



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

TATIANA FERNANDA MENDES

**INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL E A
HIDROGEOQUÍMICA COMO FERRAMENTAS PARA A
DISCUSSÃO SOBRE A INCIDÊNCIA DE NEOPLASIAS NA
REGIONAL DE SAÚDE DE APUCARANA (PR)**

Londrina
2019

TATIANA FERNANDA MENDES

**INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL E A
HIDROGEOQUÍMICA COMO FERRAMENTAS PARA A
DISCUSSÃO SOBRE A INCIDÊNCIA DE NEOPLASIAS NA
REGIONAL DE SAÚDE DE APUCARANA (PR)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese.

Londrina
2019

TATIANA FERNANDA MENDES

**INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL E A
HIDROGEOQUÍMICA COMO FERRAMENTAS PARA A
DISCUSSÃO SOBRE A INCIDÊNCIA DE NEOPLASIAS NA
REGIONAL DE SAÚDE DE APUCARANA (PR)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Doutora em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

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

Profa. Dra. Ligia Vizeu Barrozo
Universidade de São Paulo - USP

Profa. Dra. Maria Eugênia Moreira Costa
Ferreira
Universidade Estadual de Maringá - UEM

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

Profa. Dra. Eloiza Cristiane Torres
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 1 de outubro de 2019.

Agradeço à minha família, que tornou possível esse sonho!

Gracias ao meu anjinho Gael, alma de luz, por estar comigo e unir-nos em um só
coração!

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese, agradeço pela orientação nessa trajetória na Geografia, pela amizade que construímos, por estar ao meu lado diante os momentos difíceis que passei, e pelos ensinamentos que levarei comigo para sempre na minha vida. Agradeço por tudo!!

A Deus, fonte de amor, que está dentro de todos nós.

Agradeço ao anjinho Gael, que iluminou minha vida com seu amor! Amor que transcende. Agradecida por ter sido escolhida por você para vir a este mundo e ser sua Mãe.

Aos meus queridos pais, Lourdes e Mário, que me receberam nessa vida, e me ofereceram amor, carinho e dedicação. Aos meus irmãos Rodrigo e Ariana, pelo incondicional apoio e permanência no trilhar dos caminhos da vida. Agradeço à minha avó Luiza, que sempre estará comigo. Gratidão infinita a minha família.

Aos professores Dr. André Celligoi e Eloisa C. Torres, professores do Departamento de Geociências, da Universidade de Londrina, pelo apoio e sugestões no exame de qualificação e por aceitarem participar da comissão examinadora do presente trabalho.

À Profa. Dra. Ligia Vizeu Barrozo, professora associada ao Departamento de Geografia - FFLCH, da Universidade de São Paulo, pelas valiosas contribuições na pesquisa do Mestrado e por aceitar o convite em compor a comissão examinadora do presente trabalho.

À Profa. Dra. Maria Eugênia M. Costa, do Departamento de Geografia, da Universidade de Maringá, por aceitar o convite em compor a comissão examinadora do presente trabalho.

Às professoras Dra. Rosana S. Figueiredo, Dra. Ideni T. Antonello e Prof. Dr. Pedro R. S. Vendrame, pelo grande apoio enquanto coordenadores do Programa de Pós-Graduação, no período em que estive no curso.

Agradeço ao técnico Dr. Paulo S. Theodoro, do Laboratório de Química, da Universidade de Londrina, que compartilhou conhecimentos, e colaborou no preparo das amostras para análise das águas.

À Regina e ao Anderson, secretários da Pós-Graduação, pela paciência, amizade e colaboração ao longo desses anos no Programa da Pós.

Ao Prof. Dr. César R. T. Tarley e sua orientanda Alexandra, na realização das análises dos teores de metais no MP-AES.

Ao serviço de transportes da UEL por disponibilizar motoristas para a realização dos trabalhos de campo.

À Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) do município de Apucarana, por permitir o acesso aos seus poços e a seus técnicos pelo auxílio nas coletas das águas nos municípios de Apucarana, Arapongas, Bom Sucesso, Borrazópolis, Califórnia, Cambira, Faxinal, Grandes Rios, Jandaia do Sul, Kaloré, Marilândia do Sul, Marumbi, Mauá da Serra, Novo Itacolomi, Rio Bom, Sabáudia e São Pedro do Ivaí.

Ao SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto dos municípios de Kaloré e Marumbi, por permitir o acesso aos seus poços e a seus técnicos pelo auxílio nas coletas das águas.

À Autarquia de Saúde de Apucarana, em especial, ao diretor Roberto Kaneta, por ter disponibilizado os dados de saúde de Apucarana.

À amiga Aline agradeço pela presença, amizade, desde o início da Geografia, pelos muitos encontros e risadas, pela alegria de caminhar junto no despertar de nossa consciência.

À querida amiga Tainá, e seus pais, Lilian e Dionísio, pelo grande apoio e momentos compartilhados.

Às amigas de hoje e sempre Suzana, Érika, Karô e Carolina pelas alegrias, amizade e companheirismo.

Aos amigos Flávia, Jamile, Sergio e Igor pelo carinho e pela amizade que construímos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa, por um período de dois anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia/UEL, por permitir a realização dessa pesquisa.

A todos agradeço.

A água passa por uma frase e por mim.

Manoel de Barros

MENDES, Tatiana F. Indicadores de Saúde Ambiental e a Hidrogeoquímica como ferramentas para a discussão sobre a incidência de neoplasias na Regional de Saúde de Apucarana (PR). 2019. 169 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo compreender e discutir a distribuição geográfica da mortalidade por neoplasias na Regional de Saúde de Apucarana (RSA) e identificar os riscos ambientais para a saúde humana, através da análise multielementar das águas superficiais e subterrâneas e dos indicadores de saúde ambiental. Os dados sobre mortalidade por neoplasias da RSA, no período de 2008 a 2017, foram obtidos no Sistema de Informações sobre Mortalidade/DATASUS, e os dados de neoplasias de Apucarana, no período de 2011 a 2015, foram obtidos na Secretaria de Saúde de Apucarana. Foram coletadas 85 amostras de águas na RSA, 23 superficiais e 62 subterrâneas. As amostras foram analisadas no MP-AES (Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma por Microondas), para a determinação da concentração de Al, Ba, Cd, Ca, Pb, Cu, Cr, Sr, Fe, Mn, Ni, K e Zn. A análise espacial dos dados hidrogeoquímicos, foi realizada por meio do método geoestatístico de krigagem ordinária. Foi realizada uma análise da distribuição das mortalidades por neoplasias por taxas/100.000 habitantes. A construção dos indicadores de saúde ambiental da RSA foi elaborada conforme a matriz “FPSEEA”. A análise espacial dos indicadores de saúde foi realizada por meio do Índice de Moran Local, onde os indicadores locais de autocorrelação espacial permitem a identificação de agrupamentos. A correlação linear de Pearson foi utilizada para averiguar o grau de relação entre as taxas médias por neoplasias e os indicadores de saúde ambiental. Os municípios de Jandaia do Sul, Borrazópolis, Kaloré, Novo Itacolomi, Califórnia, Rio Bom e Sabáudia apresentaram a maior incidência de neoplasias na população, ou seja, o maior risco de morte por câncer na RSA. Com relação às taxas de mortalidade pelos principais tipos de neoplasias da RSA, observou-se que em metade dos municípios as maiores taxas são por neoplasia maligna dos brônquios e pulmões, seguida por neoplasia do estômago, da próstata e da mama. Com a construção dos indicadores de saúde ambiental da RSA, caracterizando o contexto de cada município, os resultados integrados possibilitaram identificar que as variações na incidência de neoplasias entre os municípios da RSA, refletem em muitos casos sua relação com os fatores de risco, modos de vida e também na falta de acesso aos serviços de saúde, identificando que as pessoas que residem nos municípios com pior nível socioeconômico, apresentam piores condições de saúde, estando mais vulneráveis às doenças. A utilização da hidrogeoquímica como ferramenta para identificação de áreas de risco à saúde humana, evidenciando lugares com valores físico-químicos anômalos na água, evidenciou que a população de Borrazópolis, Mauá da Serra, Grandes Rios, Marilândia do Sul, Arapongas, Kaloré, Cambira, Apucarana, Califórnia e Novo Itacolomi, estão mais expostas e vulneráveis a esses agentes químicos. O município de Apucarana mostrou um maior número de mortes por neoplasia maligna dos brônquios ou pulmões, próstata, mama, estômago e fígado. Além dos fatores ambientais que podem afetar a saúde humana, a segregação espacial da população por posição socioeconômica, torna os contextos sociais nos quais as pessoas vivem

