0,5 e 0,8 mg/L (Figura 20). No bairro União da Vitória, ainda que apresente espaços de risco por teores >0,8 mg/L, também constatou-se espaços com concentração de flúor benéfica à saúde.

Figura 20 - Espaços com teores de flúor adequado (0,5-0,8 mg/L) em águas superficiais tratadas - Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

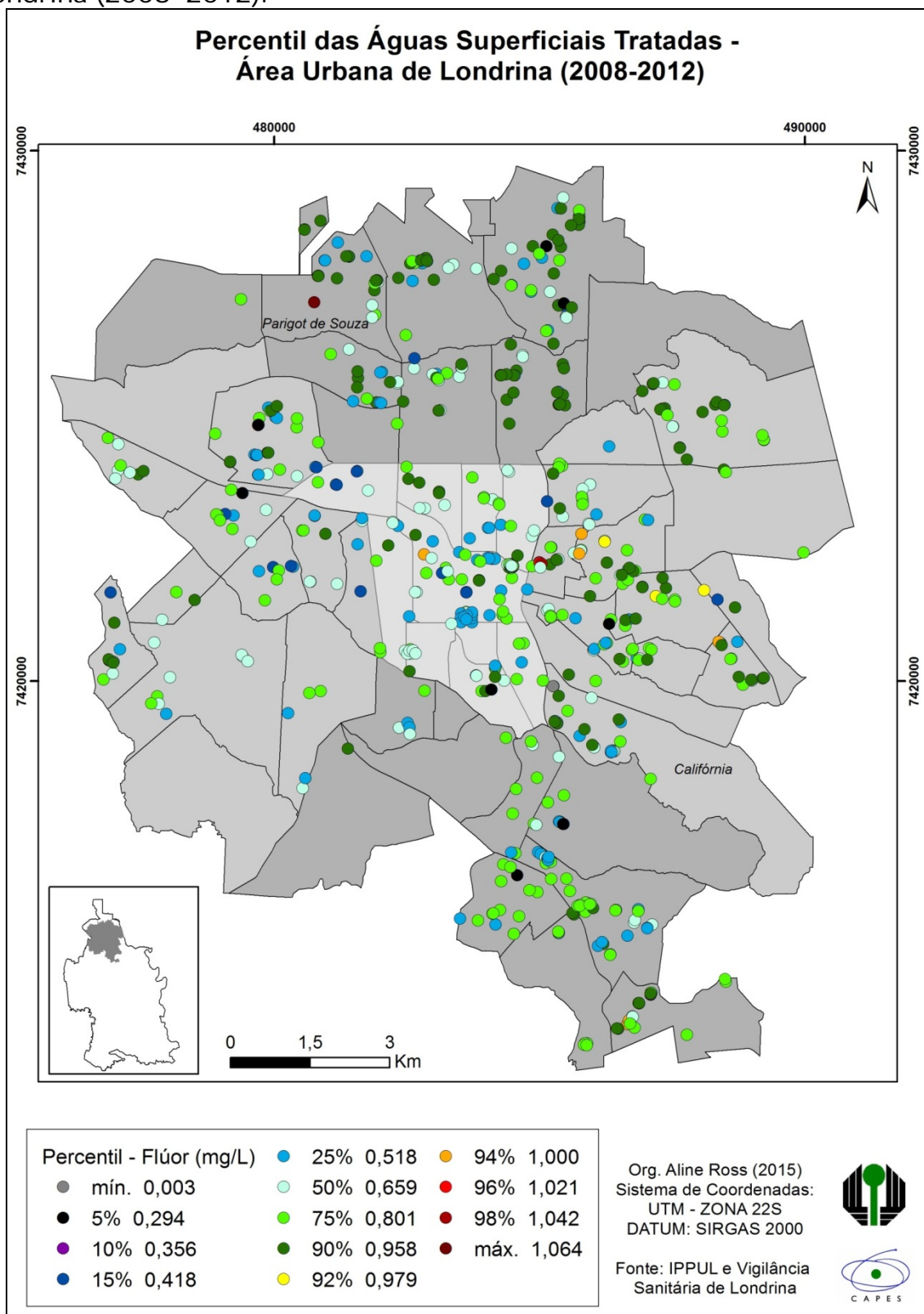
De modo geral, os anos que apresentaram uma quantidade expressiva de águas fluoretadas ideais à saúde foram 2008 e 2011 (APÊNDICE

B e E). Enquanto que no ano de 2012 houve menor quantidade de amostras de águas superficiais tratadas em quantidade benéfica à saúde, como se sugere no referente trabalho (APÊNDICE F).

5.1.1 Análise estatística univariada das águas superficiais tratadas

Os resultados estatísticos obtidos a partir da aplicação da análise univariada de percentis, seguindo os percentis e variação cromática propostos pela Mineropar (2001), estão representados através das classes do mapa "Percentis das Águas Superficiais Tratadas" (Figura 21).

Figura 21 - Percentil das águas superficiais tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

O valor mínimo configura-se em 0,003 mg/L de flúor. Esta amostra, coletada em 2009, localiza-se na porção leste da cidade de

Londrina, no bairro Califórnia. E o valor máximo, correspondente à 1,064 mg/L de flúor, encontra-se na região norte, no bairro Parigout de Souza que apresentou outras amostras de águas superficiais elevadas, expondo à população à espaços de risco à saúde.

Os valores de flúor determinados a partir de seus efeitos sobre a saúde humana estão representados pelos percentis 25 e 75. O conjunto de amostras do percentil 25 correspondem ao valor de 0,518 mg/L de flúor, ou seja, 25% das amostras têm quantidade de flúor menor que 0,518 mg/L, a concentração mais próxima de 0,5mg/L, e 75% possuem mais que 0,518 mg/L de flúor. Considerando a concentração mais próxima de 0,8mg/L de flúor, teor máximo adequado à Londrina, o percentil 75 equivale a 0,801 mg/L de flúor, assim, 25% das amostras são de águas superficiais tratadas com mais de 0,801 mg/L de flúor que podem resultar na manifestação da fluorose dentária.

Desse modo, as amostras representadas pelos percentis 50 e 75 compõem o conjunto de águas superficiais tratadas que não apresentam riscos à saúde bucal, a fluorose dentária, e dispõem do teor adequado de flúor para atuar na prevenção e tratamento da cárie dental.

5.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS TRATADAS DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL

As amostras de águas subterrâneas tratadas compõem o menor grupo amostral, 109, uma média de apenas 22 amostras por ano. Em 2010 foi obtido o maior conjunto de amostras, 29, contrapondo-se ao ano de 2012 no qual se obteve o menor, apenas 8.

De acordo com a base de dados organizada a partir dos laudos da Vigilância Sanitária de Londrina, as amostras de águas classificadas em subterrâneas tratadas não contemplando todos os bairros, estão proporcionalmente mais agrupadas na região do Centro Histórico, onde há muitos condomínios verticais que se abastecem de águas subterrâneas, (Figura 22).

máximo de flúor deixa evidente que não há espaços de risco à saúde por teores de flúor maiores que 0,8mg/L.

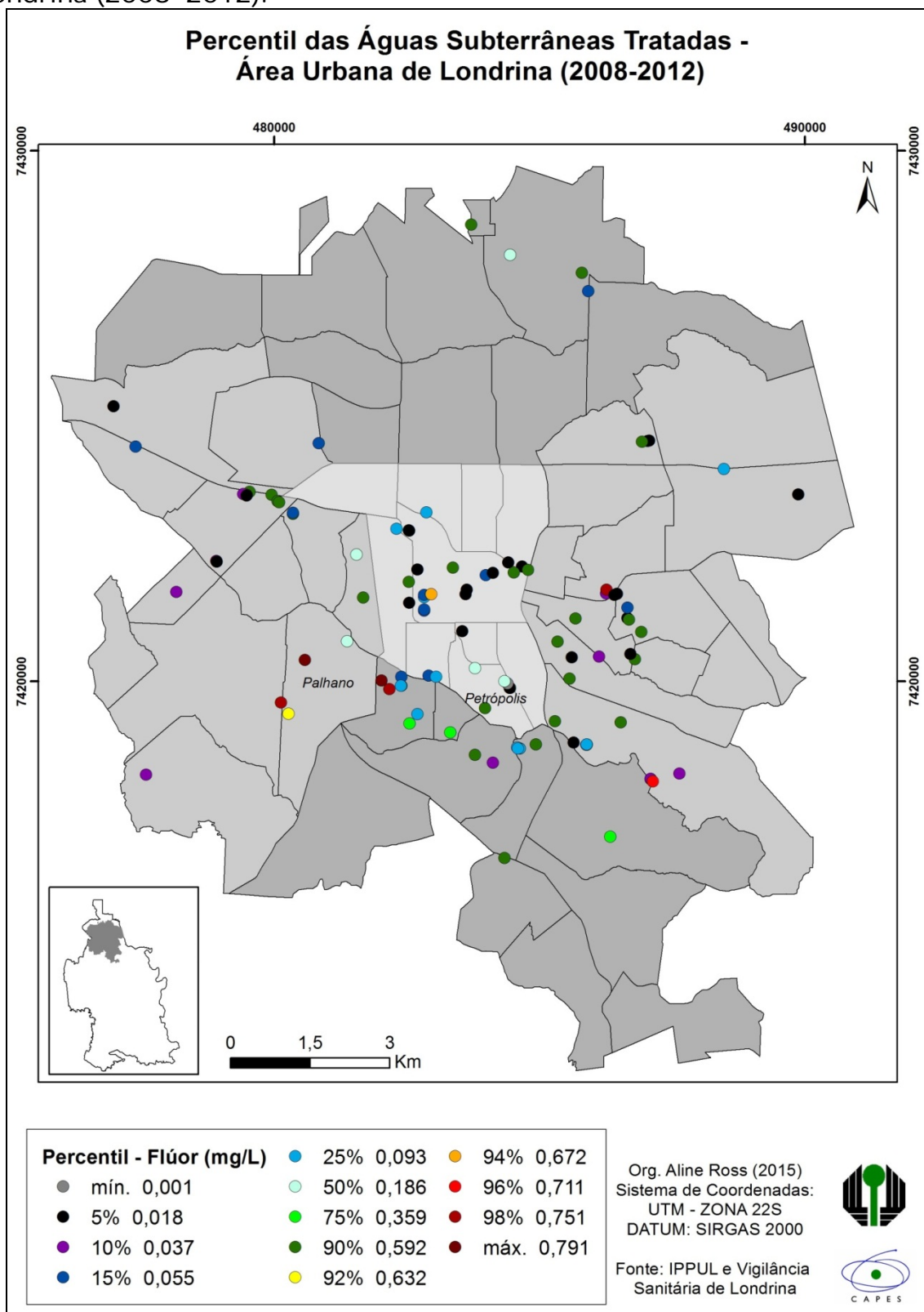
São muitos os espaços de risco por cárie dental em que as amostras de águas subterrâneas tratadas não dispõem da quantidade mínima de 0,5mg/L de flúor dissolvido. Esses espaços encontram-se em todos as regiões, com destaque nos seguintes bairros: Centro Histórico e Petrópolis, ao centro; Guanabara e Inglaterra, ao sul; Antares, Aeroporto e Califórnia, ao leste; e Bandeirantes, na região oeste (Figura 21).

Com apenas 15% das amostras entre 0,5 e 0,8 mg/L de flúor, são poucos os espaços com quantidade de flúor adequado à saúde. Como se denota a partir da Figura 22, os bairros Palhano e Guanabara caracterizam-se por apresentar espaços em que o consumo de flúor em água subterrânea tratada não possibilita a manifestação da fluorose dentária, bem como garante que a população torne-se menos susceptíveis à manifestação da cárie dental.

5.2.1 Análise Estatística Univariada das Águas Subterrâneas Tratadas

Por meio das classes do mapa "Percentis das Águas Subterrâneas Tratadas" (Figura 23) estão representados os valores mínimos, máximos e os percentis 5, 10, 15, 25, 50, 75, 90, 92, 94, 96 e 98.

Figura 23 - Percentil das águas subterrâneas tratadas – Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

Entre os anos de 2008 e 2012, obteve-se como valor mínimo de flúor em águas subterrâneas tratadas 0,019 e o máximo de 0,791 mg/L.

Os pontos amostrais estão locados, respectivamente, no bairro Petrópolis, área central, e Palhano, região oeste da área urbana de Londrina.

Com o cálculo de percentis dos teores de flúor em águas subterrâneas tratadas, no qual se dividiu o conjunto ordenado de dados em 100 partes iguais, identificou-se que os percentis 90, 92, 94 e 98 correspondem às concentrações de flúor sugeridas como ideal em Londrina (0,5 – 0,8 mg/L). Convém destacar que embora, o percentil 90 seja maior que 0,5 mg/L de flúor, o percentil anterior é muito baixo (0,359 mg/L), por isso optou-se pelo percentil 90 como referencia de valor mínimo adequado à saúde.

Portanto, 90% das amostras de águas subterrâneas tratadas possuem menos de 0,592 mg/L de flúor, ao passo que 10% apresentam concentração de flúor em água superior a 0,592 mg/L. Logo, apenas esses 10% do conjunto amostral de águas subterrâneas tratadas irão compor espaços de flúor benéficos à saúde humana.

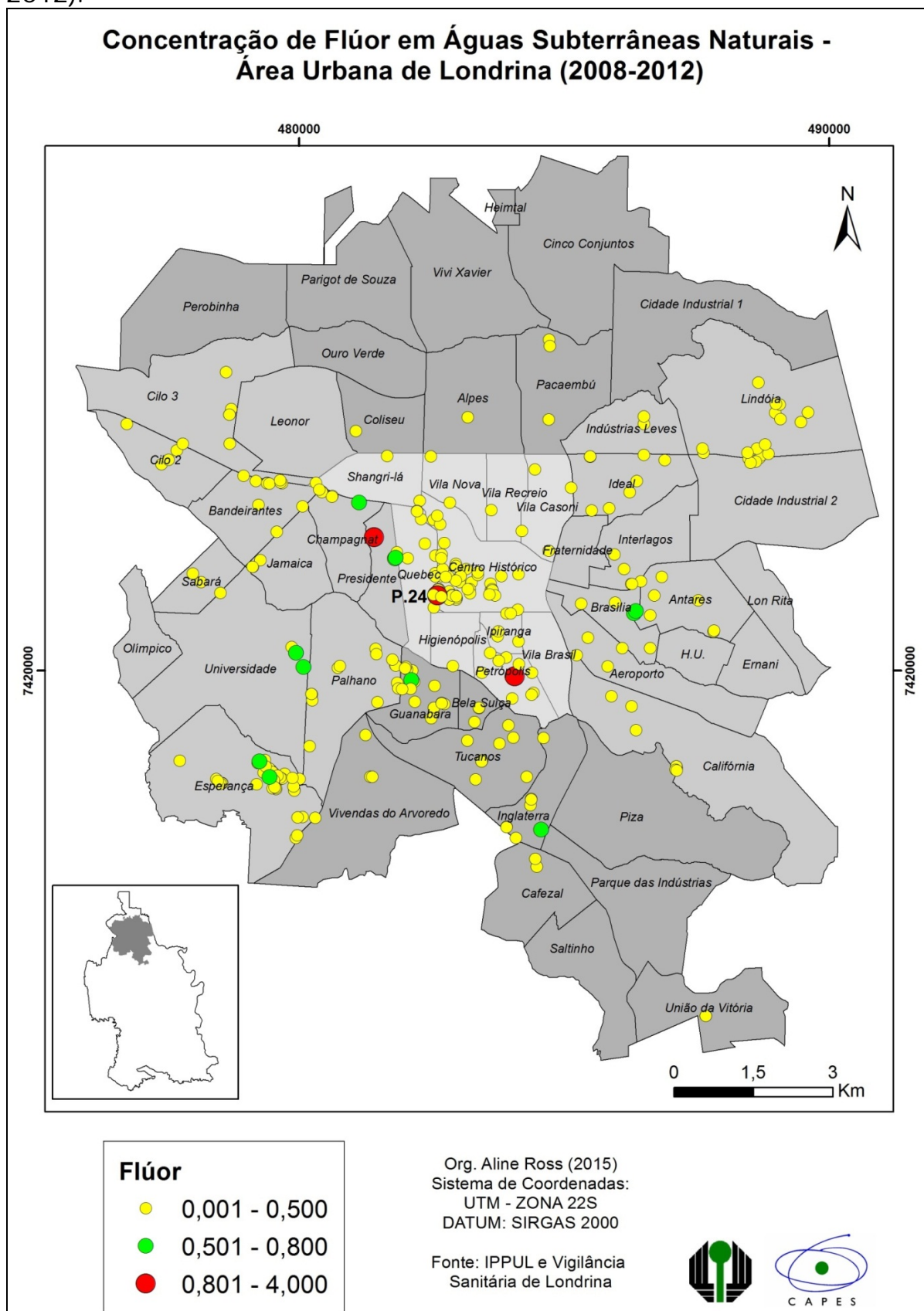
5.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NATURAIS DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL

As águas de poços tubulares se encontram em ambientes hipógenos que apresentam características em comuns, devido às propriedades geológicas da Formação Serra Geral. Entretanto, a interpretação dos dados de águas subterrâneas naturais nos revela que, as características químicas da geologia local apresentam-se de forma distinta nos pontos analisados, uma vez que a concentração de flúor variou entre 0,001 e 2,038 mg/L.

O conjunto de dados de águas subterrâneas naturais do Aquífero Serra Geral reúne 305 exemplares coletados em todas as regiões da área urbana de Londrina. Essas amostras estão mais aglomeradas no Centro Histórico e seu entorno, na região sul (Guanabara e Tucanos) e sudoeste (Palhano e Esperança), onde há muitos condomínios verticais e horizontais que se utilizam desse tipo de solução alternativa de abastecimento, bem como na região nordeste (Lindóia e Cidade Industrial II) e noroeste (Cilo II,

Cilo III e Bandeirantes), nos quais as águas dos poços estão direcionadas principalmente às indústrias (Figura 24).

Figura 24 - Águas subterrâneas naturais – Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

A quantidade de amostras com teores de flúor menor que 0,5 mg/L correspondem à 95% desse campo amostral, o que determina a predominância de espaços de risco à cárie dental por teores de flúor em todos os bairros com exemplares de águas subterrâneas naturais, especialmente no centro e nos bairros supracitados (Guanabara, Tucanos, Palhano, Esperança, Lindóia, Cidade Industrial II, Cilo II, Cilo III e Bandeirantes) (Figura 24).

Apenas três espaços de risco por exposição a elevados teores de flúor foram certificados. Na região central, o bairro Petrópolis apresentou um ponto de coleta, referente ao ano de 2008, com 0,836 mg/L de flúor. O segundo espaço de risco, localizado no bairro Presidente, refere-se a uma amostra do ano de 2009 com 0,802 mg/L de flúor em água subterrânea natural. Embora nos dois poços tenham sido registrados valores elevados de flúor que os caracterizariam como objeto de novas coletas pela Vigilância Sanitária, para avaliar se esses teores anômalos mantiveram-se, o mesmo não aconteceu. Assim, a ausência de novas amostras em anos conseguintes evidencia a necessidade de estudos geoquímicos do ambiente dos respectivos poços, para certificar-se da qualidade dessas águas, afim de que essas, ao longo do tempo, não gerem complicações à saúde.

O outro espaço de risco à saúde bucal por altos teores de flúor em água subterrânea natural localiza-se no limite do Centro Histórico com o Jardim Quebec, onde também se verificou espaços de risco por cárie dental. Nesse espaço obtiveram-se três amostras, sendo uma de 2009 com 1,611 mg/L de flúor, e as demais coletadas em 2010 com 2,038 e 0,855 mg/L.

Os dois maiores valores de flúor em água subterrânea natural, 1,611 e 2,038, são do mesmo ponto de coleta, assim, esse poço caracteriza-se por não atender os padrões de potabilidade ao que se refere ao flúor, tornando-se indevido o seu uso para consumo humano, conforme a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, no qual estabelece que o teor máximo para consumo de flúor em água não deve ultrapassar 1,5 mg/L (BRASIL, 2011), bem como excede a concentração máxima sugerida para o município (0,8 mg/L de flúor) através da correlação da temperatura do ar com o

consumo de água, como proposto pela Portaria nº. 635/Bsb, de 26 de Dezembro de 1975.

Essas elevadas concentrações de flúor expõem as pessoas que consumiram essas águas, assim como outras fontes de flúor, à uma maior possibilidade de tornarem-se susceptível às implicações de saúde por flúor, como a fluorose dental – principalmente as crianças que encontravam-se no período de odontogênese, e hoje têm entre sete e oito anos de idade – problemas gastrointestinais, neurológicos e cardiovasculares. Convém destacar que por tratar-se de espaços de risco localizados em bairros de classe econômica melhor, provavelmente a ingestão de flúor é intensificada com o consumo de produtos dentifrícios, como creme dental, géis e soluções para bochechos, o que aumenta a possibilidade do diagnóstico da fluorose dental.

De modo geral, considerando todos os grupos amostrais (superficiais tratadas, subterrâneas tratadas e subterrâneas naturais) as maiores concentrações de flúor coletados em água de consumo, durante os anos de 2008 e 2012, são desse espaço de risco, 1,611 e 2,038 mg/L de flúor. Esses altos valores de flúor em águas subterrâneas naturais do Aquífero Serra Geral podem estar associados ao intemperismo das rochas ígneas da Formação Serra Geral, no qual as fontes naturais de flúor estão relacionadas às ocorrências de fumarolas e gases magmáticos, depósitos hidrotermais, vidro vulcânico e minerais acessórios que substituem os íons hidroxilas (OH)- durante e após a cristalização dos minerais, como apatita, micas (especialmente biotita) e anfibólios e outros minerais pegmatíticos (topázio, turmalina, fluorita, etc) (MARIMON, 2006; ANDREAZZINI, 2006).

Outra possível explicação para os teores mais altos respaldam-se em Fraga (1992), que aponta que a origem do fluoreto nas águas do Aquífero Serra Geral se dá através de fraturas que conectam as formações Pirambóia-Botucatu, ricas em flúor, com rochas da Formação Serra Geral.

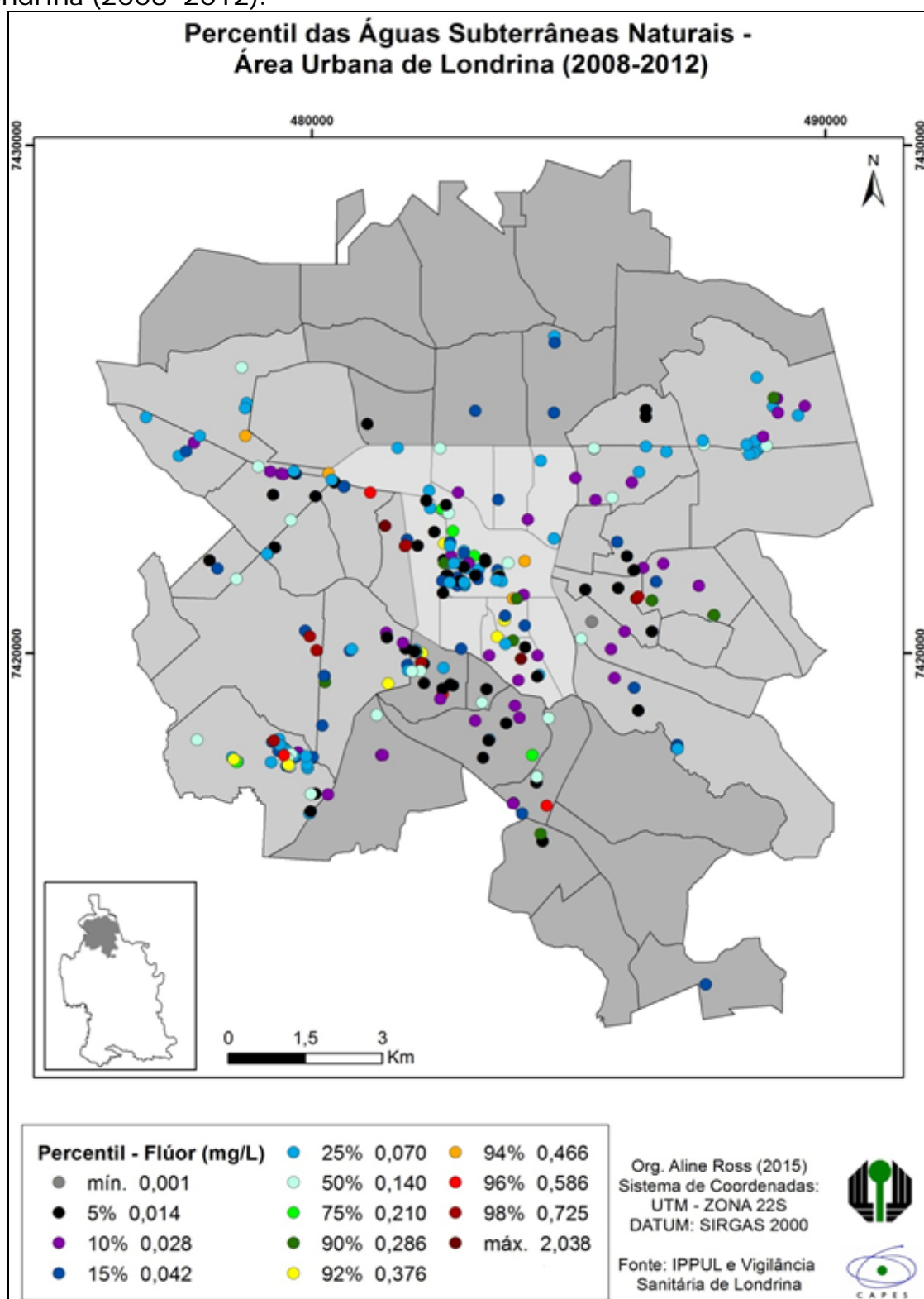
Nos referindo aos poucos espaços que não apresentam riscos à saúde por teores de flúor em água subterrânea natural, seja por excesso ou carência, identificam-se que esses evidentes na região oeste junto aos

bairros Champagnat, Presidente, Universidade e Esperança, seguido da região sul, nos bairros Guanabara e Inglaterra e na região leste, bairro Brasília.

5.3.1 Análise Estatística Univariada das Águas Subterrâneas Naturais

Com os resultados obtidos a partir da aplicação dos percentis aos valores de flúor em águas subterrâneas naturais e a espacialização dos mesmos tornou-se possível expressar os percentis e seus valores correspondentes (Figura 25).

Figura 25 - Percentil das águas subterrâneas naturais – Área urbana de Londrina (2008-2012).



Fonte: A autora.

A representatividade do grupo de amostras entre o valor mínimo de 0,001, e 0,5 mg/L de flúor é muito expressiva, 94% das amostras de águas subterrâneas naturais são menores que 0,466 mg/L, concentração

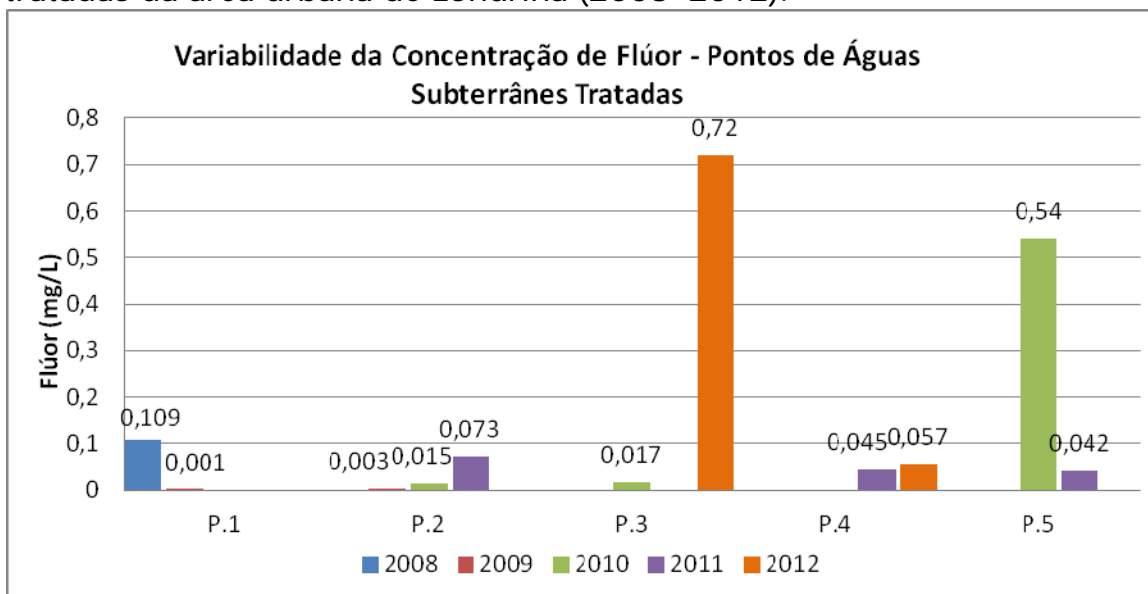
mais próxima de 0,5 mg/L de flúor, e apenas 6% são maiores. Consequentemente, apenas os percentis 96 e 98 correspondem ao valor adequado de flúor sugerido ao município de Londrina, bem como promovem espaços de saúde onde a suscetibilidade à cárie dental e à doenças provocadas pelo consumo de flúor em altas quantidades é menor.

5.4 A VARIABILIDADE DA CONCENTRAÇÃO DE FLÚOR EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Não foi possível realizar uma análise da variabilidade da concentração de flúor em todos os pontos, devido a falta de periodicidade das coletas nos mesmos pontos amostrados, ao longo dos anos. A observação da variabilidade dos teores de flúor mostra-se conveniente para confrontar os dados e confirmar se os valores anômalos de flúor foram constantes, aumentaram ou diminuíram, sobretudo nos pontos de águas subterrâneas naturais que apresentaram os maiores teores de flúor. Além disso, a observação da variabilidade de flúor no conjunto amostral de águas subterrâneas permitiria uma melhor interpretação das características geoquímicas do ambiente hipógeno dos respectivos poços.

Diante disso, foi possível analisar a variabilidade de flúor em apenas 5 pontos de águas subterrâneas tratadas (Figura 26) e 24 pontos de águas subterrâneas naturais (Figura 27).

Figura 26 - Variabilidade da concentração de flúor em águas subterrâneas tratadas da área urbana de Londrina (2008-2012).



P.1 Laudo 652/2008 e Laudo 226/2009.

P.2 Laudo 166/2009 e Laudo 017/2010 e Laudo 051/2011.

P.3 Laudo 039/2010 e Laudo 236/2012 .

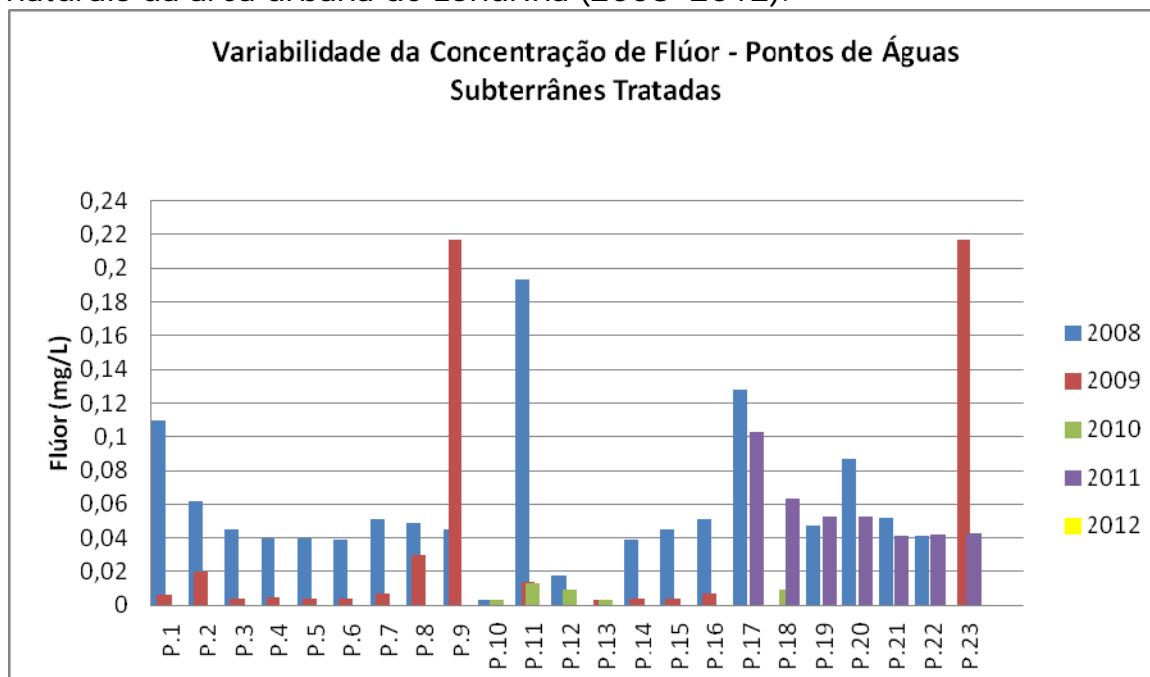
P.4 Laudo 214/2012 e Laudo 090/2011.

P.5 Laudo 060/2010 e Laudo 264/2011.

Fonte: Organizado de Vigilância Sanitária de Londrina.

Nota-se através dos pontos amostrados, que variabilidade entre os anos apontados foi baixa. Destaca-se que o P.3 apresentou maior amplitude de concentração de flúor, entre 2010 e 2012, por tratar-se de um poço de água subterrânea tratada, acredita-se que se deve a adição de flúor nesse período. Enquanto o P.5, entre 2010 e 2011, teve quantidade de flúor reduzida. Supõe-se que as águas desse poço não passaram pelo processo de fluoretação e que a queda da concentração de flúor pode ter ocorrido através da recarga natural do reservatório.

Figura 27 - Variabilidade da concentração de flúor em águas subterrâneas naturais da área urbana de Londrina (2008-2012).

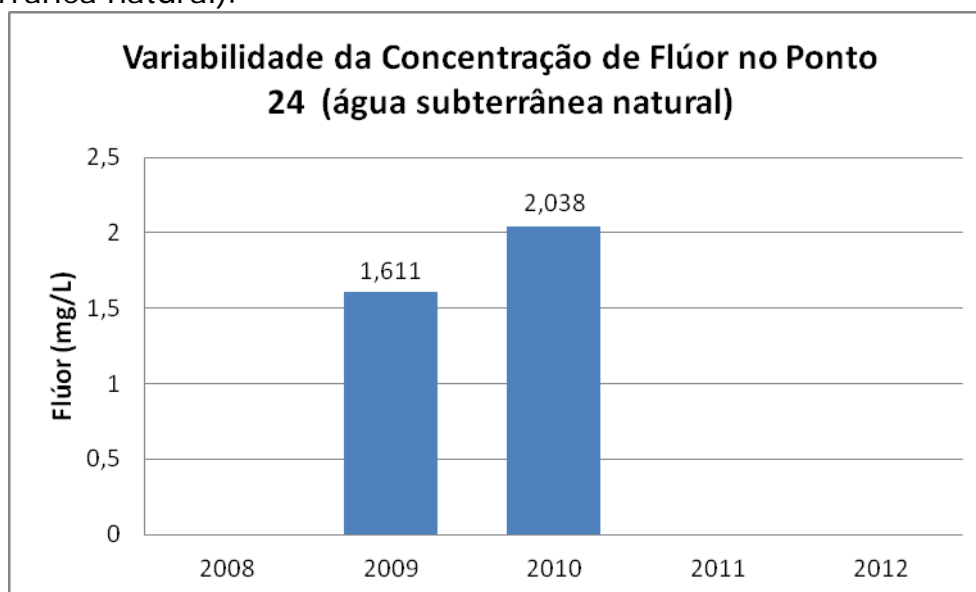


Fonte: Organizado de Vigilância Sanitária de Londrina.

A variabilidade dos pontos amostrais de águas subterrâneas naturais mostra-se baixa (Figura 27). Nos pontos P.9, P. 18 e P.19 houve aumento da concentração de flúor, enquanto que, nos dos demais poços ocorreu a diluição, que pode estar relacionada ao aumento da recarga ou da concentração de outros elementos que induzem a redução dos íons de fluoreto, como o cálcio.

No ponto 24 (Figura 28), localizado no Centro Histórico (Figura 24), houve duas coletas de amostras, em 2009 e 2010. Esse ponto destaca-se por apresentar os maiores teores de flúor, entre todo o campo amostral do trabalho, bem como por apresentar a maior amplitude (0,367 mg/L), ou seja, a diferença entre o valor mínimo de flúor encontrado (1,611 mg/L) e o máximo (2,038).

Figura 28 - Variabilidade da concentração de flúor no Ponto 24 (água subterrânea natural).



Fonte: Organizado de Vigilância Sanitária de Londrina.

A elevada concentração de flúor em relação às demais amostras de águas subterrâneas naturais evidencia a necessidade de novos estudos hidrogeoquímicos do poço para explicar o valor anômalo.

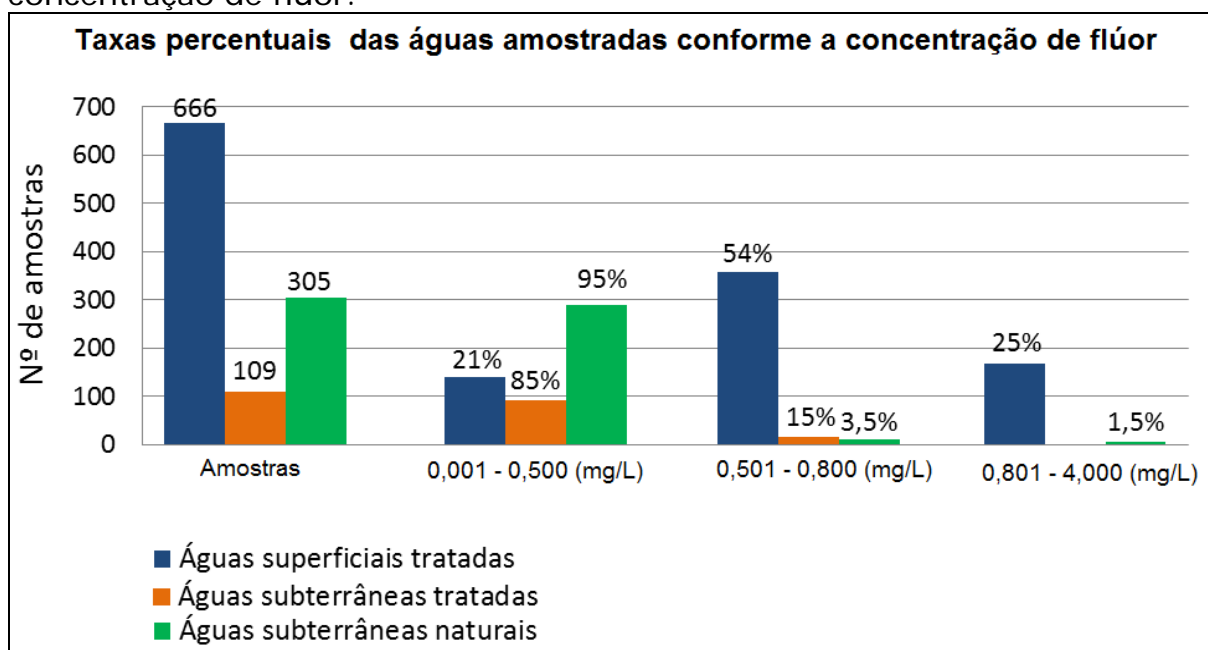
Não se torna possível aferir se teor de flúor no ponto 24 foi crescente ou se foram tomadas medidas para diluir a concentração do mesmo, pois não houve novas amostragens depois de 2010. Como mencionado anteriormente, esse poço apresenta a maior concentração de flúor em água de consumo o que torna mais preocupante a ausência de novas amostragens pela Vigilância Sanitária, uma vez que se trata de uma fonte de abastecimento de um prédio residencial e a concentração está acima do padrão de potabilidade, conforme Brasil (2011).

5.5 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

A quantidade elevada de amostras de água com baixas concentrações de teores de flúor evidenciam que há muitas áreas em que a população está em maiores condições de manifestação da cárie dental. Há que se destacar que se leva em consideração apenas a maior suscetibilidade à cárie dental a partir do nível do teor de flúor diluído em água, sem considerar os hábitos pessoais de cada indivíduo.

Como pode ser observado na Figura 29, a proporção do número de amostras com até 0,5 mg/L de flúor é maior nos conjuntos de águas subterrâneas, seja natural ou tratada. O baixo teor de flúor em águas subterrâneas pode ser resultado das características naturais do ambiente ou da diluição desse elemento químico a partir de propriedades geológicas a qual esses poços estão sujeitos, como infiltrações de águas da chuva ou de superfícies que podem exercer influências sobre as características desses ambientes subterrâneos.

Figura 29 - Taxas percentuais das águas amostradas conforme a concentração de flúor.



Fonte: A autora.

As numerosas amostras de águas subterrâneas tratadas (fluoretadas) (85%) com teores muito baixos de flúor, como evidenciado na Figura 29, sugere-nos que possivelmente nem todas foram devidamente tratadas ao que se refere aos aditivos químicos de flúor, apresentando assim características químicas de águas subterrâneas naturais.

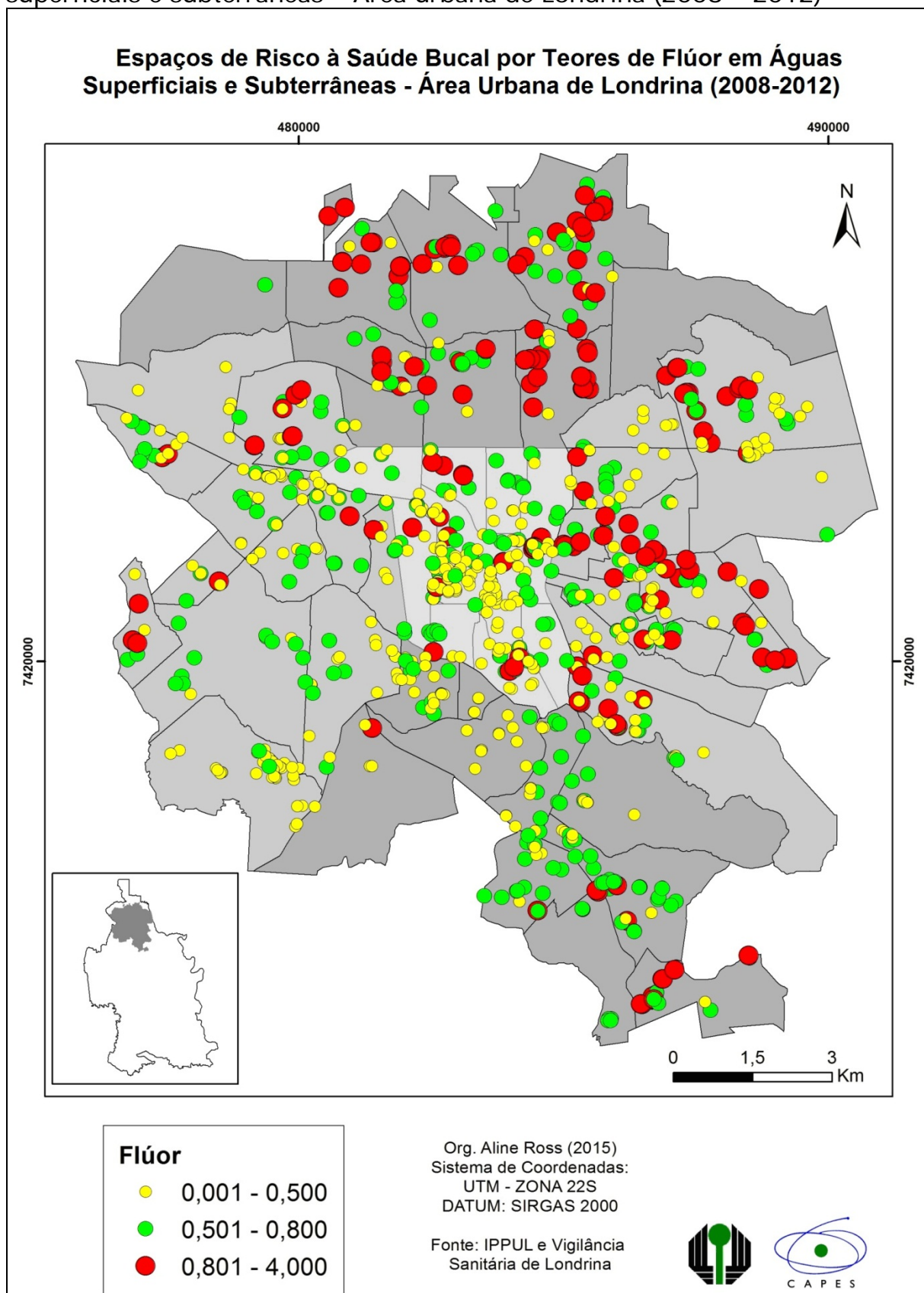
Ainda que seja baixa a quantidade de amostras de águas subterrâneas fluoretadas tem-se, também, alguns espaços recomendados à saúde, por apresentarem teores de flúor dentro do padrão adequado para consumo de modo que garanta os benefícios do flúor.

A partir dos resultados de águas superficiais tratadas, nota-se que as concentrações heterogêneas (entre 0,02 e 1,06 mg/L) de flúor nas águas de abastecimento público evidenciam a conveniência da realização de diagnósticos prévios à prática do processo de fluoretação, a fim de identificar a concentração de flúor presente em água, uma vez que esse pode ser encontrado naturalmente.

Essa prática aliada à correlação das temperaturas máximas diárias do ar, como critério para definir a concentração de íon de fluoreto adicionado em água, poderiam impedir a manifestação de espaços de risco à saúde bucal por elevados teores de flúor, como os constatados nos bairros Parigot de Souza e Vivi Xavier, onde a população está sujeita à ocorrência da fluorose dentária. Ademais, também poderiam promover espaços de saúde bucal através do controle mínimo de 0,5 mg/L de flúor. Logo, o propósito da fluoretação das águas de abastecimento público seria atingido, ou seja, toda a sociedade seria contemplada pelo flúor que em teor adequado iria produzir os efeitos desejados à saúde bucal auxiliando na prevenção da cárie.

Foram constatados trinta e um espaços de risco à saúde por exposição a teores de flúor superiores a 0,8 mg/L (Figura 30), nos quais a população, sobretudo as crianças em período de odontogênese dos dentes permanentes, que tenham ingerido essas águas e outras fontes de flúor por tempo prolongado estão mais susceptíveis à fluorose dentária.

Figura 30 - Espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor em águas superficiais e subterrâneas - Área urbana de Londrina (2008 - 2012)



Fonte: A autora.

Nesse sentido, a partir das amostras de águas superficiais tratadas evidenciaram-se espaços de risco à saúde bucal por elevados teores de flúor em todas as regiões de Londrina, entretanto no Cinco Conjuntos e no bairro Ernani, onde a exposição ao flúor foi mais constante, durante os anos de 2008, 2011 e 2012, foram identificados os espaços com mais riscos à fluorose dental. Não houve nenhuma notificação de espaços de risco à saúde por teores de flúor maiores que 0,8 mg/L referentes às amostras de águas subterrâneas tratadas, no entanto aponta-se três espaços com amostras de águas subterrâneas naturais, nos bairros Petrópolis e Champagnat e no Centro Histórico, com a maior concentração em 2,038 mg/L.