em adicionais potenciais determinantes de saúde. O conhecimento acerca do ambiente, e da saúde da população, com núcleos de estudo voltados à caracterização dos locais, possibilita uma prática direcionada às problemáticas identificadas, assim como uma mobilização do poder local, visando a promoção da saúde.

Palavras-chave: norte do paraná; hidrogeoquímica; qualidade da água; indicadores de saúde ambiental; neoplasias.

MENDES, Tatiana F. **Environmental Health indicators and Hydrogeochemistry as tools for the discussion on the incidence of neoplasms in the Apucarana Health Region (PR)**. 2019. 169 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

This study aimed to understand and discuss the geographic distribution of mortality from neoplasms at the Regional Health Center of Apucarana (RHCA) and to identify the environmental risks to human health, multielement analysis of surface and ground waters and through environmental health indicators. Data on cancer mortality from RHCA, from 2008 to 2017, were acquired by the Mortality Information System/DATASUS; and Apucarana's neoplasm data, from 2011 to 2015, were obtained from Apucarana's Health Department. 85 Water samples were collected at RHCA, 23 superficial and 62 groundwater. Samples were analyzed in the MP-AES (Microwave Plasma Atomic Emission Spectrometer), to determine the concentration of Al, Ba, Cd, Ca, Pb, Cu, Cr, Sr, Fe, Mn, Ni, K and Zn. A spatial analysis of hydrogeochemical data was performed using the geostatistical method of ordinary kriging. An analysis of the distribution of neoplasms mortality rate/100,000 inhabitants was performed. The construction of RHCA's environmental health indicators was prepared according to the "FPSEEA" matrix. A spatial analysis of health indicators was performed using the Local Moran Index, which local indicators of spatial autocorrelation allow the identification of clusters. Pearson's linear correlation was used to ascertain the degree of relationship between average rates for neoplasms and environmental health indicators. The municipalities of Jandaia do Sul, Borrazópolis, Kaloré, Novo Itacolomi, California, Rio Bom and Sabaúdia recorded the highest incidence of neoplasms in the population, that is, the highest risk of death from cancer at RHCA. Regarding the mortality rates for the main types of RHCA's neoplasms, it was estimated that half of the municipalities with the highest rates were malignant neoplasms of bronchi and lungs, followed by stomach, prostate and breast neoplasms. With the construction of RHCA environmental health indicators, characterizing the context of each municipality, the integrated results made it possible to identify that the lesions caused by neoplasms among the RHCA municipalities, reflect in several cases its relationship with risk factors, the ways of life and also lack of access to health services, identifying how people living in municipalities with the worst socioeconomic status, present worst health conditions, presenting more vulnerabilities to diseases. The use of hydrogeochemistry as a tool to identify risk areas for human health, showing places with abnormal physical-chemical values in the water, evidenced by the populations of Borrazópolis, Mauá da Serra, Grandes Rios, Marilândia do Sul, Arapongas, Kaloré, Cambira, Apucarana, California and Novo Itacolomi, are more exposed and vulnerable to these chemical agents. The municipality of Apucarana had a higher number of deaths from malignant neoplasms of the bronchi or lungs, prostate, breast, stomach and liver. In addition to the environmental factors that can affect human health, the spatial segregation of the population by socioeconomic position, makes the social context in which people live, an additional health determinant. Knowledge about the population's environment and their health, with study centers focused on the environmental characterization, allows

a practice directed to identify problems, such as the mobilization of local power, looking for health promotion.