Desse modo, sugere-se que no Centro Histórico e nos bairros que apresentam risco por exposição à teores de flúor maiores que 0,8 mg/L em águas superficiais tratadas, sobretudo no Cinco Conjuntos e no Ernani, sejam realizados estudos por profissionais e/ou estudantes de odontologia que tenham como objeto de estudo a fluorose dentária.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Geografia da Saúde emerge com indagações a cerca das condições de vida da sociedade, na qual em diferentes locais e momentos encontram-se sem dignidade, sem meios de viver e garantir a sua subsistência, de objetivar ações que contemplem as suas necessidades. Assim, cada local e suas especificidades socioambientais apresentam um conjunto de distintos problemas de saúde, bem como em diferentes intensidades.

A transdisciplinaridade torna-se assim, indispensável aos estudos de Geografia da Saúde, como na presente pesquisa onde se buscou auxílio da odontologia, da geologia, da hidrogeoquímica, da estatística, da epidemiologia e outras áreas para alcançar os objetivos que estruturam esse tema.

O conceito espaço empregado para chegar-se a compreensão de espaço de risco à saúde, de modo que sejam contempladas as configurações ambientais e a forma com que a sociedade se organiza, sobretudo em relação ao consumo de água, evidenciam a contribuição da epistemologia geográfica às discussões das ciências da saúde que almejam a prevenção, o controle e a recuperação de patologias atribuídas ao consumo de água, como a própria Epidemiologia.

O consumo de flúor em água e seus efeitos sobre a saúde humana, bem como os resultados obtidos, mostram a importância da efetuação de análises regulares e pesquisas que tenham como objeto de estudo a água de abastecimento público ou outras fontes alternativas de abastecimento.

Recomenda-se à Secretaria de Saúde de Londrina que os bairros com espaços de risco à saúde bucal por teores de flúor elevado ou espaços de risco à cárie dental tornem-se áreas de pesquisa sobre a incidência da fluorose dentária e/ou cárie dental, e se necessário sejam direcionadas ações de prevenção e controle.

Infere-se que todas as amostras de águas superficiais tratadas estão dentro dos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde (BRASIL,

2011), contudo em águas subterrâneas naturais do Aquífero Serra Geral foram detectados teores além do limite máximo (Centro Histórico, Petrópolis e Champagnat).

Elenca-se, ainda, que os espaços que não apresentam a possibilidade da manifestação da fluorose por consumo de água, bem como tornam as pessoas menos vulneráveis a ocorrência da cárie dental, em sua maioria, são espaços em que a água de consumo é tratada pela SANEPAR, o que denota a importância da fluoretação e de avaliações regulares das propriedades químicas presentes na água. Entretanto, ressalta-se que 25% das amostras que foram tratadas pela companhia expõe a população à concentração de flúor maiores que 0,8 mg/L, que ao longo do tempo pode comprometer a saúde bucal da população com a manifestação da fluorose dentária

Diante de tais levantamentos, constata-se a necessidade permanente de fiscalizações acerca dos teores de flúor em águas de consumo, como medida preventiva aos agravos de saúde por flúor, seja por teores elevados ou pela carência deste. Sugere-se que as coletas das análises sejam efetuadas com maior abrangência, contemplando todos os bairros, que haja uma maior periodicidade e que sejam determinados pontos fixos de amostragens, para que posteriormente torne-se possível uma análise temporal das mesmas.

Ainda convém sugerir a elaboração de uma portaria própria do estado na qual se reforce que a concentração de flúor em água deve estar condizente com a temperatura média de cada município.

REFERÊNCIAS

ABUGRI, D. A.; PELIG-BA, K. B. Assessment of fluoride content in tropical surface soils used for crop cultivation. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 5, n. 9, p. 653 - 660, set.2011.

ALEGRE, M.; MORO, D. A. A mobilidade da população nas antigas áreas cafeeiras do Norte do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, ano 4, n.1, jan. 1986.

ALENCAR, E. C. (Org.). **Dicionário de meio ambiente**. Rio de Janeiro: Thex, 2009.

AMARANTE, L. M. **Flúor: benefícios e controvérsias dos programas de fluoretação no Estado do Paraná**. Curitiba: Fundação Caetano Munhoz da Rocha, 1992.

AMARANTE, L. M. **Fluoretação das águas de abastecimento público no Estado do Paraná**. Curitiba: SESA, 2008.

AMORIM, A. R. S.; MEDEIROS, J. B. Regiões metropolitanas do Paraná: consensos e dissensos. In: FRAGA, N. C. (Org.). **Território paranaense**. Florianópolis: Insular, 2011.

ANDREAZZINI, M. J.; FIGUEIREDO, B. R.; LICHT, O. A. B.. Geoquímica do flúor em águas e sedimentos fluviais da região de Cerro Azul, Estado do Paraná: Definição de áreas de risco para consumo humano. In: SILVA, Cássio R. da. (org.). **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal de meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM – Serviços Geológicos do Brasil, 2006. p. 118-125.

ARAÚJO, P. R.; PINESE, J. P. P. Geoambientes, elementos químicos e saúde humana. In: YAMAKI, H. (org.). **Geografia e meio ambiente: reflexões e proposições**. Londrina: MidioGRAF II: Edições Humanidades, 2006. p. 131-162.

ARCHELA, E.; FRANÇA, V.; CELLIGOI, A. Geologia, Geomorfologia e Disponibilidade Hídrica Subterrânea na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga. **Revista de Geografia da Universidade Estadual de Londrina**, Londrina, v. 12, n.2, p. 131-140, jul./dez. 2003.

ATHAYDE, C. V. M. **Hidrogeoquímica Multielementar: Gerenciamento Ambiental e Exploratório de Bacias Hidrográficas**. 2014. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

AUGUSTO, L. G. da S.; CÂMARA, V. de M.; CARNEIRO, F. F.; CÂNCIO, J.; GOUVEIA, N. Saúde e ambiente: uma reflexão da Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva – ABRASCO. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, Rio de Janeiro, v. 6, n.2, p. 87-94, 2003.

BARATA, R. de C. B. O desafio das doenças emergentes e a revalorização da epidemiologia descritiva. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 531-537, 1997.

BARCELLOS, C. Problemas emergentes da Saúde Coletiva e a revalorização do espaço geográfico. In: BARCELLOS, C. (org.). **Território, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008. p. 43-55.

BARRETO, M. L. **Esquistossomose Mansônica**: distribuição da doença e organização social do espaço. 1982. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1982.

BARROS, A.; BONGIOLO, S.; SOARES, A. P.; BITTENCOURT, A. V. L.; FERREIRA, F. J. F. Compartimentação estrutural e conectividade hidráulica dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani: caracterização hidrogeoquímica na região central do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 41, n.2, p. 319-333, jun. 2011.

BARROS, M. V. F.; ARCHELA, R. S. (Org.). **Atlas urbano de Londrina**. Londrina: EDUEL, 2009.

BATISTELLA, C. O território e o processo saúde-doença. In: FIOCRUZ. **Educação Profissional e Docência em Saúde**: a formação e o trabalho do agente comunitário de Saúde. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/pdtsp/index.php?livro_id=6&area_id=2&capitulo_id=13&autor_id=&arquivo=ver_conteudo_2>. Acessado em 5 jul. 2013.

BATISTELLA, C. Saúde, doença e cuidado: complexidade teórica e necessidade histórica. In: FONSECA, A.F. (org.). **O território e o processo saúde-doença**. Rio de Janeiro: EPSJV/Fiocruz; 2007. p. 25-49.

BATJES, N.H. **Methodological framework for assessment and mapping of the vulnerability of soils to diffuse pollution at a continental level (SOVERUR Project)**. Rome: FAO and ISRIC, 2000.

BHERING, S. B.; SANTOS, H, G. **Mapa de solos do Estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná, 2008.

BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C.; BUCHAMANN FILHO, A. C. A influência dos basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia do rio Piquiri, Paraná – BR. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 17, n.1, p. 67-75, maio, 2003.

BOGNOLA, I. A.; GOMES, J. B. V.; CURCIO, G. R.; CALVIGLONE, J. H.; UHLMANN, A.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Londrina**. IAPAR, 2011.

BOTERO, W. G. Caracterização de lado gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2018-2022, 2009.

BOUSQUAT, A.; COHN, A. A dimensão espacial nos estudos sobre saúde: uma trajetória histórica. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.11, n.3, p.549-68, set-dez. 2004.

BOWMAN, C.; BOBROWSKI, P. T; SELINUS, O. Medical Geology: New relevance in the Earth Sciences. **Episodes**, v. 26, n. 4, p.270-278, 2003.

BRASIL. Decreto nº 76.872, de 22 de dezembro de 1975. Regulamenta a Lei nº 6.050, de 24 de maio de 1974, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento. Diário Oficial da União, 23 dez. 1975; Secção 1.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de fluoretação da água para consumo humano**. Brasília: Funasa, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Subsídios para Construção da Política Nacional de Saúde Ambiental**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS – Departamento de Informática do SUS. **Sistema de Informação da Atenção Básica: Situação de Saneamento, notas técnicas**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/siab/siabcdescr.htm>>. Acessado em 10 de ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes da Política Nacional de Saúde Bucal. Secretária de Atenção à Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/web_comissoes/cisb/doc/politica_nacional.pdf>. Acessado em 03 de jul. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Textos de epidemiologia para vigilância ambiental em saúde**. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975**. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento destinada ao consumo humano. Diário Oficial da União, 30 jan. 1976. Secção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 2.914/2011 / **Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011. Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis../gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em 05 de jul. 2014.

BRINDHA, K.; ELANGO, L. Fluoride in groundwater: causes, implications and mitigation measures. In: MONROY, S. D. (org.). **Fluoride Properties, Applications and Environmental Management**. India: Nova Science Publishers, Incorporated: Hauppauge, 2011.

BUENDIA, O. C. **Fluoretação de águas: manual de orientação prática**. São Paulo: American Med, 1996.

BUISCHI, Y. P. **Promoção de saúde bucal na clínica odontológica**. São Paulo: Artes Médicas: EAP-APCD, 2000.

BUSCARIOLO, I. A.; PENHA, S. S.; ROCHA, R. G. Intoxicação crônica por flúor. Prevalência de fluorose dentária em escolares. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, Araraquara, v. 27, n.1, p.83-87, 2006.

CALDAS, L. Q. A. Risco potencial em toxicologia ambiental. In: BRILHANTE, O. M.; CALDAS, L. Q. A (coord.). **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1999. p.93-117.

CÂMARA, V. de M. Produção e ambiente: aspectos conceituais e metodológicos para a Saúde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SAÚDE PÚBLICA, 5., 1997, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Mimeo, 1997.

CAMPOS, A. S. **Educación y prevención de desastres**. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres em América Latina, 1999. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/libros/index.html>> Acesso em 14 maio. 2014.

CANGUSSU, M. C. T.; NARVAI, P. C.; FERNANDEZ, R. C.; DJEHIZIAN, V. A fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n.1, p. 7-15, jan./fev., 2002.

CAPELLA, L. F.; CARCERERI, D. L.; PAIVA, S. M.; ROSSO, R. A.; PAIXÃO, R. F.; SALTORI, E. K. Ocorrência de fluorose dentária endêmica. **Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 36, p. 371-375. 1989.

CARPI JUNIOR, S. Identificação de riscos ambientais e proteção da água: uma aproximação necessária. In: LIMA-GUIMARÃES, S. T.; CARPI JUNIOR, S.; BERRÍOS, M. B. R.; TAVARES, A. C. **Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais**. Rio Claro: IGCE/UNESP/RIO CLARO, 2012. p. 32-59.

CARVALHO, R. W. F.; VALOIS, R. B. V.; SANTOS, C. N. A.; MARCELLINI, P. S.; BONJARDIM, L. R.; OLIVEIRA, C. C. C.; BARRETTO, S. R.; GONÇALVES, S. R. J. Estudo da prevalência de fluorose dentária em Aracaju. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 15, supl.1, p. 1875-1880, jun. 2010.

CASARIL, C. C. Formação sócio-espacial de Londrina-PR e seu processo precoce de verticalização urbana. **Revista Discente Expressões Geográficas**, Florianópolis, n.7, ano VII, p. 32-53, jun. 2011.

CASTIEL, L. D.; GUILAM, M. C. R.; FERREIRA, M. S. **Correndo o risco: uma introdução aos riscos em saúde**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010.
CASTRO J. **Geografia da fome (o dilema brasileiro: pão ou aço)**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. 2006.

CELLIGOI, A.. **Recursos hídricos subterrâneos da formação Serra Geral na cidade de Londrina – Pr**. 1993. Dissertação (Mestrado em Geociências (Recursos Minerais e Hidrogeologia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CELLIGOI, A.; DUARTE, U. **Aspectos hidrogeoquímicos da Formação Serra Geral em Londrina-PR**. 1994. Disponível em:
<<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/24491/16447>>. Acessado em 11 jul. 2013.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL –. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo:CETESB; BRASÍLIA: ANA, 2011.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL –. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo:CETESB, 2001.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade do Solo: poluição**. Disponível em:
<<http://solo.cetesb.sp.gov.br/solo/informacoes-basicas/informacoes-basicas-solo/poluicao/>>. Acessado em 19 jun. 2014.

CORREA, M. S. N. P. **Odontopediatria na primeira infância**. São Paulo: Santos, 1998.

CORTECCI, Gianni. **Geologia e saúde**. Tradução de Wilson Scarpelli. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geosaude.pdf>>. Acessado em 4 de ago. 2014.

COSTA, M. C. N.; TEIXEIRA, M. G. L. C. A concepção de “espaço” na investigação epidemiológica. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 15, n.2, p.271-279, abr-jun. 1999.

COSTA, W. D. Uso e gestão das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**, 3ª edição, Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Formação Serra Geral**. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/Aparados/ap_geol_pag05.htm>. Acessado em 10 jun. 2013.

CUNHA, F. C. A. A letargia das regiões metropolitanas do interior do Paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA, 13, 2013. Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: UERJ, 2013. p. 1-17.

CURY, J. A. Uso do flúor e controle da cárie como doença. In: BARATIERI, L. N. et al. **Odontologia restauradora: fundamentos e possibilidades**. São Paulo: Santos, 2001. p. 33-68.

CURY, J. A.; TENUTA, L. M. A.; RIBEIRO, C. C. C. R.; LEME, A. F. P. The importance of fluoride dentifrices to the current dental caries prevalence in Brazil. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 15, n.3, p. 167-174, 2004.

CZERESNIA, D.; RIBEIRO, A. M. O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.16, n.3, p. 595-617, jul-set. 2000.

DA SILVA, W. R.; MELCHIOR, L. Estruturação urbana sob o contexto da mobilidade populacional em Londrina - Brasil. **Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, v. 7, n. 341, jan. 2002.

DEUS, A. G.; ALVES, J.C.; JAYME, N. S.; PINESE, J. P. Concentrações dos teores de flúor na região Norte do Paraná e relações com a saúde coletiva. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA: USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E AS MUDANÇAS DAS PAISAGENS, 15., 2013, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2013. p. 920-926.

DIAS, F. S.; BRAGANÇA, J. K. Contaminação do manancial subterrâneo por flúor no município de Verdelândia - Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ABAS, 2004. p. 1-8.

DISSANAYAKE, C. B.; CHANDRAJITH, R. **Introduction to medical geology: focus on tropical environments**. Berlin; New York: Springer, 2009.

DRM-RJ - Departamento de Recursos Naturais. Serviço Geológico do Rio de Janeiro. **Águas subterrâneas**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br/index.php/projetos-e-atividades/subterraneas>>. Acessado em 20 jun. 2013.

DUTRA, D. A. **Geografia da Saúde no Brasil: arcabouço teórico-epistemológico, temáticas e desafios**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

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

EMMERICH, A.; FREIRE, A. D. S. **Flúor e saúde coletiva**. Vitória: EDUFES, 2003.

FARIA, R. M.; BORTOLOZZI, A. **Espaço, território e saúde**: contribuições de Milton Santos para o tema Geografia da Saúde no Brasil. R. RA'EGA, Curitiba, n. 17, p. 31-41, 2009.

FEJERSKOV, O.; BAELUM, V.; MANJI, F.; MOLLER, I. J. **Fluorose dentária: um manual para profissionais de saúde**. São Paulo: Editora Santos, 1994.

FIGUEIREDO, B. R. **Minérios e ambiente**. Campinas: Editora UNICAMP, 2000.

FLUORIDE ALERT ORG. Fluoride action network. **Dental fluorosis**. Disponível em: <<http://fluoridealert.org/issues/fluorosis/>>. Acessado em 24 ago. 2013.

FORTE, F. D. S.; FREITAS, C. H. S. M.; SAMPAIO, F. C.; JARDIM, M. C. A. Fluorose dentária em crianças de Princesa Isabel, Paraíba. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, v. 15, n.2, p. 87-90, abr./jun. 2001.

FRAGA, C. G. **Origem de fluoreto em águas subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná**. 1992. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FREITAS, M. A. (Org.). **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina – Projeto Oeste de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/DAS-SC/EPAGRI, 2003.

FRESCA, T. M. A área central de Londrina: uma análise geográfica. **Geografia, (Londrina)**, v. 16, n. 2, jul./dez. 2007.

FRESCA, T. M. Mudanças recentes na expansão físico-territorial de Londrina. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v.11, n.2, p. 241-264, jul./dez. 2002.

GALLAGAN, D. J.; VERMILLION, J. R. Determining optimum fluorides concentrations. **Public Health Reports**, v. 72, n. 6, p. 491-493, 1957.

GATRELL, A. **Geographies of health: an introduction**. Oxford: Blackwell, 2002.

GODIM, G. M. M. Do conceito de risco ao da precaução: entre determinismos e incertezas. In: FONSECA, A. F. (org.). **O território e o processo saúde doença**. Rio de Janeiro: EPSJ/Fiocruz, 2007.p. 87-119.

GONINI, C. A. J.; MORITA, M. C. Dental fluorosis in children attending basic health units. **J. Appl. Oral Sci. [online]**. v.12, n.3, p. 189-194. 2004.

GUIMARÃES, R. B. Saúde urbana: velho tema, novas questões. **Terra Livre**, São Paulo, n.17, p. 155-170, 2. sem. 2001.

HARVEY, D. **A justiça social e a cidade**. Tradução de Armando Correia da Silva. São Paulo: Hucitec, 1980.

HARVEY, D. **A produção capitalista do espaço**. Tradução de Carlos Szlak. São Paulo: Annablume, 2006.

IANNI, A. M. Z. Saúde e meio ambiente na periferia da metrópole. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 9, n. 1- 2, p.97-109, jan-dez. 2000.

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Monitoramento da qualidade da água do rio Tibagi e Barra Grande, na área de influência do futuro reservatório de Mauá e município de Londrina-PR, no período de abril de 2010 a dezembro de 2011**. Curitiba: IAP, 2012. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/relatorio_2011_maua.pdf>. Acessado em 15 jul 2014.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná: classificação climática**. 2013. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acessado em 15 set. 2013.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Médias históricas em estações do IAPAR**. 2014. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>. Acessado em 10 set. 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Londrina**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=411370&search=parana|londrina>>. Acessado em 11 ago. 2014.

IPARDES. INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico**: Londrina. Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=86000>>. Acessado em 11 ago. 2014.

JÚNIOR MARTINS, J. C. G.; PINESE, J. P. P. Meio ambiente e saúde coletiva: abordagens em geologia médica. In: CARVALHO, M. S. de. (Org.). **Geografia, meio ambiente e desenvolvimento**. Londrina: a Autora, 2003.

JUNQUEIRA, R. D. Geografia Médica e Geografia da Saúde. **Hygeia Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 5, n. 8, p. 1-10, jun. 2009.

KLAASSEN, C.; WATKINS, B.J. **Fundamentos em Toxicologia de Casarett e Doull**. 2ª ed, Porto l'Union Française pour la Santé Bucco-Dentaire. Paris: UFSBD. 2012.

LACAZ, C. S.; BARUZZI, R. G.; SIQUIRA, JR. W. **Introdução à Geografia Médica no Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1972.

LEÃO, S. Oferta de água é 13 vezes maior que em São Paulo. **Folha de Londrina**, Londrina, 4, ago. 2014. Disponível em: <http://www.cliptvnews.com.br/mma/amplia.php?id_noticia=66001>. Acessado em 12 jul. 2014.

LEMOS, J. C.; LIMA, S. de C. A Geografia Médica e as doenças infecto-parasitárias. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 3, p. 74-86, jun. 2002. BOUSQUAT; COHN, 2002.

LEFEBVRE, H. **A cidade do capital**. Tradução de Maria Helena Rauta Ramos e Marilena Janur. Rio de Janeiro: Ed. DP&A, 2001.

LI, Y.; WANG, W.; YANG, L.; LI, H. Environmental epidemic characteristics of coalburning endemic fluorosis and the safety threshold of coal fluoride in China. **Fluoride**, v. 36, n. 2, p. 106-112, 2003.

LICHT, O. A. B. **A geoquímica multielementar na gestão ambiental: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil**. 2001. Tese (Doutorado em Área de Concentração - Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001

LICHT, O. A. B. **Prospecção Geoquímica: princípios, técnicas e métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998.

LICHT, O. A. B.; MORITA, M. C.; TARVAINEN, T. A utilização de dados de prospecção geoquímica de flúor, no primeiro planalto paranaense, na identificação de áreas de interesse para a saúde pública - uma abordagem preliminar. **Geochimica Brasiliensis**, São Paulo, v. 10, n.1, p. 057-069, 1996.

LIMA, S. do C. Saúde ambiental e as transformações socioambientais na Amazônia. In: OLIVEIRA, J. A. de. (Org.). **Espaço, saúde e ambiente na Amazônia: ensaios de geografia da saúde**. São Paulo: Expressões, 2013.

LIMA-E-SILVA, P. P. de. **Dicionário brasileiro de ciências ambientais**. Rio de Janeiro: Thex Editora, 2002.

LIN, N.F.; TANG J.; BIAN, J.M. O ambiente geoquímico e os problemas de saúde na China. Tradução de Carlos Alberto C. Lins. **Environmental Geochemistry and Health**. v. 26, p. 81-88, 2004.

LOBO, E. A.; COSTA, A. B.; KIRST, A. Qualidade das águas subterrâneas, em relação à concentração de íons fluoretos, na região vale do rio pardo e rio taquari, RS, Brasil. In: JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABAS, 2000. v.1. p.1-15.

LONDRINA. **Perfil do município de Londrina**. 2014. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=546:perfil-de-londrina&catid=21:planejamento-&Itemid=147>. Acessado em 10 jan. 2015.

LONDRINA. **Plano municipal de saneamento básico**: relatório de diagnóstico da situação do saneamento. Londrina, 2008. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/abastecimento_agua_03_10.pdf>. Acessado 12 jul. 2014.

LOPES, E. V.; ANJOS, L. dos. A composição da avifauna do campus da Universidade Estadual de Londrina, norte do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 23, n.1, p. 145-156, março, 2006.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3.ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MANCURSO, M. A.; SCHROEDER, J. K.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Análise dos teores de flúor nas águas de abastecimento público em municípios localizados sobre o Aquífero Serra Geral. RS. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS: ÁGUA, DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIOAMBIENTAL, 10., 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ABHR, 2013. p. 1-8.

MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. MANOEL FILHO, J. FEITOSA, F. A. C. (org.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.

MARCELLIN, R. C.; FERREIRA, F. J. F. Conectividade e compartimentação dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani no sudoeste do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 3, setembro, 2009.

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

MARINHO, V. C. C.; HIGGINS, J. P. T.; LOGAN, S.; SHEIHAM A. **Fluoride gels for preventing dental caries in children and adolescents (Review)**. The Cochrane Library, 2009. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD002280.pub2/abstract>>. Acessado em 4 set. 2013.

MAZZETO, F. A. Pioneiros da geografia da saúde: séculos XVIII, XIX e XX. In: BARCELLOS, C. (org.). **A geografia e o contexto dos problemas de saúde**. Rio de Janeiro: Abrasco, 2008. p.17-33.

MENDES, E. A. A. et al. Mananciais subterrâneos no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002.

MENDONÇA, L. B.; BARROS, M. V. F. Mapeamento da vegetação de fundo de vale da cidade de Londrina - PR a partir de Imagens ETM LANDSAT. **Revista de Geografia**, Londrina, v.11, n.1, p. 67-80, 2002.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. Serviço Geológico do Paraná. **Atlas geoquímico do Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2001.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. Serviço Geológico do Paraná. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Escala 1:250.000 modelos reduzidos. MINEROPAR; Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2006.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. Serviço Geológico do Paraná. **Geologia Médica e Geomedicina**. 2014. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=129>>. Acesso em 3 set. 2014.

MIRANDA, A. C. de.; BARCELLOS, C.; MOREIRA, J. C.; MONKEN, M. (Org.). **Território, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008.

MIRLEAN, N.; CASARTELLI, M. R.; GARCIA, M. R. D. Propagação da poluição atmosférica por flúor nas águas subterrâneas e solos de regiões próximas às indústrias de fertilizantes (Rio Grande, RS). **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 191-195, 2002.

MONKEN, M.; BARCELLOS, C. Vigilância em saúde e território utilizado: possibilidades teóricas e metodológicas. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.21, n. 3, p. 898-906, maio-jun. 2005.

MONKEN, M.; PEITER, P.; BARCELLOS, C.; ROJAS, L. I.; NAVARRO, M. B. M. A.; GONDIM, G. M. M.; GRACIE, R. O território na saúde: construindo referências para análises em saúde e ambiente. In: BARCELLOS, C. (org.). **Território, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008. p. 23-41.

MONTEIRO, A. C.; MIRANDA, H. R. A. **O flúor e outros vilões da humanidade**. Itapetininga: Via Sette Editorial, 2003.

MORITA, M. C.; CARRILHO, A.; LICHT, O. A. B. Use of geochemistry data in the identification of endemic fluorosis areas. In: WORD CONGRESS OF HEALTH IN URBAN ENVIRONMENT, 1., 1998, Madrid. **Anais...** Madrid: IOA, 1998. p. 244-244.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2º ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NANNI, A. S. **O flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico**. 2008. Tese

(Doutorado em Geociências). – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NARVAI, P. C. Cárie dentária e flúor: uma relação do século XX. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 5, n.2, p. 381-392, 2000.

NAVARRO, M. B. de A.; FILGUEIRAS, A. L. L.; COELHO, H.; ASENSI, M. D.; LEMOS, E.; SIDOMI, M.; SOARES, M. da S.; CARDOSO, T. A. de O. Doenças emergentes e reemergentes, Saúde e Ambiente. In: MINAYO, M. C. de S; MIRANDA, A. C. de. **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002.

NAVARRO, M. V. T. Conceito e controle de riscos à saúde. In: NAVARRO, M. V. T. **Risco, radiodiagnósticos e vigilância sanitária**. Salvador: EDUFBA, 2009. p. 37-75.

NETTO, J. P. G. M.; DINIZ, H. N.; JOROSKI, R.; OKAMOTO, F. S.; FRANÇA, V. C.; TANAKA, S. E.; SILVA, V. H. A. A ocorrência de fluoreto na água de poços da região metropolitana de São Paulo e novas tecnologias para sua remoção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ABAS, 2004. p. 1-21.

NOGUEIRA, H.; REMOALDO, P. C. A saúde e os interesses da Geografia da Saúde. In: NOGUEIRA, H.; REMOALDO, P. C. **Olhares geográficos sobre a saúde**. Lisboa: Edições Colibri, 2010.

OLIVERIA, A. De la Geografia Médica a la Geografia de la Salud. In: OLIVEIRA, A. **Geografia de la salud**. Madrid: Editorial Síntesis, 1993.

OLIVEIRA, R. O. et. al. **Determinação dos teores de flúor em poços tubulares na cidade de Londrina**. In: Encontro Anual de Iniciação Científica, 11., Maringá, 2002. Disponível em: <http://www.ppg.uem.br/Docs/pes/eaic/XI_EAIC/trabalhos/arquivos/11-0858-0.pdf>. Acessado em 15 de out. 2012.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Elemento traço na nutrição e saúde humanas**. Tradução de Andréa Favano. São Paulo: Roca, 1998.

PANAGOULIAS, T. I.; DA SILVA FILHO, E. V. Estudo hidrogeoquímico do flúor nas águas subterrâneas das bacias dos rios Casseribú, Macacú e São João, Estado do Rio de Janeiro. **Geologia Médica**, Cadernos nº19, São Paulo, 2006. In: SILVA, C. R. (org.). *Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal de meio ambiente*. Rio de Janeiro: CPRM – Serviços Geológicos do Brasil, 2006. p. 126-129.

PARANÁ. Agência de notícias do Paraná: **Secretária de Saúde incentiva a adição de flúor no abastecimento de água**. Curitiba, 9 set. de 2013. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=76552>>. Acessado em 21 de ago. 2013.

PARANÁ. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Enquadramento dos cursos d'água do Estado do Paraná. Portaria nº 003, de 21 de março de 1991. Enquadra os cursos d'água da Bacia do rio Tibagi. Curitiba, 21 mar. 1991. Disponível em: <<http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/enquadramento-b-pirapo.pdf>>. Acessado em 11 jul. 2014.

PARANÁ. Institutos das Águas do Paraná. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: Diagnósticos das disponibilidades hídricas subterrâneas.** Cobrape: Curitiba, 2010.

PARREIRAS, P. M.; SILVA, A. P. A.; ZOCRATTO, K. B. F. Fluorose dentária: percepção dos portadores e seus responsáveis. **Revista da Faculdade de Odontologia**, Passo Fundo, v. 14, n.1, p. 18-22, jan./abr., 2009.

PAULA, A. S.; BARROS, O. N. F.; CAINZOS, R. L. P.; RALICHI, R. Dinâmica da ocupação e uso do solo em Londrina (PR): um olhar sobre a interface urbano-rural. **Confins (Online)**, n. 17, 2013. Disponível em: <<http://confins.revues.org/8159?lang=pt>>. Acessado em 20 set. 2014.

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.

PESSÔA, S. B. **Ensaio Médico-Sociais.** Rio de Janeiro: Livraria Editora Guanabara, Koogan S.A., 1960.

PINESE, J. P. P. Síntese Geológica da Bacia do Rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. **A Bacia do Rio Tibagi.** Londrina: Os Editores, 2002.

PINESE, J. P. P.; ALVES, J. C.; LICHT, O. A. B.; PIRES, E. O.; MARAFON, E. Características geoquímicas naturais da água de abastecimento público da porção extrema no norte do estado do Paraná. In: XLI Congresso Brasileiro de Geologia: a Geologia e o Homem, 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2001.

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

PIRES, E. O.; PINESE, J. P. P. Aspectos geológicos e geoquímicos dos fluoretos naturais da água subterrânea do município de Itambaracá - PR. In: Encontro Anual de Iniciação Científica, 11., 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: EAIC, 2002.

PIRES, E. O.; PINESE, J. P. P. Principais Características Fisiográficas e Ambientais do Município de Itambaracá - Paraná. ENCONTRO NACIONAL DE

GEÓGRAFOS, 13., 2002, João Pessoa. **Anais... João Pessoa: XIII ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2002.**

RAMIRES, I.; BUZALAF, M. A. R. A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária -- Cinquenta anos no Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 1057-1065, 2007.

RIBEIRO, H. Saúde Pública e meio ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 13, n. 1, p.70-80, jan-abr. 2004.

RIBEIRO, H.(Org.). **Olhares geográficos: meio ambiente e saúde**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul. **Portaria nº 10, de 16 de agosto de 1999**. Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecidas por Sistemas Públicos de Abastecimento. Disponível em <http://www.portoalegre.rs.gov.br/dmae/doc_usu/SDDVP-portaria10-99.pdf>. Acessado em 05 de jul. 2014.

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

ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C.; MONTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L. **Aquíferos do Estado do Paraná**. Curitiba: Edição do Autor, 2011.

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

ROSS, A. **Espacialização das concentrações de flúor das águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral do município de Londrina-PR**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

ROUTROY, S; HARICHANDAN, R.; MOHANTY, J. K.; PANDA, C. R. A statistical appraisal to hydrogeochemistry of fluoride contaminated ground water in Nayagarh District, Odisha. **Journal Geological Society of India**.v. 81, mar. 2013, p. 350-360.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Tradução de Márcia Guekezian. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1994.

SABROZA, P. Espaço e produção de endemias. In: TALLER DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MEDICINA SOCIAL, 2, Caracas, 1991.

SANEPAR. **Água do sistema público ajuda a prevenir cárie**. 2011. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/noticias/agua-do-sistema-publico-ajuda-prevenir-carie>> Acessado em 11 ago. 2014.

SANTIAGO, M. R. **Análises das ocorrências anômalas de fluoreto em águas subterrâneas**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010.

SANTIAGO, M. R.; SILVA, J. L. S. Flúor em águas subterrâneas: um problema social. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2009. p. 1-15.

SANTOS, A. C. Noções de hidrogeoquímica. In: FEITOSA, F.A.C., MANUEL FILHO, J. **Hidrogeologia conceitos e aplicações**. Fortaleza:CPRM/LABHID/UFPE, p. 81-108. 1997.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2006.

SANTOS, M. **Espaço do cidadão**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1993.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec, 1988.

SANTOS, M. **Por uma geografia nova: da crítica da Geografia a uma Geografia Crítica**. 6. ed. São Paulo : USP , 2004.

SANTOS, S. L. K.; OLIVEIRA, M. A. L. Paraná: gênese e contemporaneidade do território urbano-econômico. In: FRAGA, N. C. (Org.). **Território paranaense**. Florianópolis: Insular, 2011.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. Coordenação dos Institutos de Pesquisa. Centro de Vigilância Sanitária. **Resolução SS 4, de 10 de janeiro de 2003**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no estado de São Paulo e dá outras providências. Disponível em <<http://www.conchal.sp.gov.br/source/orgaos/saude/arquivos/ResolucaoSS04de10-01-2003.pdf>>. Acesso em 05 julho de 2014.

SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R. C. A. **O contexto tectônico dos sistemas aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão**. 2008. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23794/15859>>. Acessado em 11 jul. 2013.

SCLIAR, M. História do conceito de saúde. **PHYSIS: Revista Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n.1, p. 29-41, 2007.

SELINUS, O. Medical Geology: an emerging speciality. **Terr/-e**, n.1, p. 8-15, jan. 2003.

SELINUS, O.; ALLOWAY, B. J.; CENTENO, J. A.; FINKELMAN, R. B.; FUGE, R.; LINDH, U.; SMEDLEY, P (edt.). **Medical geology: impacts of the natural environment on public health**. Amsterdam: Elsevier, 2005.

SHIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química inorgânica**. Tradução de Maria Aparecida Gomes. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

SILVA, L. J. O conceito de espaço: na epidemiologia das doenças infecciosas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 585-593, 1997.

SILVA, L. J. Organização do espaço e doença. In: CARVALHEIRO, J. (org.). **Textos de apoio: epidemiologia 1**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Abrasco, 1985.

SILVA, S. M.; VELÁSQUEZ, L. N. M.; FREITAS, A. M.; PEREIRA, C.; COSTA, D. A.; SOARES, L. C.; FANTINEL, L. M.; FLEMING, P. M.; RODRIGUES, P. C. H. Hidroquímica das águas subterrâneas e anomalias de fluoreto em região do semi-árido mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS FEIRA NACIONAL DA ÁGUA, 15. 16., 2008, Natal. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2008. p. 1-20.

SMITH, A. H.; ARROYO, A. P.; GUHA MAZUMDER, D. N.; KOSNETT, M. J.; HERNANDEZ, A.; BEERIS, M.; SMITH, M. M.; MOORE, L. E. Arsenic-Induced Skin Lesions among Atacameño People in Northern Chile Despite Good Nutrition and Centuries of Exposure. **Environmental Health Perspectives**, v. 108, n. 7, p 617-620, jul. 2000.

SOJA, Edward W. **Geografias Pós-Modernas: a reafirmação da teoria social crítica**. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. Riscos ambientais: ameaça e vulnerabilidade. In: SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. **Percepção de riscos ambientais: teoria e aplicação**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p.11-27.

STARFIELD, B. **Atenção primária: equilíbrio entre necessidades de saúde, serviços e tecnologia**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

TAMBELLINI, A. T.; CÂMARA, V. de M. A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento do campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 3, n.2, p. 47-59, 1998.

TOREZAN, J. M. D. Nota sobre a vegetação da bacia do Rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina: Os Editores, 2002.

TRABAQUINI, K.; TAKEDA, M. M. G.; ROMAGNOLLI, R.; BARROS, M. V. F. Uso e ocupação das APPs em área de fundo de vale no perímetro urbano de Londrina-PR, utilizando imagem de alta resolução. **RA' E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 18, p. 41-49, 2009.

TRILLER, M. Le fluor, agent préventif de la maladie carieuse: mécanisme, sources, risques. **Arch Pediatr**, v. 5, p. 1149-1152, 1998.

VAZ, D. S.; REMOALDO, P. C. A. A Geografia da Saúde brasileira e portuguesa: algumas considerações conceituais. **GEOUSP, Espaço e Tempo**. São Paulo, n.30, p. 173-192, 2011.

VELÁSQUEZ, L. N. M.; FANTINEL, L. M.; CASTILHO, L. S.; FERREIRA, E. F.; COSTA, W. D.; UHLEIN, A. Experiência de investigação da fluorose dentária relacionada ao consumo de água subterrânea em São Francisco, Minas Gerais: aplicação de métodos da geologia médica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, São Paulo. **Anais...São Paulo: ABAS**, 2004. p. 1-24.

VELÁSQUEZ, L. N. M.; FANTINEL, L. M.; FERREIRA, E. F.; CASTILHO, L. S.; UHLEIN, A.; VARGAS, A. M. D.; ARANHA, P. R. A. Flúor dentária e anomalias de flúor na água subterrânea no município de São Francisco, Minas Gerais, Brasil. In: SILVA, Cássio R. da. (org.). **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal de meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM – Serviços Geológicos do Brasil, 2006. p. 110-117.

VIANA, T. R.; CELLIGOI, A. Análise das reservas de águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral em Londrina: recarga e consumo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais... Florianópolis: REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, 2002.

VIEITES, R. G.; FREITAS, I. A. de. Pavlovsky e Sorre: Duas importantes contribuições à Geografia Médica. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.1, n.2, p. 187-201, dez. 2007.

WHITFORD, G. M. Fluoride metabolism when added to salt. **Schweiz Monatsschr Zahnmed**, v. 115, n.8, p. 675-678, 2005.

WHO. **World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality**. 4 ed. Geneva: WHO, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabulação das Amostras Analisadas

NATURAL - SUBTERRÂNEA 2008			
AMOSTRAS	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
505	0,353	483742,59	7420653,57
511	0,102	483817,01	7421781,52
512	0,049	483027,66	7421673,59
513	0,045	482674,57	7421780,26
514	0,111	482951,45	7421709,39
516	0,052	482970,13	7421366,1
517	0,055	482965,74	7421340,85
518	0,055	482961,85	7421369,01
519	0,049	482952,87	7422016,59
522	0,039	482828,35	7421497,66
532	0,048	482817,12	7421776,36
533	0,041	482831,21	7421340,88
534	0,036	483613,57	7421523,56
535	0,045	483251,06	7421666,27
536	0,035	483607,56	7421641,46
537	0,062	483049,77	7421796,65
538	0,035	483177,53	7424776,53
548	0,045	482622,82	7421536,46
549	0,04	482637,66	7421538,47
550	0,04	482616,56	7421536,54
551	0,039	483217,4	7421538,26
552	0,317	483638,27	7421535,84
553	0,412	483910,16	7421080,78
557	0,038	483621,91	7423027,06
559	0,036	483223,79	7421461,89
563	0,065	488679,08	7424014,86
564	0,151	482536,24	7422844,48
565	0,043	482271,2	7423202,97
566	0,338	482570,55	7422167,82
567	0,527	481133,51	7423165,36
568	0,051	480432,94	7423375,87
569	0,043	480625,31	7423293,44
570	0,087	478521,28	7421464,05
571	0,376	483601,36	7420331,98
572	0,836	484068,92	7419890,15
573	0,221	483908,63	7420251,88
574	0,058	479400,2	7423538,11
576	0,101	488476,14	7424000,72
579	0,06	488716,37	7424064,11

580	0,128	487623,64	7424111,03
582	0,193	482690,75	7419393,72
585	0,121	484607,24	7418728,08
592	0,012	482051	7422116,92
603	0,456	480319,79	7423540,58
604	0,035	479677,73	7423533,4
605	0,028	477698,08	7424149,16
607	0,047	477404,27	7423892,6
609	0,041	479405,8	7423538,12
610	0,087	478953,11	7423674,62
612	0,031	477538,56	7423975,66
627	0,047	484705,91	7422262,42
628	0,048	484705,91	7422262,42
647	0,037	481843,94	7422236,11
651	0,017	484390,64	7419959,84
653	0,018	482224,52	7423014,93
663	0,02	483946,44	7418970,53
664	0,073	483447,25	7418307,74
665	0,043	483447,25	7418307,74
667	0,035	484704,73	7424736,15
668	0,161	484291,02	7417999,87
669	0,037	484088,56	7416848,44
675	0,07	486365,81	7423573,88
679	0,047	485489,62	7424032,49
685	0,015	485821	7420083,71
699	0,05	488659,35	7425431,77
710	0,041	486697,01	7421415,84
712	0,017	486446,42	7421682,86
727	0,039	481853,71	7419773,58
728	0,017	479187,99	7423578
731	0,022	479395,72	7423535,88
735	0,054	481663,29	7424044
736	0,037	480736,05	7420054,09
752	0,522	484569,06	7417004,18
756	0,106	482660,19	7422760,56
759	0,046	489463,61	7424688,27
766	0,06	488974,54	7424861,62
768	0,025	489059	7425018,2
769	0,275	488990,44	7425030,27
772	0,118	485486,25	7424040,28
773	0,307	482131,88	7420006,67
775	0,045	482032,67	7420024,54
776	0,046	482014,05	7420070,57
777	0,056	481814,18	7420102,73
784	0,092	482488,06	7424036,54
786	0,028	479442,41	7423529,5

787	0,07	484715,53	7426239,68
803	0,448	484139,89	7421815,38
804	0,022	484121,29	7421151,08
805	0,032	484140,23	7420550,69
848	0,06	482552,99	7419713,46
850	0,062	481869,81	7419663,35
852	0,054	479941,85	7416849,16
861	0,09	483392,45	7419295,82
862	0,09	485237,59	7420295,01
864	0,094	483307,9	7419032,35
901	0,059	480241,62	7419555,37
934	0,054	483765,43	7420189,51
998	0,024	486089,73	7420428,9
TOTAL DE AMOSTRAS: 98			

 NATURAL - SUBTERRÂNEA 2009

AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
152	0,006	481072,93	7424515,51
190	0,012	483779,19	7418626,96
192	0,008	482169,1	7419796,07
193	0,009	481824,54	7420091,66
194	0,007	480432,38	7423367,06
195	0,002	480063,4	7423095,36
201	0,004	485321,86	7421259,23
202	0,001	485445,28	7420621,65
203	0,251	483987,19	7421080,68
204	0,005	482565,9	7421840,9
205	0,046	482299	7422855,25
206	0,006	483395,05	7419299,85
207	0,006	481997,65	7420044,87
208	0,003	481997,65	7420044,87
215	0,644	482118,27	7419819,05
223	0,017	484201,76	7422636,8
232	0,003	479648,28	7423550,01
248	0,008	486128,04	7421916,85
250	0,035	482690,42	7422188,32
254	0,016	485890,01	7419519,76
255	0,024	483438,2	7418286,11
256	0,006	483438,2	7418286,11
257	0,002	483327,29	7417948,7
258	0,005	484365,12	7417463,59
260	0,119	478627	7425631,73
261	0,006	484144,8	7420122,92
262	0,49	482541,7	7419197,35
263	0,024	482543,01	7419303,23
264	0,005	482543,01	7419303,23
266	0,019	481763,62	7420208,52
267	0,802	481417,07	7422512,55
268	0,06	486498,65	7424070,5
269	0,008	486501,03	7424653,51
270	0,012	486502,81	7424793,66
272	0,004	482619,43	7421530,69
273	0,005	482635,48	7421539,02
274	0,004	482615,55	7421531,53
275	0,004	483177,77	7421537,35
278	0,003	483643,08	7421516,07
279	0,002	482931,61	7421420,95
280	0,005	482880,4	7421424,14

281	0,003	482883,74	7421416,17
282	1,611	482613,88	7421414,34
283	0,447	478695,5	7424281,36
284	0,048	478722,47	7424931,83
285	0,005	477997,63	7421834,41
286	0,342	481478,28	7419406,26
287	0,022	481443,95	7420410,05
288	0,005	481456,46	7420313,75
289	0,007	482739,82	7419368,48
290	0,014	482689,82	7419383,75
291	0,01	482180,48	7419412,48
294	0,005	484484,99	7416306,1
295	0,055	484418,37	7419579,91
296	0,009	484380,6	7419549,79
298	0,166	483149,81	7421918,08
299	0,02	482712,54	7421914,17
300	0,217	482569,08	7421777,73
301	0,02	483046,74	7421781,42
308	0,167	482740,55	7422406,03
309	0,004	482375,42	7422394,86
310	0,012	482603,24	7422922,43
311	0,03	482953,52	7421975,75
312	0,006	482953,63	7421697,99

TOTAL DE
AMOSTRAS: 64

NATURAL - SUBTERRÂNEA 2010

AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
3	0,002	485960,13	7421283,68
13	0,005	486618,27	7420428,46
23	0,005	482544,29	7421193,4
28	0,003	486353,02	7418875,87
29	0,003	480062,23	7417239,05
33	0,265	480245,92	7419439,75
38	0,003	483643,78	7421518,87
55	0,009	482225,83	7423002,95
58	0,009	479129,22	7421961,38
59	0,008	479274,27	7422085,85
61	0,009	483371,97	7421804,51
62	0,009	483368,79	7421856,37
64	0,007	483915,3	7417057,44
83	0,018	482493,03	7419105,55
101	0,016	482844,87	7423168,29
111	0,013	482688,86	7419382,69
119	0,015	479578,55	7417905,72
120	0,006	479237,59	7423123,73
388	0,048	480770,76	7420086,68
416	0,031	480617,64	7423278,75
418	0,724	481811,57	7422116,24
423	0,052	485980,67	7359590,46
457	0,031	479862,32	7420448,95
459	0,206	486314,69	7421077,91
460	0,605	486314,69	7421077,91
461	0,641	486348,9	7421121,25
466	0,588	479949,24	7420334,33
467	0,619	480083,87	7420064,27
470	0,046	478690	7424825,83
471	0,047	478690	7424825,83
481	2,038	482612,8	7421414,43
482	0,855	482612,8	7421414,43
493	0,094	484372,84	7417583,05
502	0,041	478152,34	7421669,03
512	0,032	479337,01	7418079,81

**TOTAL DE
AMOSTRAS: 35**

NATURAL - SUBTERRÂNEA 2011

AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
8	0,049	486262,03	7421634,66
10	0,042	487111,23	7418198,51
12	0,066	480381,45	7423415,04
13	0,065	483693	7421419,8
22	0,048	479121,7	7421960,33
23	0,044	488629,11	7424185,55
25	0,03	482900,21	7420090,85
28	0,036	480235,3	7419562,17
31	0,218	486619,04	7421042,26
60	0,44	487117,31	7418159,71
62	0,052	488610,77	7423941,92
64	0,044	488513,4	7423922,16
89	0,016	489595,27	7424872,47
92	0,017	485125,46	7423452,66
102	0,025	486837,52	7421766,91
103	0,023	487528,64	7421328,78
188	0,04	482530,42	7421428,33
190	0,03	487097,41	7418136,02
191	0,035	480195,73	7418579,33
193	0,028	483173,82	7418680,27
194	0,028	484016,23	7419476,76
195	0,033	483459,34	7417255,15
198	0,055	482763,11	7421772,12
202	0,103	488847,79	7424087,51
203	0,063	482960,25	7421400,79
204	0,053	476756,57	7424650,6
205	0,051	486894,61	7423972,38
206	0,045	487602,13	7424190,79
208	0,112	484374,86	7417570,14
209	0,053	477806,17	7424282,45
211	0,038	487667,48	7413488,27
212	0,043	488458	7424107,68
213	0,042	487111,23	7418198,51
237	0,041	487111,23	7418198,51
238	0,039	487667,48	7413488,27
239	0,037	480235,3	7419562,17
242	0,039	483759,47	7420742,86
243	0,031	483459,34	7417255,15
246	0,012	486272,39	7421637,48
247	0,223	484451,95	7416452,79
321	0,04	487111,23	7418198,51
336	0,069	487122,01	7418120,87
377	0,064	483586,72	7421439,52

382	0,074	479582,01	7422621,06
383	0,017	488787,58	7424268,35
384	0,024	489070,86	7424740,85
467	0,077	482107,62	7419657,89
472	0,053	482683,51	7422122,72
507	0,061	482683,37	7421396,96
554	0,075	481945,44	7419648,54
570	0,013	479967,21	7416892,76
571	0,052	479642,44	7423587,73
TOTAL DE AMOSTRAS: 52			

NATURAL - SUBTERRÂNEA 2012

AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
4	0,026	479380,95	74168854,48
25	0,031	480012,06	7417959,87
28	0,05	478438,79	7417954,33
37	0,019	480303,93	7417228,38
44	0,087	479973,13	7417231,17
45	0,064	479875,33	7417977,3
47	0,292	478471,95	7417920,81
49	0,148	478520,88	7417867,79
50	0,094	478539,95	7417879,12
51	0,076	478550,17	7417876,7
109	0,067	484449,3	7423795,49
140	0,086	487812,45	7420733,59
143	0,017	487811,83	7420734,78
144	0,066	487817,77	7420742,82
145	0,216	487824,02	7420752,69
167	0,545	479449,1	7417995,79
168	0,057	479498,31	7418093,62
169	0,051	479473,28	7418117,79
170	0,367	479534,8	7417805,51
171	0,127	479558,31	7417787,25
172	0,124	479526,94	7417918,39
173	0,133	479526,94	7417935,3
174	0,036	479679,55	7417960,84
179	0,049	479520,48	7418075,46
180	0,116	479591,12	7418019,7
181	0,056	479641,22	7417984,74
182	0,02	479725,5	7418053,95
183	0,036	479909,8	7417743,96
184	0,044	479908,86	7417742,33
186	0,034	479223,24	7418259,59
187	0,053	479353,67	7418312,46
188	0,041	479502,74	7417783,78
189	0,04	479909,64	7417744,06
190	0,03	479333,87	7418310,3
191	0,653	479253,66	7418286,54
192	0,082	479244,45	7418281,48
193	0,028	479565,14	7417768,42
194	0,056	479198,05	7417858,37
195	0,062	479899,98	7417818,02
196	0,083	481255,16	7418786,06
198	0,065	479372,03	7418194,58
199	0,054	479438,89	7418152,92
200	0,052	479451,38	7418140,51

201	0,018	483446,5	7419961,28
205	0,098	477752,91	7418301,53
209	0,019	485518,67	7423021,02
210	0,023	486229,9	7423367,26
220	0,042	485941,22	7422192,49
277	0,6	481823,49	7422126,08
278	0,077	485844,71	7423063,33
454	0,024	481343,72	7418001,66
455	0,026	481377,45	7418000,22
457	0,023	483913,88	7417048,63
460	0,023	484040,36	7418735,75
490	0,038	486270,84	7419325,4
571	0,03	484724,61	7426119,54
TOTAL DE AMOSTRAS: 56			

TRATADA - SUPERFICIAL 2008			
AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
339	0,819	489225,06	7420063,91
506	1,064	480752,94	7427142
507	0,867	481888,05	7427366,46
508	0,897	482751,64	7427902,57
509	0,944	484272,06	7427735,42
510	0,902	484562,96	7425855,1
526	0,56	485650,97	7422414,56
539	0,807	485747,43	7428737,42
540	0,649	487517,02	7424794,95
541	0,679	489011,53	7420019,93
542	0,76	488407,71	7420719,81
543	0,754	485325,37	7419208,01
544	0,76	486377,33	7418689,22
545	0,78	485390,65	7417341,46
546	0,765	486568,23	7420364,72
554	0,925	486194,31	7415041,74
555	0,646	486749,28	7413672,86
556	0,745	485221,52	7416267,91
575	0,099	479399,07	7423541,45
577	0,857	488472,95	7423985,82
581	0,684	488444,54	7424705,05
591	0,78	488432,89	7424907,89
595	0,653	485981,25	7419680,92
600	0,093	485129,95	7428199,81
606	0,769	479190,52	7423607,39
611	0,802	477431,69	7423897,65
613	0,83	477536,6	7423959,42
621	0,706	484168,27	7420260,85
622	0,597	477058,62	7424465,74
626	0,67	476861,83	7424585,34
637	0,71	485430,6	7421243,1
638	0,757	486348,59	7421160,32
640	0,877	489203,26	7420049,02
645	0,724	480568,19	7428514,72
648	0,698	481922,47	7422267,34
650	0,025	484578,71	7416334,44
671	0,757	485426,06	7424059,36
673	0,676	485372,06	7427932,6
686	0,69	486059,48	7420001,76
687	0,713	486838,61	7420413,27
692	0,679	483291,02	7421914,21
693	0,658	482835,32	7423257,56
694	0,65	482738,86	7423264,49

696	0,653	483530,3	7425910,42
698	0,656	483811,61	7427776,85
707	0,635	481763,46	7423595,31
708	0,619	481566,02	7423958,24
709	0,664	480105,33	7423983,43
717	0,698	483534,59	7421918,38
719	0,625	480762,3	7423116,09
726	0,675	483230,93	7422130,9
733	0,736	485948,38	7423703,82
734	0,74	488509,84	7423937,39
785	0,682	482492,58	7424036,55
792	0,601	480682,73	7421875,96
794	0,619	480665,23	7421874,34
795	0,615	481185,46	7421831,37
800	0,675	487098,03	7414124,68
801	0,662	479823	7421523,24
802	0,738	479694,71	7423891,21
808	0,703	486012,11	7420586,55
809	0,679	479862,82	7423902,89
810	0,662	487640,23	7424402,31
811	0,597	482632,26	7425892,28
812	0,41	482639,83	7426084,35
814	0,655	482348,83	7419115,92
825	0,733	482315,56	7424854,16
826	0,817	485257,42	7419902,39
842	0,5	479707,79	7422068,04
863	0,665	484163,69	7420241,98
868	0,57	479556,68	7422626,83
870	0,533	476966,44	7420365,43
871	0,519	477740,08	7420728,37
905	0,6	478030,84	7420067,57
907	0,662	477793,99	7419712,65
911	0,76	486645,25	7422468,5
912	0,687	486989,86	7423040,83
913	0,755	486054,82	7421937,4
915	0,78	482831,39	7419819,6
919	0,57	481409,42	7426256,32
920	0,759	481060,55	7426164,88
933	0,646	479865,39	7423903,3
935	0,897	486022,8	7418757,75
939	0,541	477888,07	7421157,07
940	0,547	477821,46	7419572,73
942	0,705	485567,38	7416042,34
943	0,69	485510,42	7416273,78
944	0,667	484477,65	7421942,87
948	0,841	481923,9	7425257,43

949	0,676	481746,21	7425324,77
952	0,567	485156,89	7416623,78
953	0,385	481623,46	7421690,13
958	0,697	481897,32	7426901,65
959	0,548	481842,75	7426856,95
960	0,556	481847,33	7427084,26
961	0,518	481197,76	7428270,69
962	0,451	481738,91	7428005,49
963	0,613	477283,25	7423931,65
964	0,535	477055,01	7423974,74
965	0,692	477101,17	7424062,24
967	0,635	477006,63	7423820,54
972	0,625	485438,1	7423096,04
973	0,625	484859,92	7422731,97
974	0,65	484897,21	7422841,38
975	0,622	483531,57	7425920,08
979	0,65	483485,35	7425743,73
980	0,543	482987,43	7425784,43
981	0,487	483055,06	7425787,03
989	0,494	483484,5	7422433,05
1002	0,563	476958,52	7420140,1
1003	0,723	476777,6	7420029,51
TOTAL DE AMOSTRAS: 111			

TRATADA - SUPERFICIAL 2009			
AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
1	0,516	484768,1	7421726,36
3	0,386	484473,04	7422159,84
6	0,434	483680,67	7422689,1
7	0,601	485779,92	7422462,7
8	0,597	486412,33	7418672,47
9	0,644	485329,88	7419215,51
11	0,75	485779,91	7422469,03
15	0,71	486986,3	7423042,4
17	0,802	487504,71	7424794,1
21	0,638	487314,14	7425631,32
22	0,689	487542,01	7425590,44
25	0,809	483054,88	7425719,62
26	0,796	483256,14	7425803,53
28	0,545	485349,39	7427088,31
29	0,444	485155,26	7426616,12
32	0,486	485748,1	7428660,51
34	0,498	484835,85	7427336,19
36	0,424	482877,67	7427920,62
124	0,413	483161,86	7422034,82
162	0,546	486025,4	7418747,94
165	0,003	485252,44	7419900,21
172	0,495	484269,64	7422942,94
173	0,444	484269,64	7422942,94
196	0,488	486530,99	7419226,88
197	0,466	485289,48	7419246,31
199	0,453	486684,99	7421161,47
200	0,491	485678	7421184,06
265	0,42	484275,75	7421702,46
TOTAL DE AMOSTRAS: 28			

TRATADA - SUPERFICIAL 2010

AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
11	0,493	484059,33	7421237,56
21	0,494	482326,94	7422926,21
22	0,507	482543,67	7421221,25
32	0,45	480261,63	7419394,11
36	0,47	483616,92	7421675,56
53	0,456	487102,98	7414115,95
54	0,345	487091,44	7414085,97
84	0,511	482513,45	7419214,24
86	0,491	482545,5	7419122,87
87	0,52	482556,62	7419000,5
92	0,491	486311,59	7424420,83
93	0,541	484421,44	7423945,05
95	0,548	484391,56	7423970,18
97	0,559	483212,32	7423315,65
103	0,504	482981,97	7422633,36
105	0,516	483826,69	7422284,84
107	0,507	483800,11	7420107,76
108	0,524	483809,43	7420101,4
109	0,421	477960,03	7419376,94
113	0,406	479974,87	7422147,2
115	0,429	476966,01	7420353,22
117	0,407	476910,32	7421667,15
121	0,45	479234,49	7423118,59
122	0,421	481567,54	7422581,33
124	0,472	479702,75	7423891,36
126	0,504	479873,18	7424301,24
128	0,481	479628,78	7424265,39
129	0,39	479658,88	7424253,03
134	0,434	484030,38	7422884,79
135	0,441	484049	7422884,81
136	0,466	481160,99	7423705,76
137	0,394	481175,47	7423695,5
138	0,456	480772,42	7424032,75
139	0,388	480798,28	7424028,67
140	0,489	480021,13	7424980,23
141	0,443	480046,09	7424960,66
142	0,454	481988,55	7425248,11
143	0,471	482016,49	7425240,94
146	0,451	482024,25	7425825,2
147	0,454	481999,25	7425817,71
148	0,483	482852,61	7427972,97
149	0,486	482863,01	7427953,61
150	0,474	480949,51	7427932,39

151	0,481	480959,86	7427932,4
153	0,478	484702,08	7427869,18
154	0,478	482787,68	7427872,29
155	0,447	482604,51	7427542,33
157	0,46	482760,59	7427924,94
158	0,478	482752,31	7427930,07
161	0,98	482824,52	7422385,4
163	0,54	485499,29	7426875,88
165	0,54	485504,48	7426875,88
166	0,58	485504,48	7426854,26
167	0,58	485198,63	7427338,52
169	0,87	485748,59	7428773,74
170	0,78	485745,36	7428872,1
171	0,98	486653,41	7413524,13
172	0,98	486685,39	7413593,96
173	0,97	484513,17	7415233,89
176	0,51	483501,08	7415516,66
179	0,56	486438,49	7415682,49
182	0,56	485945,3	7415777,02
183	0,43	484971,43	7416776,44
184	0,45	485022,25	7416740,41
185	0,6	485113,78	7416677,63
186	0,45	485150,07	7416664,26
187	0,45	485360,8	7415243,85
189	0,6	485452,72	7425239,41
190	0,55	485455,28	7425205,02
191	0,45	485338,27	7428920,3
194	0,45	481408,58	7428003,41
195	0,65	484331,84	7420004,82
196	0,45	486834,58	7420432,52
197	0,54	486884,43	7420423,26
198	0,54	486019,79	7420577,67
199	0,45	486028,23	7420604,92
200	0,5	485755,95	7418962,35
203	0,5	485450,96	7417304,8
204	0,65	485142,53	7421333,97
205	0,6	485166,33	7421357,7
210	0,53	482322,89	7425616,04
211	0,55	482329,1	7425640,8
213	0,55	481898,55	7427515,46
214	0,45	484472,3	7427469,91
216	0,54	480431,9	7423862,99
218	0,56	484678,54	7426143,37
219	0,55	484682,6	7426115,76
220	0,45	484267,94	7425772,24
222	0,45	4815503,31	7425877,42

224	0,65	487134,67	7425602,67
226	0,42	488483,61	7425203,96
228	0,55	487639,23	7424394,93
230	0,65	485922,52	7422966,93
231	0,6	485934,27	7422948
237	0,55	485216,72	7422518,74
239	0,55	485317,45	7422287,49
240	0,54	485355,75	7422292,68
241	0,55	486224,54	7422639,82
246	0,38	486935,2	7421778,34
248	0,406	488350,65	7421533,8
254	0,47	487044,44	7423037,61
256	0,439	486671,48	7422104,56
257	0,492	486693,44	7422123,05
259	0,482	485212,58	7422518,73
260	0,485	488728,72	7420742,46
265	0,524	484141,96	7422325
267	0,439	484101,84	7422305,25
268	0,428	484021,81	7422322,27
269	0,427	484155,48	7422301,56
270	0,429	484050,67	7422309,53
282	0,575	484112,9	7423423,2
283	0,4	483615,9	7421666,64
285	0,449	484659,44	7420350,89
295	0,514	484989,73	7422239,2
296	0,572	485368,64	7418569,75
298	0,551	483099,82	7425669,68
299	0,682	483087,35	7425697,47
300	0,395	485744,99	7428659,48
309	0,403	485457,68	7427076,46
311	0,561	480825,74	7427636,1
313	0,42	481488,24	7425277,66
323	0,502	485041,77	7427983,51
325	0,608	481947,86	7427521,99
326	0,564	481933,29	7427559,16
328	0,445	484525,07	7425759,09
329	0,692	482643,8	7427884,77
330	0,885	482563,15	7427878,5
331	0,433	479883,45	7425158,21
333	0,438	479675,97	7424263,31
335	0,406	481556,26	7423954,59
337	0,422	480762,29	7423123,19
339	0,416	479076,89	7423146,07
344	0,474	480354,42	7422155,11
345	0,413	480317,31	7422167,38
346	0,476	477091,51	7420601,69

349	0,601	485328,42	7419196,52
350	0,471	484161,76	7420287,81
352	0,456	486346,1	7418655,57
353	0,524	486390,65	7418672,11
357	0,493	485881,69	7415816,21
360	0,504	486099,76	7415008,72
361	0,578	486752,32	7413669,98
363	0,457	485368,71	7417353,98
365	0,46	485204,89	7416601,09
367	0,469	484166,06	7415409,35
370	0,582	485951,81	7423704,08
371	0,522	484866,6	7418798,18
372	0,568	487508,01	7424794,73
374	0,56	486523,83	7421991,6
376	0,566	488421,89	7420689,63
378	0,548	488991,64	7420008,04
380	0,547	485778,38	7422458,02
382	0,5	485350,81	7425449,12
386	0,776	480868,96	7419809
387	0,673	480660,96	7419770,95
434	0,713	482475,87	7426523,43
437	0,857	483979,85	7419811,51
438	0,762	483908,59	7419807,32
441	0,679	484698,97	7420711,46
443	0,692	484613,69	7420707,28
449	0,733	482002,66	7420544
450	0,713	481991,24	7420616,7
458	0,195	486311,59	7421076,88
462	0,566	479400,18	7420466,53
463	0,588	479388,7	7420494,34
464	0,538	479501,54	7420375,26
492	0,69	484493,62	7417502,6
501	0,721	478154,4	7421677,27
TOTAL DE AMOSTRAS: 168			

TRATADA - SUPERFICIAL 2011			
AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
1	0,698	486565,36	7421834,46
2	0,706	486661,42	7421907,92
15	0,684	484543,33	7416750,53
21	0,775	487552,36	7421538,10
24	0,793	487552,39	7421501,28
30	0,749	486615,35	7421041,98
32	0,875	483859,49	7421905,14
33	0,863	483860,22	7421894,57
37	0,68	484314,88	7421249,47
38	0,748	484301,74	7421245,43
39	0,745	484331,09	7421226,46
56	0,724	484088,95	7419837,62
57	0,221	484092,62	7419836,55
72	0,715	487772,07	7413330,40
94	0,671	486872,82	7413923,66
108	0,695	484456,02	7422923,79
111	0,644	485445,02	7429116,00
113	0,655	484468,54	7428156,62
130	0,771	488613,48	7420425,07
131	0,775	488601,58	7420412,55
134	0,656	483128,01	7425103,56
135	0,805	483097,86	7425100,58
150	0,743	486741,87	7420587,08
152	0,782	486752,37	7420605,57
165	0,766	484855,89	7422163,49
214	0,775	485360,23	7415259,74
215	0,735	487088,90	7414094,08
217	0,783	485212,63	7422523,97
218	0,775	481896,60	7427504,54
234	0,778	484482,12	7422154,99
235	0,775	484484,03	7422158,74
279	0,752	482867,45	7422032,61
280	0,745	484245,88	7421541,71
281	0,767	485062,50	7420008,93
282	0,771	487086,54	7420603,58
283	0,767	487065,68	7420620,89
284	0,772	487105,45	7420594,36
288	0,745	484272,33	7416222,46
290	0,755	484315,05	7416539,92
295	0,796	488508,69	7414326,95
297	0,801	488491,79	7414380,17
298	0,793	484460,76	7422124,67

300	0,755	484478,25	7422186,03
301	0,682	483878,54	7422251,48
302	0,755	485373,48	7424101,70
303	0,752	485357,07	7424027,41
304	0,736	484379,08	7421174,67
306	0,755	483600,86	7422378,26
307	0,869	485552,98	7420116,09
309	0,869	484065,95	741617,71
310	0,836	482548,41	7420182,31
311	0,789	483729,87	7423838,63
313	0,869	484380,68	7425303,22
314	0,865	483008,92	7427568,06
315	0,873	482337,13	7427599,61
316	0,855	482429,62	7425271,77
318	0,767	480086,44	7422082,80
320	0,715	485212,82	7422521,65
324	0,873	482731,56	7423738,21
325	0,719	480526,47	7422837,32
326	0,726	480551,32	7422839,01
327	0,718	489108,11	7421955,13
328	0,719	489973,38	7422421,51
335	0,769	487089,56	7418153,84
339	0,787	485861,88	7415648,14
340	0,748	484365,02	7418932,55
341	0,906	482143,76	7422556,14
342	0,902	480966,01	7422773,59
345	0,822	480826,98	7427640,75
346	0,762	484567,02	7420033,49
347	0,757	486800,52	7422074,82
348	0,796	482594,71	7427919,41
349	0,815	482662,38	7422757,46
350	0,834	485748,09	7428660,50
351	0,762	479924,50	7425094,05
357	0,841	486866,74	7413925,66
363	0,75	483952,93	7423461,96
364	0,738	484233,95	7423352,79
365	0,771	484240,69	7423322,83
368	0,771	484312,34	7421312,17
388	0,741	489223,12	7424546,67
389	0,789	489227,15	7424548,13
390	0,762	489195,59	7424632,99
393	0,787	485795,10	7423479,34
394	0,746	485812,00	7423399,13
396	0,791	486265,48	7420717,13
397	0,726	486220,61	7420690,31
399	0,832	486476,71	7413441,28

400	0,862	486460,03	7413448,45
401	0,828	486703,47	7413538,96
403	0,766	483615,34	7421303,63
406	0,767	482564,88	7420596,87
408	0,63	482570,63	7420515,55
409	0,766	482562,58	7420558,24
423	0,832	485403,89	7428187,20
424	0,853	484872,52	7428202,23
438	0,769	486965,19	741520,26
439	0,804	486009,53	7415716,44
440	0,813	485650,98	7415596,52
441	0,807	485619,64	7415625,91
442	0,785	484255,66	7415681,53
443	0,769	483837,89	7415487,12
445	0,794	484953,42	7418174,70
446	0,762	485459,45	7417841,36
447	0,753	485155,37	7417709,29
448	0,759	484895,41	7417310,94
449	0,762	485122,63	7416558,83
451	0,773	486863,53	7420391,56
455	0,76	484841,00	7418861,91
456	0,782	484557,80	7417967,18
457	0,822	484162,76	7420076,42
459	0,757	484610,58	7415563,45
464	0,716	483950,67	7423446,56
471	0,794	484450,81	7416491,76
495	0,752	480420,24	7424781,50
497	0,764	478883,14	7424664,21
498	0,773	479715,86	7424961,40
499	0,789	480429,66	7424951,76
500	0,76	480828,66	7424502,21
501	0,802	483103,07	7423569,70
502	0,828	483108,15	7423545,72
504	0,815	482527,27	7423811,08
505	0,667	480825,88	7423748,35
506	0,584	479842,71	7423228,60
508	0,78	486518,10	7418857,72
509	0,773	485526,18	7419435,50
510	0,708	485206,68	7421232,66
511	0,773	485209,52	7421199,20
512	0,755	485208,17	7421210,55
513	0,839	482180,89	7425635,74
514	0,857	481576,54	7425710,54
515	0,861	481569,90	7425836,81
517	0,871	481562,85	7425534,93
541	0,847	476884,60	7420390,61

542	0,914	476875,19	7420407,41
543	0,875	476986,16	7421098,88
545	0,832	476959,87	7420348,43
546	0,853	478496,83	7421526,42
563	0,957	486616,79	7421145,10
564	0,759	488834,05	7419929,18
565	1	488375,29	7420742,16
567	0,962	488099,09	7421714,60
568	0,942	486271,05	7422230,63
577	0,753	480046,61	7421912,58
578	0,73	478933,08	7423124,10
580	0,741	478908,68	7423143,86
581	0,754	478979,98	7423032,12
582	0,746	479213,22	7422863,64
TOTAL DE AMOSTRAS: 148			

TRATADA - SUPERFICIAL 2012			
AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
13	0,715	477679,92	7419574,82
14	0,596	482229,7	7422980,02
15	0,615	482234,83	7422998,22
16	0,601	482962,07	7422316,79
18	0,415	485140,57	7423386,91
19	0,61	485016,33	7422138,83
20	0,49	486071,48	7423139,3
23	0,758	487407,39	7425017,4
29	0,78	484447,09	7422167,11
30	0,82	484439,87	7422177,53
31	0,897	484437,73	7422191,65
53	0,789	484427,8	7422203,53
54	0,798	484467,94	7422177,8
55	0,703	484490,67	7422171,77
101	0,841	484457,93	7422176,74
102	0,815	484470,67	7422168,74
103	0,733	484460,77	7422172,93
175	0,555	484393,27	7422197,2
177	0,55	484456,03	7422180,58
178	0,603	484468,77	7422167,77
275	0,481	481657,31	7423069,49
276	0,54	481656,24	7423022,68
287	0,641	484497,21	7422168,47
288	0,635	484430,01	7422198,52
293	0,54	483338,38	7421079,28
295	0,551	484461,79	7422167,35
314	0,617	482667,98	7421679,31
315	0,611	482680,3	7421679,29
316	0,598	482655,45	7421678,11
341	0,604	483267,65	7422074,16
343	0,528	482463,34	7420568,81
344	0,56	482505,45	7420515,42
345	0,592	482546,84	7420569,41
346	0,607	482615,52	7420579,44
347	0,53	482663,09	7420522,28
348	0,586	485811,68	7423622,81
349	0,676	485794,93	7423474,24
350	0,703	485811,17	7423330,4
351	0,52	487121,25	7415410,46
352	0,48	487026,96	7415341,22
353	0,51	487030,42	7415336,43
354	0,43	486652,21	7415195,56

355	0,48	486172,88	7415078,47
356	0,62	486781,69	7415444,78
357	0,56	486796,25	7415491,18
358	0,44	486856,96	7415696,48
359	0,52	480532,88	7417975,46
360	0,456	480582,96	7418165,27
366	0,42	486248,15	7420719,36
367	0,54	483618,14	7421292,25
368	0,45	483622,53	7421201,61
369	0,45	483520,42	7421275,19
370	0,46	483719,69	7421281,73
371	0,54	484458,75	7422160,1
372	0,45	484494,41	7422145,96
373	0,49	484434,13	7422193,73
374	0,56	483319,37	7427833,97
375	0,61	483372,59	7427856,12
376	0,56	483284,42	7427790,47
377	0,47	483514,91	7421185,67
378	0,457	483523,22	7421109,13
379	0,43	483728,55	7421106,19
380	0,45	483719,34	7421185,88
381	0,45	483721,62	7421247,08
382	0,45	483725,17	7421295,68
383	0,45	483623,03	7421239,26
384	0,45	483580,17	7421205,24
385	0,45	483621,11	7421159,13
386	0,686	486790,71	7413465,94
387	0,715	486704,83	7413540,07
388	0,819	481387,22	7418726,7
389	0,834	486872,55	7413930,61
390	0,736	487099,2	7414124,87
391	0,809	487090	7414100,92
402	0,807	481926,72	7427555,45
403	0,802	481917,44	7427548,32
408	0,713	483463,64	7415509,23
409	0,753	484114,59	7415610,14
410	0,736	484127,79	7415617,56
411	0,743	484514,53	7415229,42
412	0,703	484807,68	7416054,52
413	0,708	484960,47	7416017,96
414	0,771	485358,71	7415262,7
415	0,701	485352,74	7415270,27
416	0,733	485850,45	7413168,11
417	0,681	485838,19	7413136,27
418	0,735	485894,03	7413164,89
419	0,67	485885,13	7413134,05

420	0,74	486329,87	7414843,89
421	0,733	486333,88	7414833,86
431	0,703	485871,95	7415820,97
432	0,746	485868,06	7415823,29
433	0,711	485202,94	7416602,61
434	0,76	485210,45	7416591,22
435	0,661	486857,75	7415657,31
436	0,752	486440,1	7415680,03
437	0,733	486432,35	7415677,28
438	0,67	485942,57	7415787,55
439	0,703	485966,81	7415794
440	0,67	485752,43	7415760,54
441	0,738	485720,12	7415761,71
442	0,794	485770,96	7415782,23
443	0,811	479879,17	7424300,6
444	0,809	479888,96	7424306,8
445	0,826	479164,13	7424127,79
446	0,815	479170,31	7424133,09
447	0,83	479941,88	7425096,75
448	0,826	480049,5	7425185,53
449	0,83	479701,85	7424834,71
450	0,032	479693,65	7424826,99
465	0,45	484457,98	7422159,55
466	0,43	485163,74	7416620,26
467	0,46	485155,77	7416628,11
468	0,45	485166,79	7416682,74
478	0,45	484462,88	7416764,78
479	0,53	484934,68	7417290,71
480	0,46	485380,72	7417334,14
481	0,02	485444,52	7417305,45
482	0,45	486345,52	7418680,58
483	0,45	486359,38	7418658,3
484	0,863	485356,56	7419719,01
485	0,839	485321,43	7419205,62
486	0,815	485284,22	7419233,92
487	0,845	485846,5	7419093,43
488	0,841	485991,51	7418797,62
489	0,841	486490,33	7419274,09
491	0,841	487357,09	7425140,52
492	0,83	487312,92	7425134,74
493	0,841	487272,93	7425118,41
494	0,851	486934,67	7425463,17
495	0,845	487137,54	7425609,18
496	0,847	487151,42	7425614,42
497	0,885	488072,8	7425070,11
498	0,863	487774,9	7424174,98

499	0,891	487640,22	7424397,5
505	0,889	488311,48	7425211,55
506	0,893	488340,39	7425264,52
507	0,873	488480,42	7425196,25
508	0,834	485481,82	7425197,38
509	0,811	485434,16	7425395,13
510	0,834	485358,99	7425213,26
511	0,851	485366,22	7425217,24
512	0,824	485377,19	7425222
513	0,918	485330,19	7425442,97
514	0,819	485439,38	7425974,43
515	0,863	484508,52	7425434,69
516	0,855	484517,22	7425759,56
517	0,902	484268,48	7425759,56
518	0,855	484369,73	7425781,29
519	0,851	484272,16	7425764,28
520	0,82	483529,91	7425971,46
521	0,895	485458,92	7425898,96
522	0,906	485360,4	7427077,55
523	0,167	485461,23	7427118,39
524	0,923	485265,1	7427685,78
525	0,923	485258,05	7426361,73
526	0,802	484454,55	7426347,99
527	0,815	484497,67	7422160,41
528	0,883	484424,91	7422138,12
529	0,847	485194,24	7422199,39
530	0,872	485602,47	7427042,73
531	0,904	485247,97	7428416,27
532	0,853	485740,85	7428602,21
533	0,873	485742,63	7428713,25
534	0,838	485589,04	7428590,99
535	0,895	485400,49	7428907,95
536	0,818	485354,3	7428308,23
537	0,762	479372,11	7427195,52
538	0,764	484992,42	7428055,84
539	0,766	484467,52	7427456,28
540	0,762	484839,79	7427364,84
541	0,778	485126,69	7426596,66
542	0,883	484133,26	7427582,23
546	0,864	482763,71	7427928,42
547	0,857	482875,33	7427924,63
549	0,807	481358,03	7428009,19
554	0,95	486504,43	7420417,12
555	0,93	487032,01	7420401,66
556	0,92	481401,22	7428008,17
557	0,957	481182,38	7427594,32

558	0,957	480826,6	7427634,56
559	0,904	480872,28	7428677,53
560	0,914	482855,68	7427976,28
561	0,929	480568,23	7428510,99
562	0,938	486809,11	7421179,63
563	0,96	487190,84	7421595,62
564	0,752	487310,73	7421548,7
569	0,838	484427,76	7424854,31
572	0,938	485251,89	7423906,72
573	0,918	485380,63	7423255,71
576	0,91	488752,89	7420077,26
577	0,906	488986,42	7420019,86
582	0,893	486938,79	7421767,57
583	0,908	487378,95	7421750,75
584	0,942	487317,83	7421941,55
585	0,948	488686,9	7421384,9
586	0,942	488430,16	7420677,13
587	0,912	486769,57	7422073,78
588	0,906	486694,03	7422136,82
589	0,92	486550,13	7422001,33
590	0,897	485951,77	7421595,53
591	0,914	484460,8	7422160,94
592	0,914	484496,25	7422171,5
593	0,867	484488,34	7422208,45
594	0,851	484583,73	7422368,68
595	1,012	484999,79	7422232,54
596	1,026	485035,79	7422212,63
597	0,953	485321,71	7422282,25
598	0,989	485745,13	7422398,48
599	0,991	485791,14	7422773,8
600	0,973	486225,33	7422629,23

TOTAL DE
AMOSTRAS:
211

TRATADA - SUBTERRÂNEA 2008

AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
520	0,042	482821,31	7421327,7
521	0,038	482820,83	7421349,5
523	0,078	482823,42	7421581,93
524	0,054	482824,31	7421627,92
596	0,101	487324,81	7400608,59
652	0,109	484444,12	7419871,48
658	0,042	480561,86	7397369,1
666	0,033	478153,07	7421683,79
681	0,026	478908,95	7422267,62
690	0,018	485606,05	7420452,08
730	0,041	477385,6	7424420,41
770	0,061	475955,79	7399962,2
774	0,764	482021,98	7420014,01
815	0,448	483367,83	7422140,12
827	0,091	485888,37	7418808,04
899	0,719	480126,54	7419599,45
900	0,619	480267,67	7419388,35
TOTAL DE			
AMOSTRAS: 17			

TRATADA - SUBTERRÂNEA 2009			
AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
2	0,005	484672,1	7422165,48
4	0,005	484409,28	7422240,09
104	0,004	478911,09	7422250,51
113	0,008	486658	7421190,27
166	0,003	485887,32	7418802,88
182	0,515	484335,27	7416667,94
191	0,455	483781,16	7418609,2
196	0,488	486530,99	7419226,88
197	0,466	485289,48	7419246,31
199	0,453	486684,99	7421161,47
200	0,491	485678	7421184,06
214	0,74	482166,31	7419853,44
216	0,451	485563,74	7420048,58
217	0,149	481547,51	7422387,51
225	0,008	484435,09	7419872,61
226	0,001	484395,76	7419957,51
228	0,42	486799,54	7420413,29
229	0,04	483987,15	7422003,65
230	0,005	482531,53	7422843,59
231	0,005	489871,86	7423524,71
249	0,035	486257,17	7421652,5
251	0,005	482696,9	7422107,3
252	0,009	482696,9	7422107,3
253	0,003	483544,28	7420941,1
259	0,052	480838,5	7424490,35
306	0,103	484445,73	7428039,71
307	0,582	485793,06	7427699,62
TOTAL DE AMOSTRAS: 27			

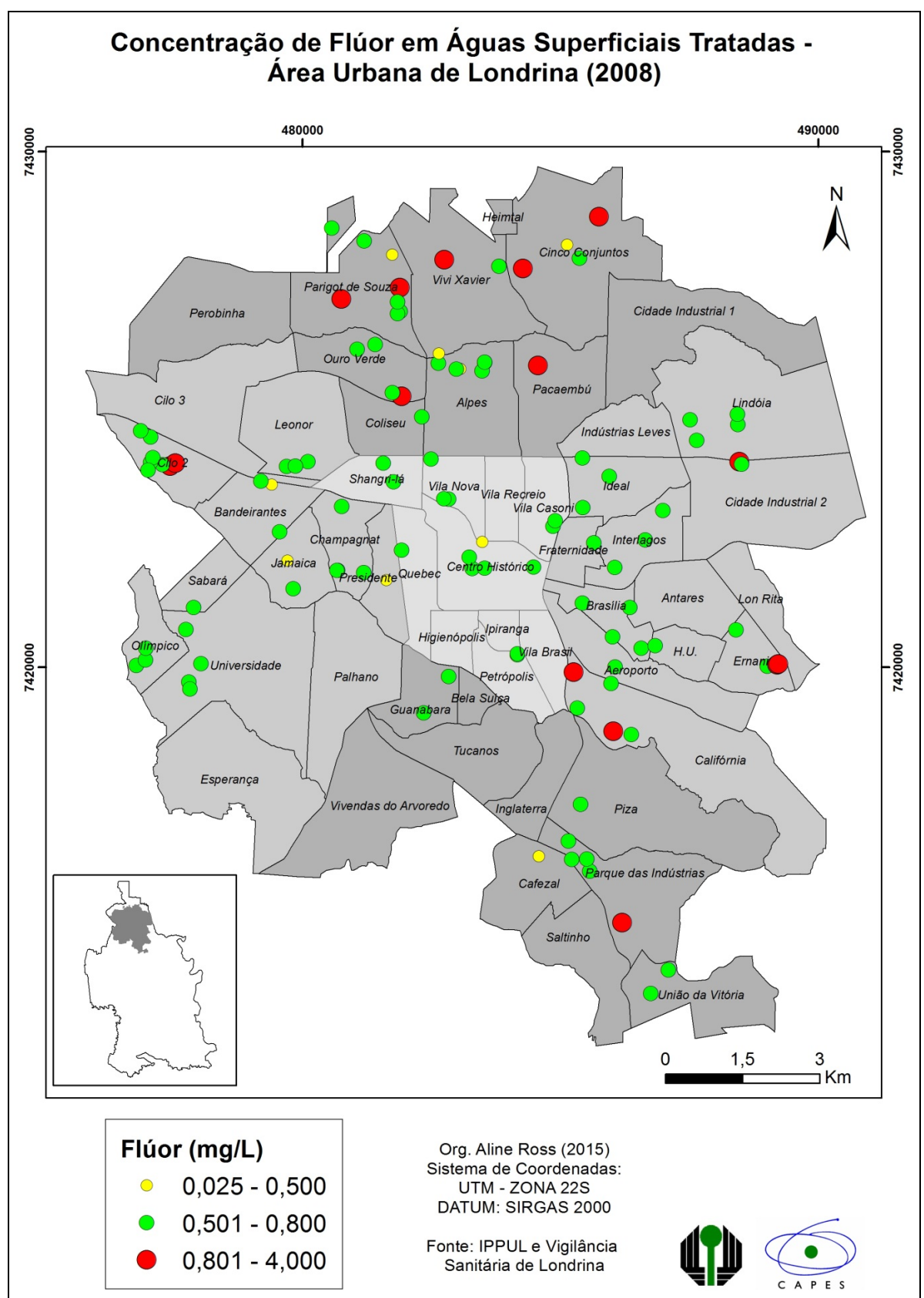
TRATADA - SUBTERRÂNEA 2010			
AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
12	0,002	486711,3	7420517,32
17	0,015	485641,04	7418843,06
20	0,066	482299,56	7422871,45
24	0,507	482536,68	7421874,31
25	0,005	482543,74	7421480,73
34	0,013	484118,13	7422042,74
35	0,007	483607,04	7421644,39
37	0,004	483625,1	7421723,78
39	0,017	482391,52	7419916,17
46	0,453	484512,7	7422049,45
47	0,453	484783,91	7422101,34
48	0,54	484927,74	7418807,85
49	0,423	486919,48	7420930,81
50	0,011	482540,55	7422841,06
52	0,359	486330,13	7417070,86
56	0,543	479950,53	7423511,25
60	0,54	480349,81	7423154,71
67	0,456	481674,61	7421581,02
85	0,194	482545,51	7419200,53
89	0,018	487061,05	7424535,67
90	0,018	487034,61	7424530,92
91	0,469	486931,28	7424513,8
206	0,45	485335,77	7420743,83
306	0,008	476968,06	7425186,43
413	0,476	479535,37	7423570,17
415	0,025	479477,47	7423513,41
431	0,102	481369,78	7420756,69
468	0,048	485918,96	7427356,87
515	0,07	484627,5	7418734,5
TOTAL DE AMOSTRAS: 29			

TRATADA - SUBTERRÂNEA 2011			
AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
6	0,038	486653,70	7421388,00
9	0,718	486263,87	7421725,80
51	0,073	485882,78	7418801,35
52	0,069	485887,25	7418806,92
55	0,044	483435,63	7417213,00
59	0,210	483315,04	7419035,59
61	0,450	483973,98	7419496,02
66	0,024	486118,85	7420462,65
88	0,023	479414,75	7423530,43
90	0,045	482904,70	7420105,26
91	0,045	482393,35	7420081,72
140	0,015	479477,98	7423501,43
143	0,398	480064,43	7423395,93
144	0,437	480091,66	7423376,82
149	0,769	480576,51	7420398,01
167	0,067	482862,88	7423185,19
187	0,429	487094,05	7418152,72
192	0,036	487091,80	7418163,83
196	0,676	487137,74	7418111,57
201	0,079	488473,98	7423999,38
240	0,649	482958,61	7421638,36
262	0,014	486411,70	7421625,91
263	0,015	486456,27	7421648,44
264	0,042	480350,90	7423177,49
278	0,791	433298,52	7419042,92
323	0,065	482695,35	7419377,59
452	0,137	483782,77	7420249,42
454	0,160	484336,18	7420003,32
TOTAL DE AMOSTRAS: 28			

TRATADA - SUBTERRÂNEA 2012			
AMOSTRA	Fluoreto mg/L	Coordenada X	Coordenada Y
211	0,02	487635,98	7418260,17
212	0,02	477579,78	7418237,33
213	0,02	484119,16	7418467,40
214	0,06	483046,97	7420085,69
236	0,07	482388,28	7419915,75
427	0,09	484594,63	7418732,53
428	0,08	484576,74	7418751,68
544	0,55	483713,95	7428608,48
TOTAL DE AMOSTRAS: 8			

APÊNDICE B

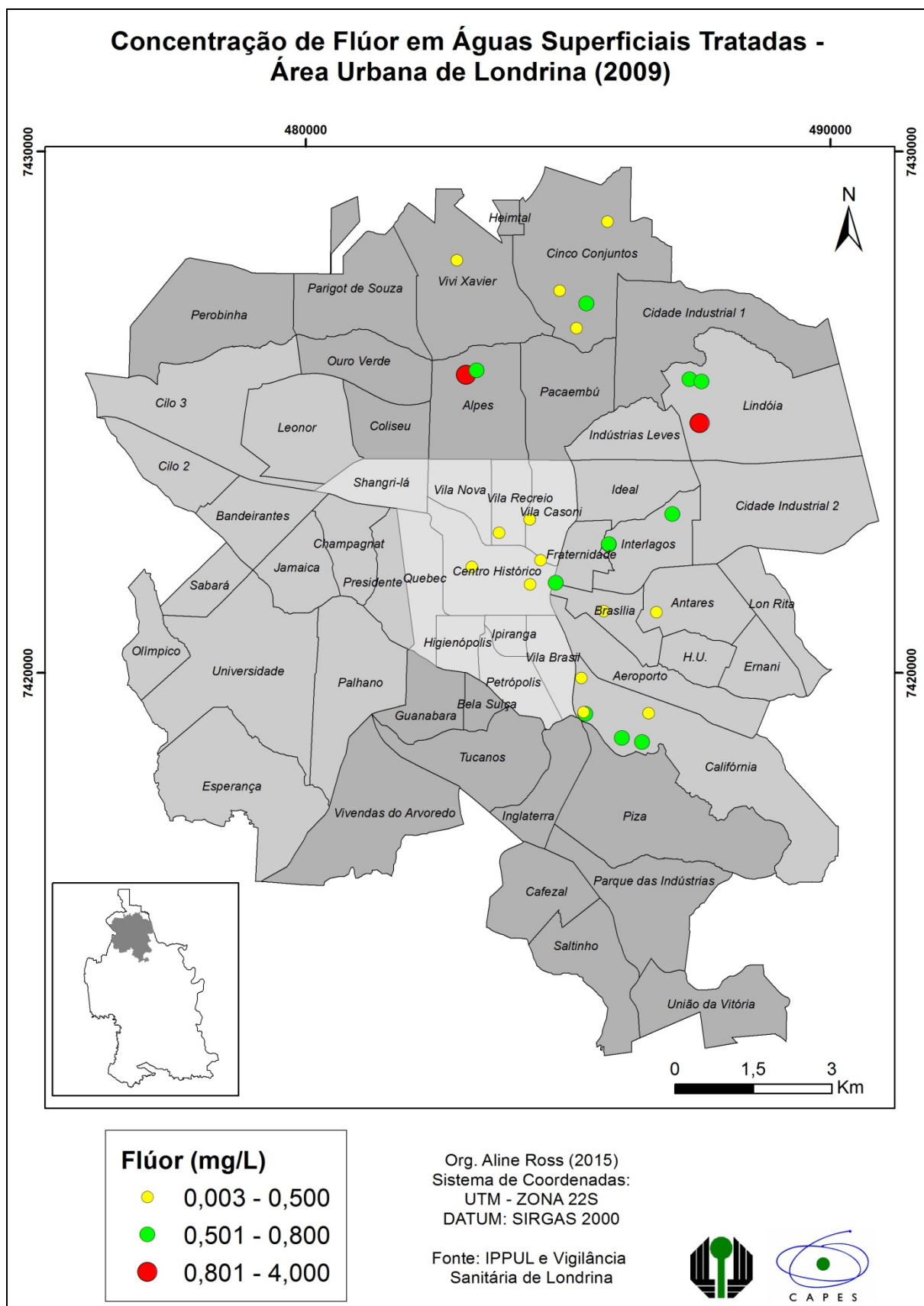
Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2008)



Fonte: A autora.

APÊNDICE C

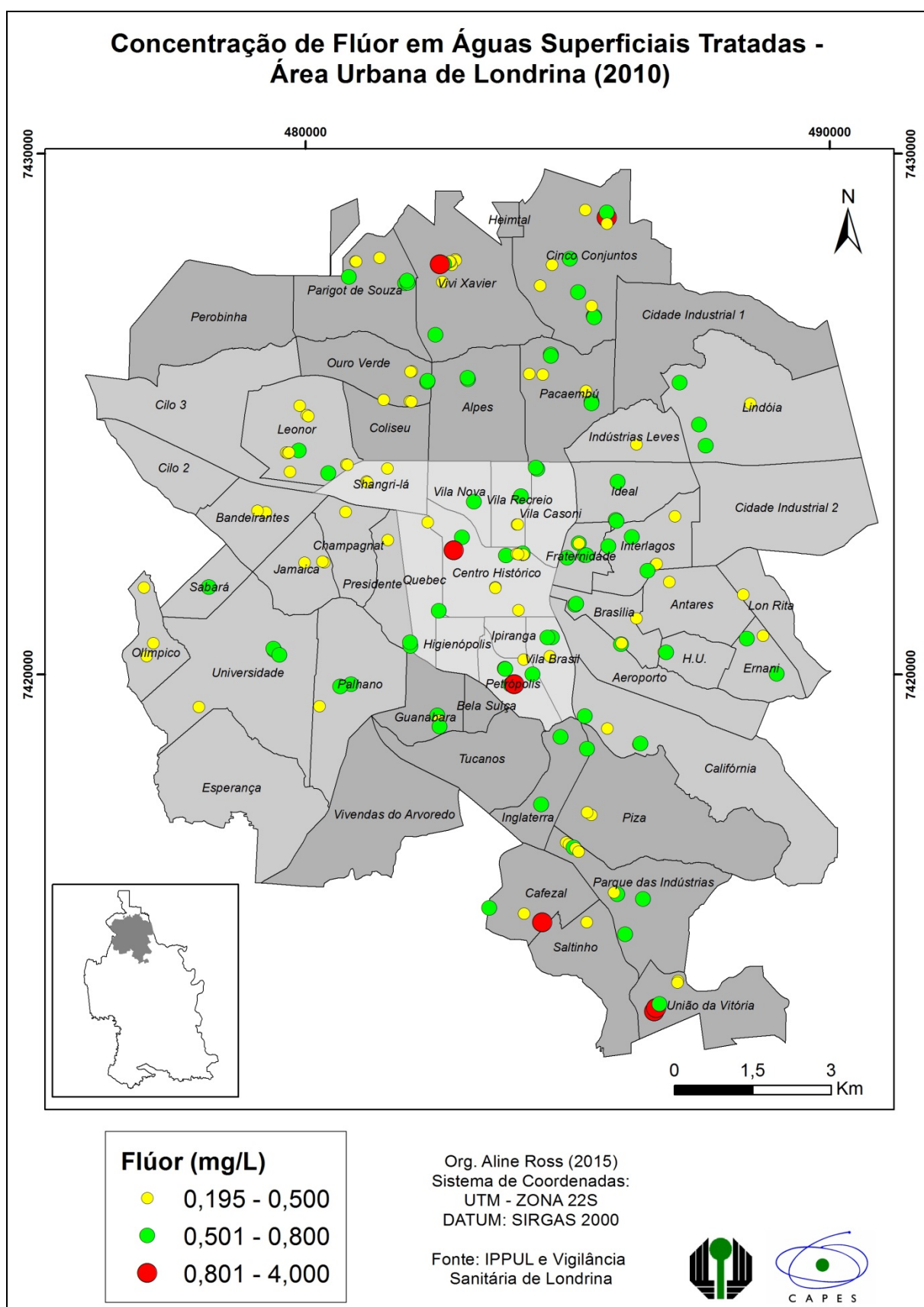
Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2009)



Fonte: A autora.

APÊNDICE D

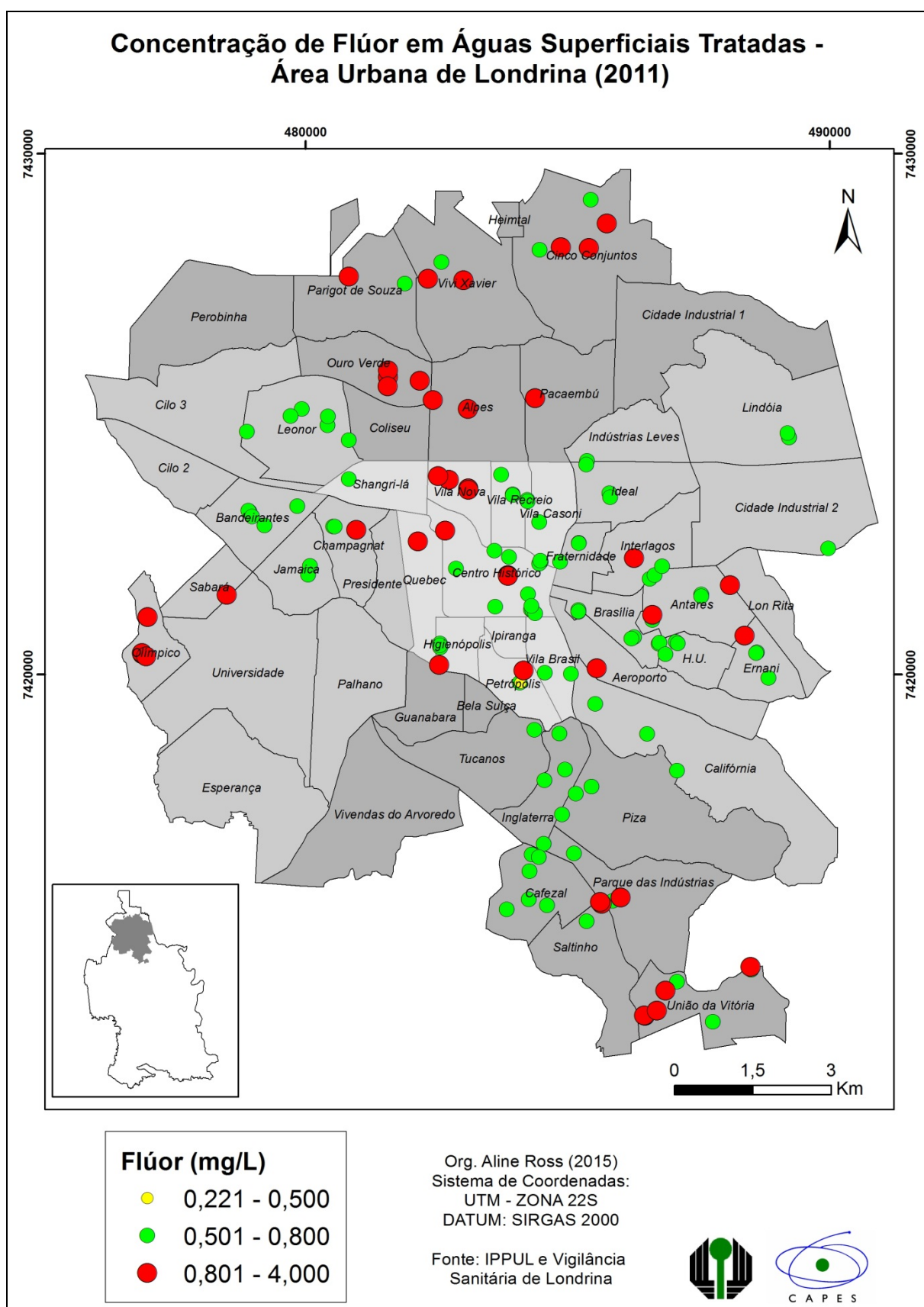
Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2010)



Fonte: A autora.

APÊNDICE E

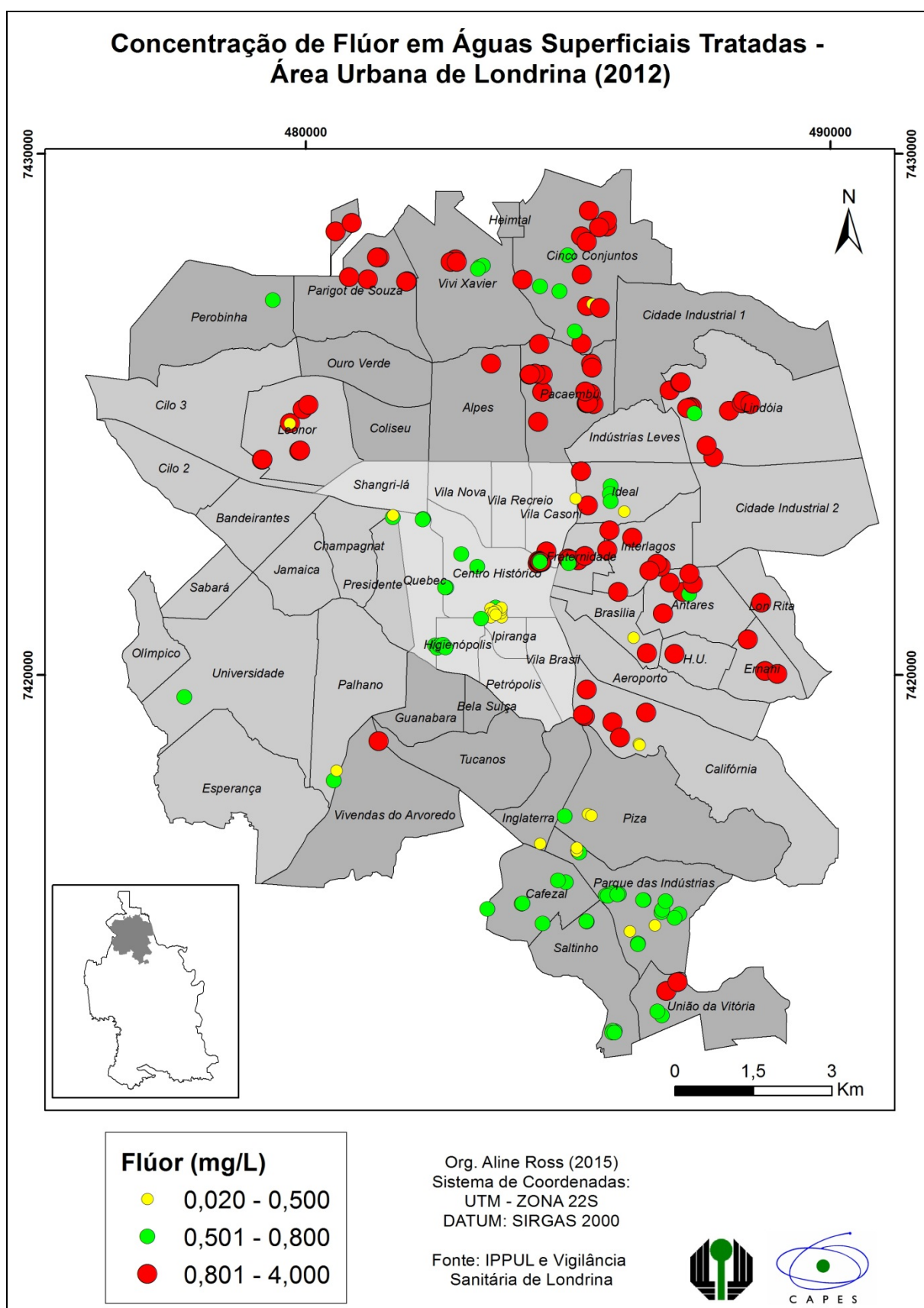
Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2011)



Fonte: A autora.

APÊNDICE F

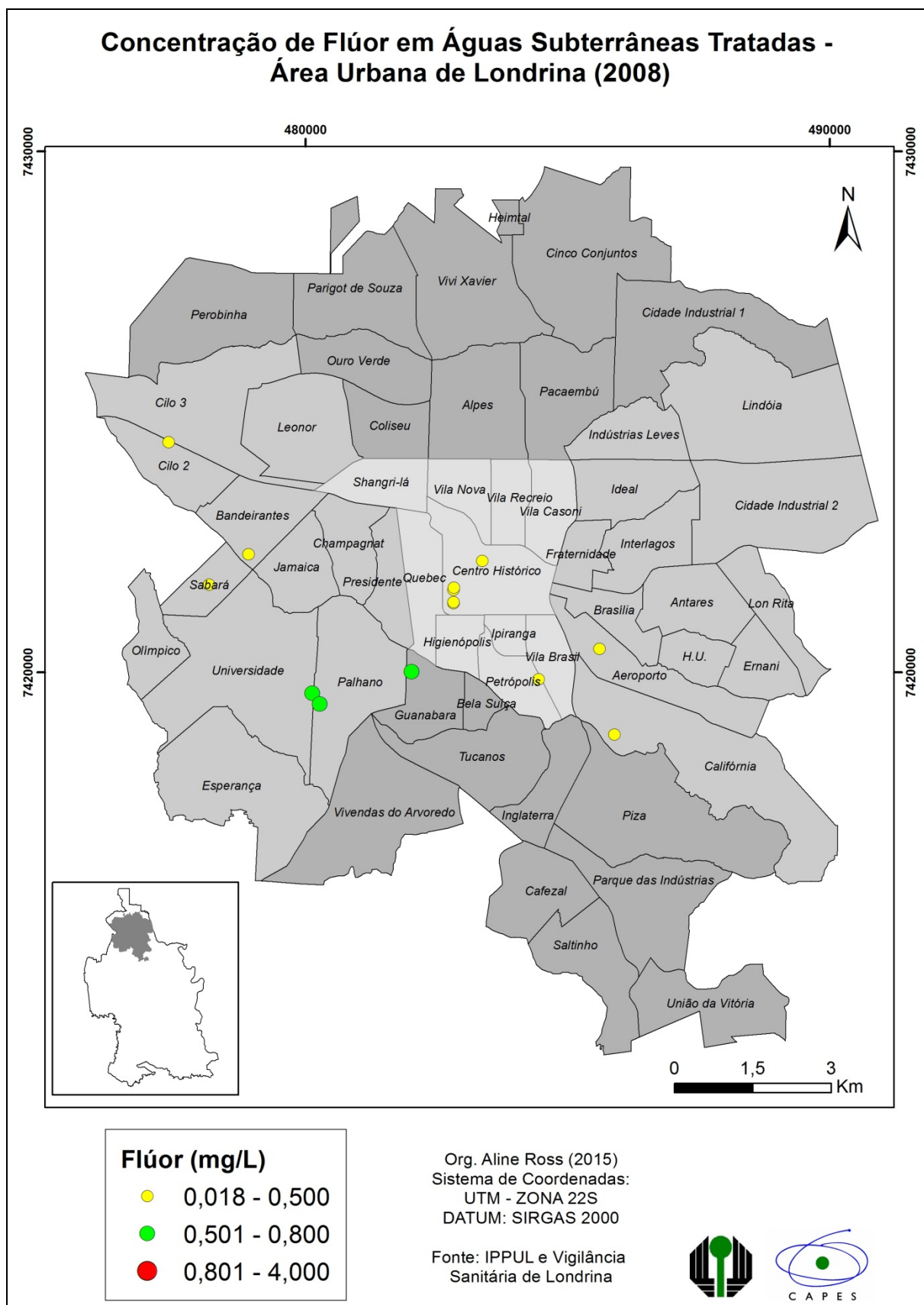
Concentração de Flúor em Águas Superficiais Tratadas (2012)



Fonte: A autora.

APÊNDICE G

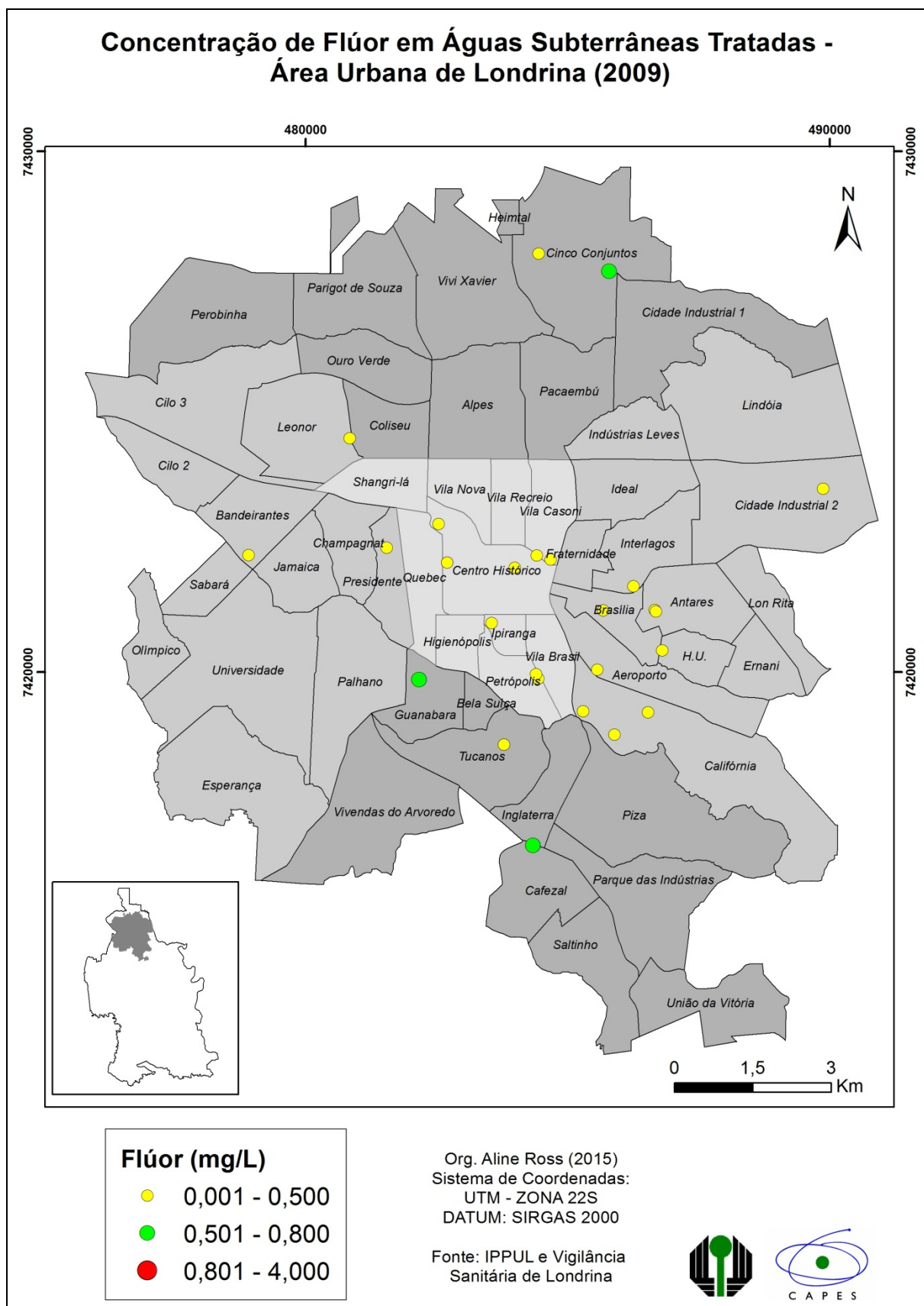
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2008)



Fonte: A autora.

APÊNDICE H

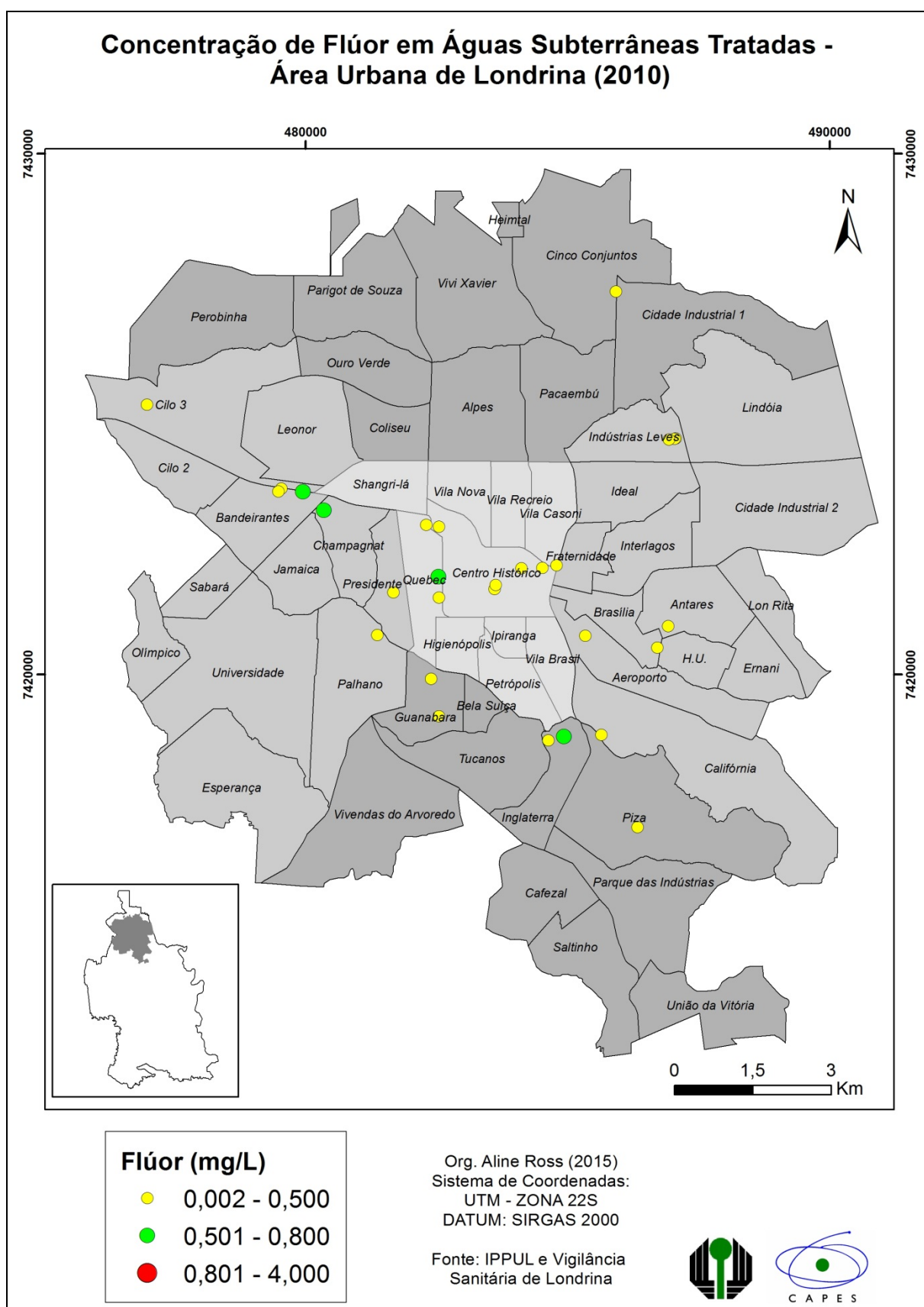
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2009)



Fonte: A autora.

APÊNDICE I

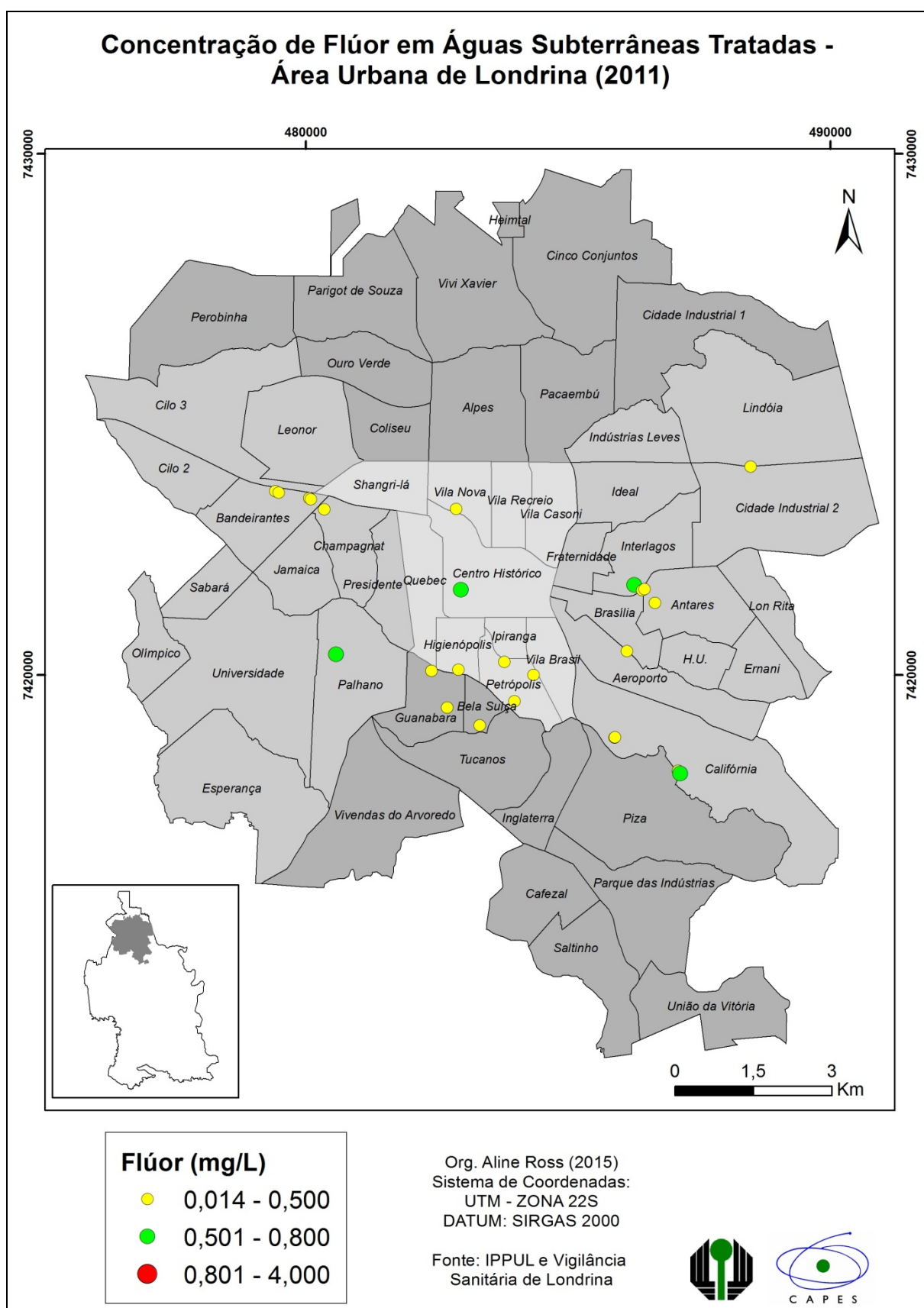
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2010)



Fonte: A autora.

APÊNDICE J

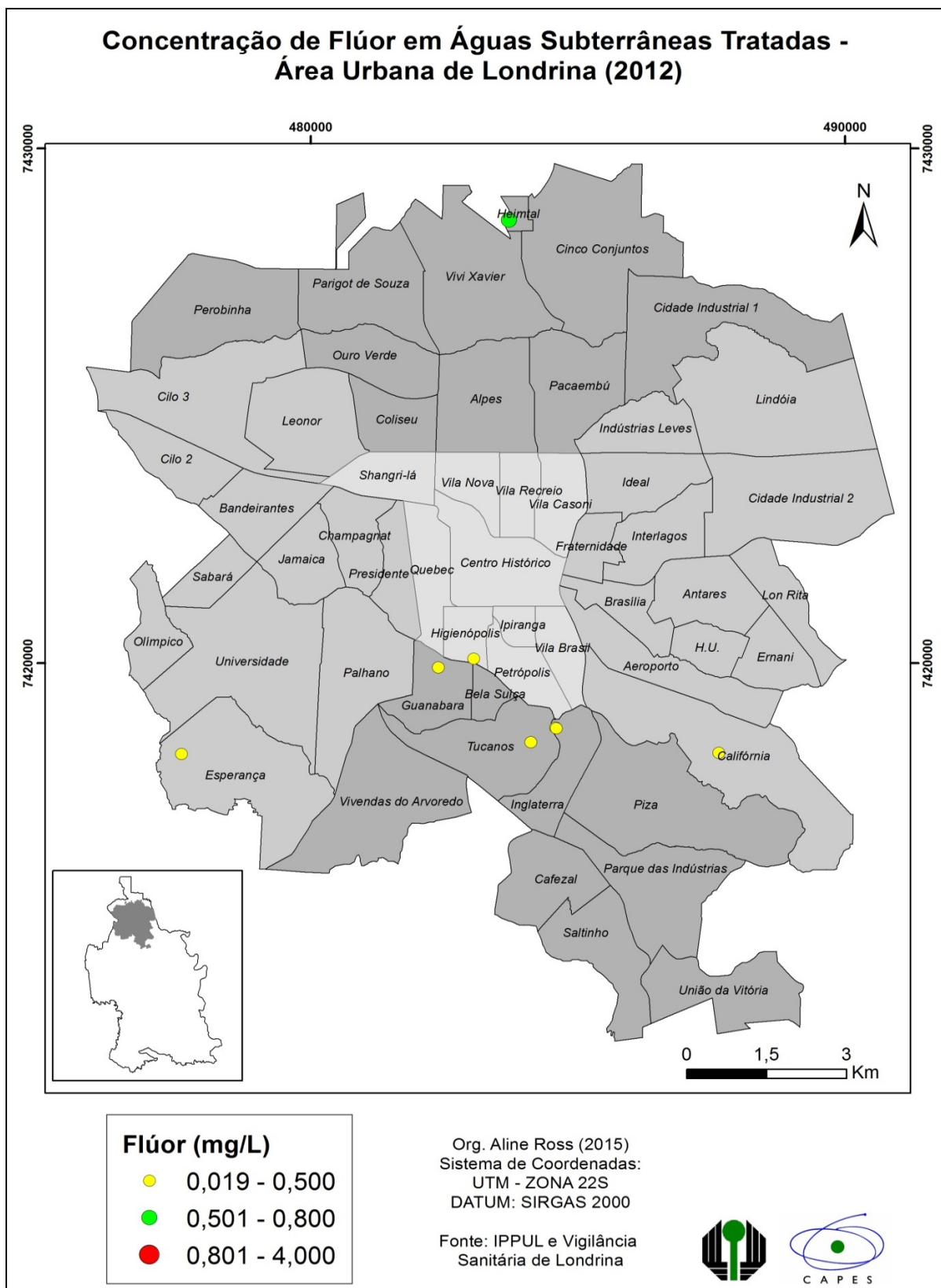
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2011)



Fonte: A autora.

APÊNDICE K

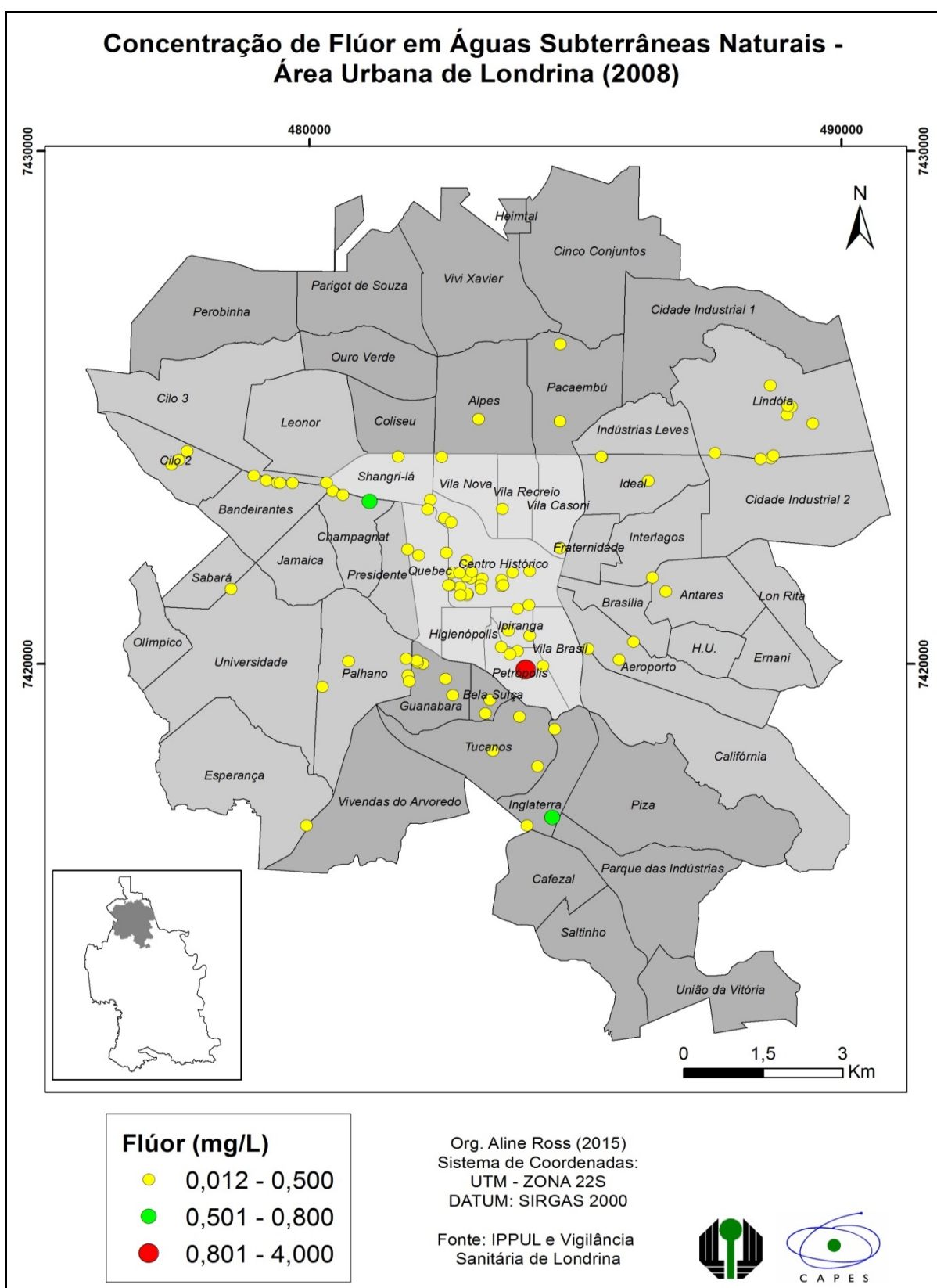
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Tratadas (2012)



Fonte: A autora.

APÊNDICE L

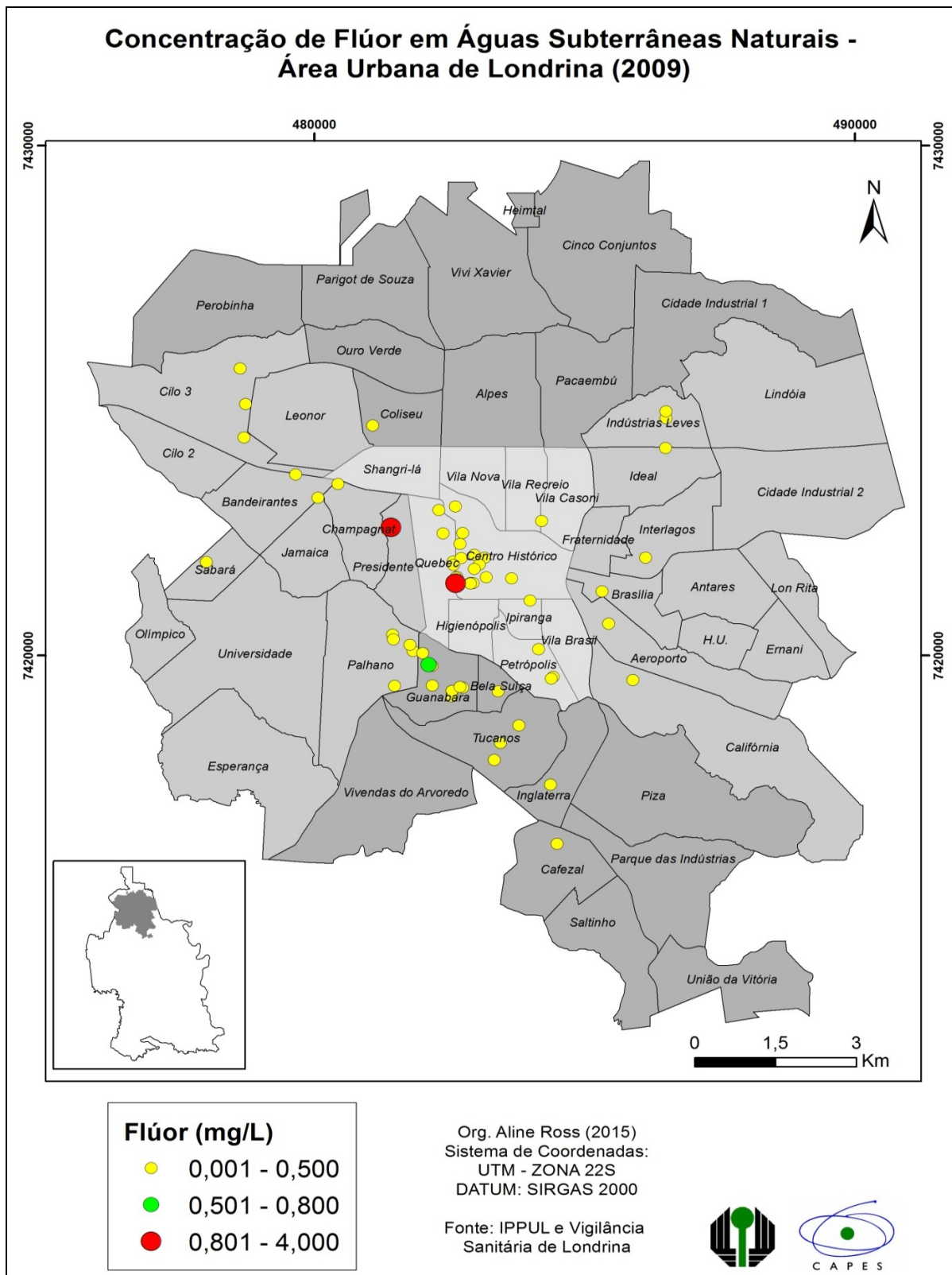
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2008)



Fonte: A autora.

APÊNDICE M

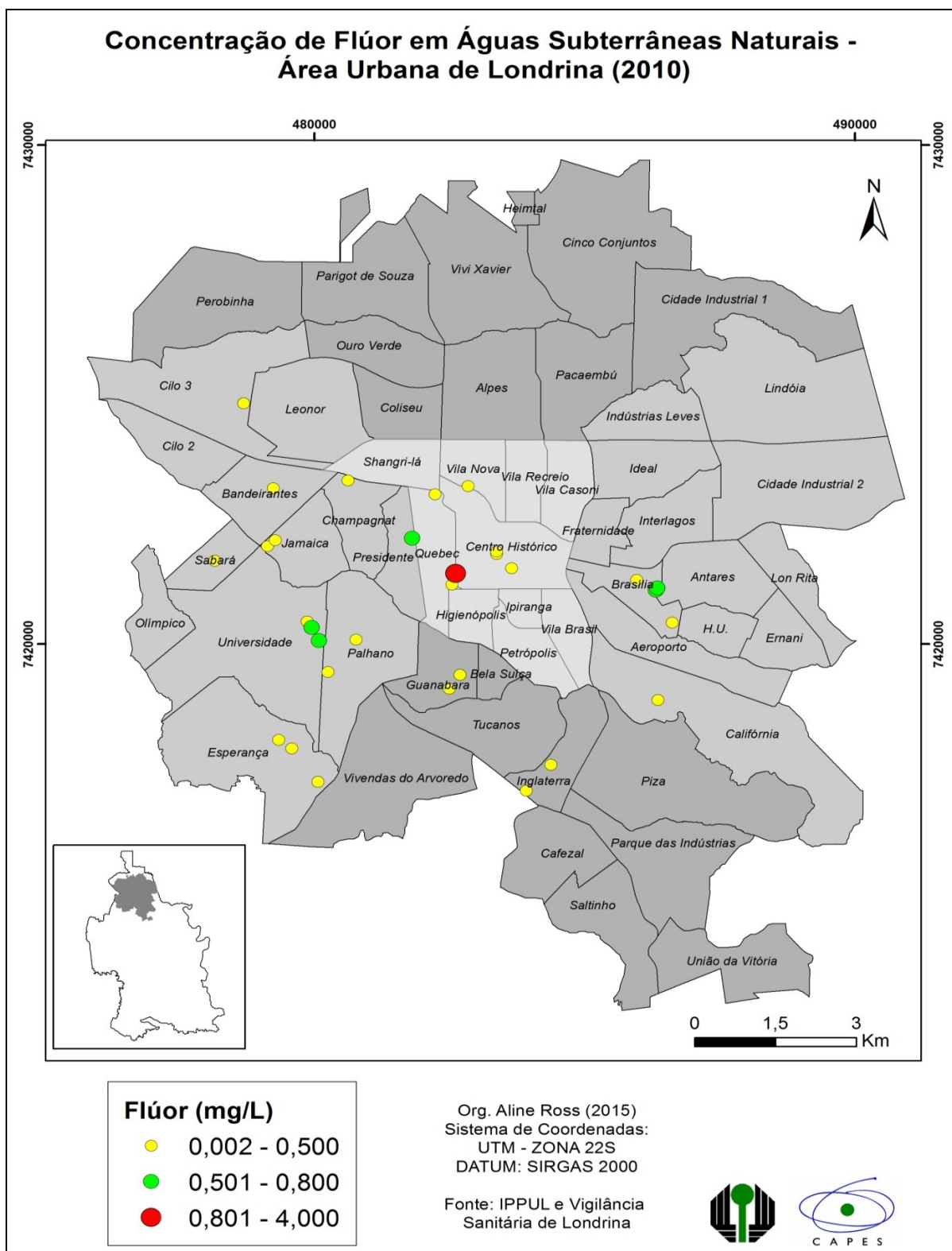
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2009)



Fonte: A autora.

APÊNDICE N

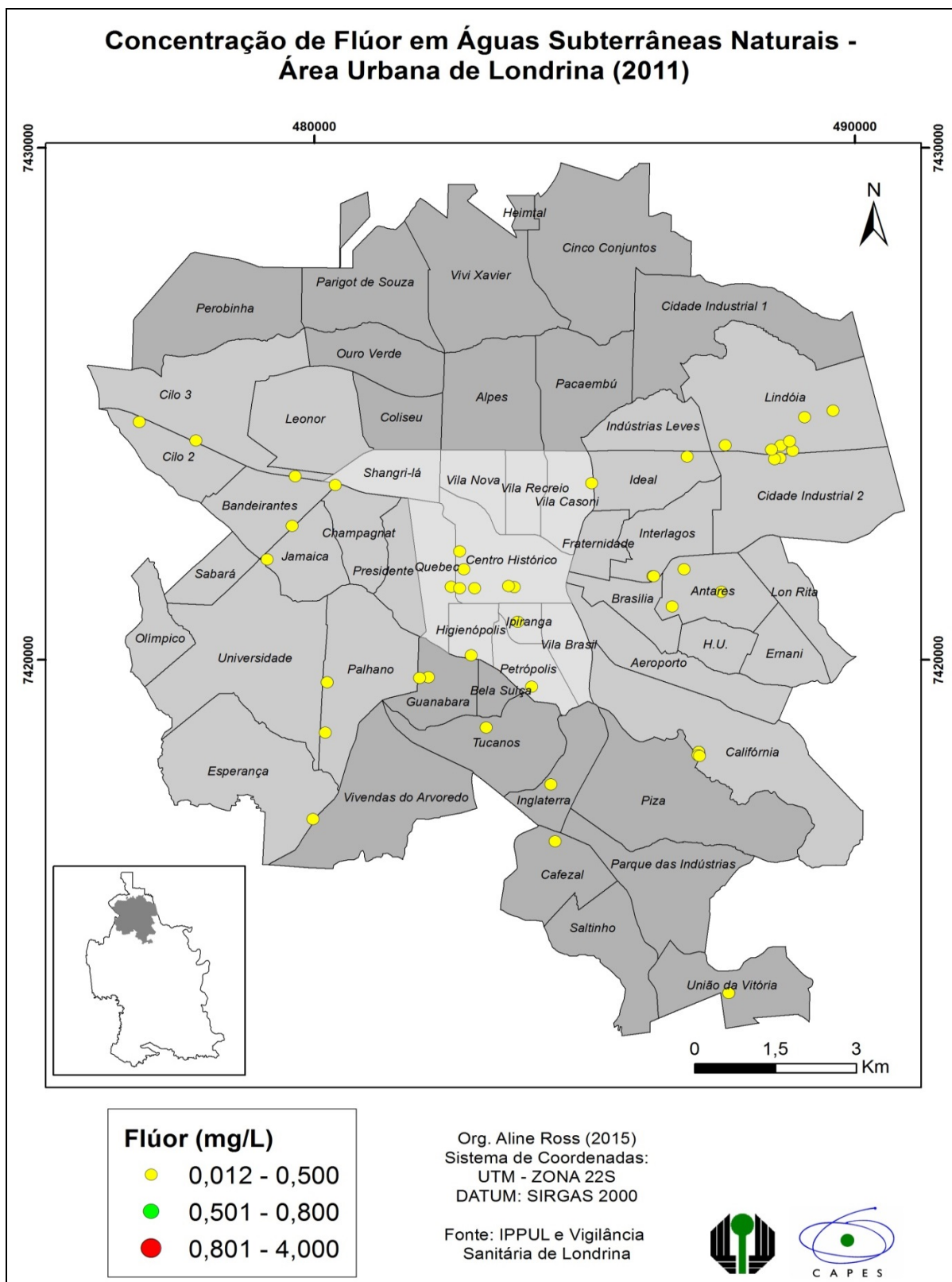
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais(2010)



Fonte: A autora.

APÊNDICE O

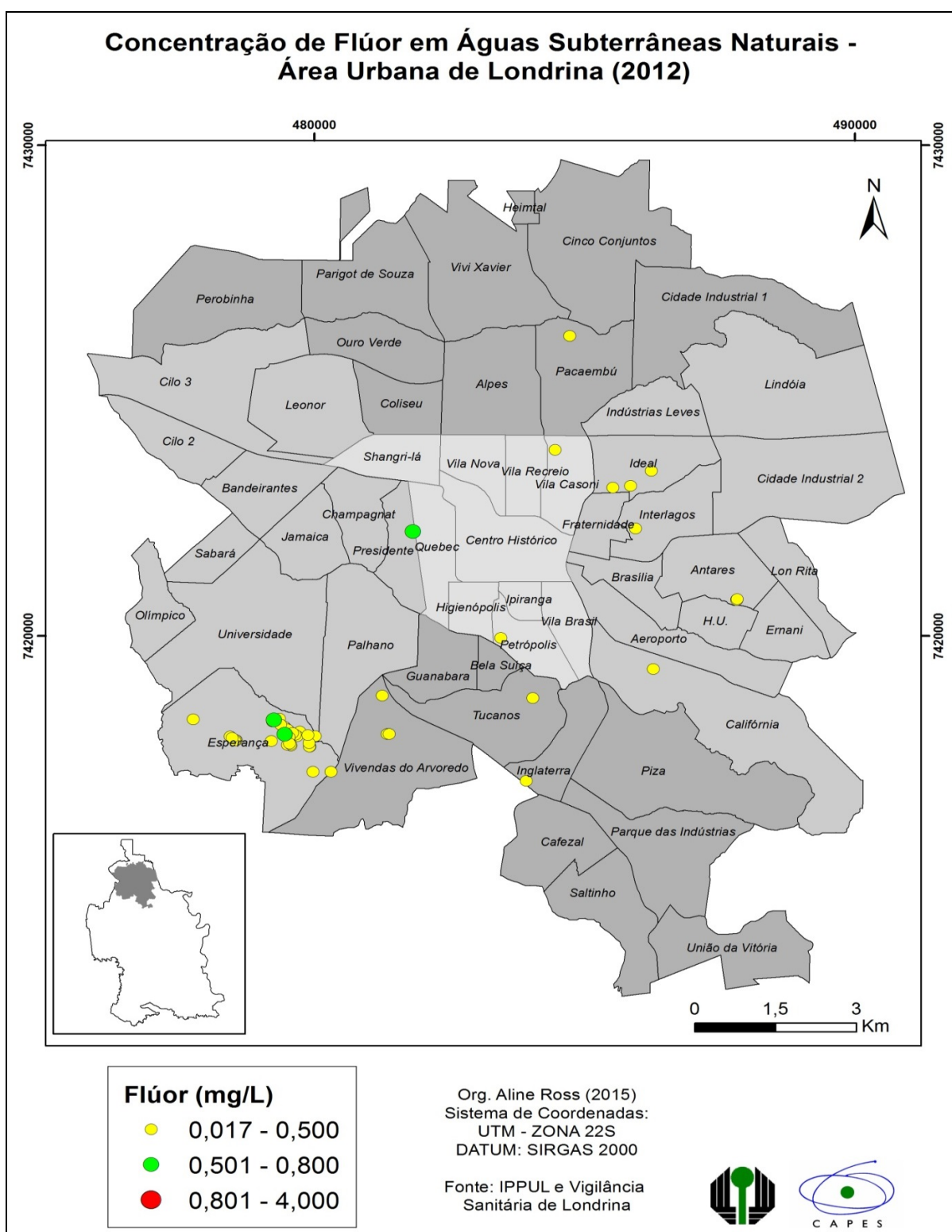
Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2011)



Fonte: A autora.

APÊNDICE P

Concentração de Flúor em Águas Subterrâneas Naturais (2012)



Fonte: A autora.

APÊNDICE Q

Mapa – Londrina: Bairros e Regiões



Fonte: A autora.