Key words: northern paraná; hydrogeochemistry; water quality; environmental health indicators; neoplasms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação	32
Figura 2	Etapas do processo de carcinogênese	34
Figura 3	Mapa da distribuição das concentrações de cloreto (mg/L) no Estado do Paraná	43
Figura 4	Localização dos municípios da RSA	45
Figura 5	Formações geológicas dos municípios da RSA	48
Figura 6	Geomorfologia da RSA	54
Figura 7	Hidrografia da RSA	57
Figura 8	Hidrogeologia da RSA.....	58
Figura 9	Tipos de solos dos municípios da RSA.....	60
Figura 10	Localização dos municípios e das amostras de águas superficiais e subterrâneas coletadas na RSA.....	67
Figura 11	Frequência dos valores de temperatura nas águas subterrâneas	76
Figura 12	Mapa da temperatura das águas subterrâneas na RSA	76
Figura 13	Frequência dos valores de temperatura nas águas superficiais	77
Figura 14	Mapa da temperatura das águas superficiais na RSA	78
Figura 15	Frequência dos valores de pH nas águas subterrâneas	79
Figura 16	Mapa do pH das águas subterrâneas na RSA	80
Figura 17	Frequência dos valores de pH nas águas superficiais	80
Figura 18	Mapa do pH das águas superficiais na RSA	81
Figura 19	Frequência dos valores de condutividade elétrica nas águas subterrâneas	82
Figura 20	Mapa da condutividade elétrica nas águas subterrâneas na RSA.....	83
Figura 21	Frequência dos valores de condutividade elétrica nas águas superficiais	83
Figura 22	Mapa da condutividade elétrica nas águas superficiais na RSA	84
Figura 23	Frequência dos valores de sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas	85
Figura 24	Mapa dos sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas na RSA.....	86

Figura 25	Frequência dos valores de sólidos totais dissolvidos nas águas superficiais	86
Figura 26	Mapa dos sólidos totais dissolvidos nas águas superficiais na RSA.....	87
Figura 27	Frequência dos valores de alumínio nas águas subterrâneas	88
Figura 28	Mapa geoquímico do alumínio nas águas subterrâneas na RSA...	89
Figura 29	Frequência dos valores de alumínio nas águas superficiais	89
Figura 30	Mapa geoquímico do alumínio nas águas superficiais na RSA.....	90
Figura 31	Frequência dos valores de bário nas águas subterrâneas.....	91
Figura 32	Mapa geoquímico do bário nas águas subterrâneas na RSA	91
Figura 33	Frequência dos valores de bário nas águas superficiais.....	92
Figura 34	Mapa geoquímico do bário nas águas superficiais na RSA	93
Figura 35	Frequência dos valores de cálcio nas águas subterrâneas.....	94
Figura 36	Mapa geoquímico do cálcio nas águas subterrâneas na RSA	94
Figura 37	Frequência dos valores de cálcio nas águas superficiais.....	95
Figura 38	Mapa geoquímico do cálcio nas águas superficiais na RSA	96
Figura 39	Mapa geoquímico do cromo nas águas subterrâneas na RSA	98
Figura 40	Frequência dos valores de estrôncio nas águas subterrâneas	99
Figura 41	Mapa geoquímico do estrôncio nas águas subterrâneas na RSA.....	99
Figura 42	Frequência dos valores de estrôncio nas águas superficiais	101
Figura 43	Mapa geoquímico do estrôncio nas águas superficiais na RSA...	101
Figura 44	Frequência dos valores de ferro nas águas subterrâneas	102
Figura 45	Mapa geoquímico do ferro nas águas subterrâneas na RSA.....	103
Figura 46	Frequência dos valores de ferro nas águas superficiais	103
Figura 47	Mapa geoquímico do ferro nas águas superficiais na RSA.....	104
Figura 48	Frequência dos valores de manganês nas águas subterrâneas ..	105
Figura 49	Mapa geoquímico do manganês nas águas subterrâneas na RSA.....	105
Figura 50	Frequência dos valores de manganês nas águas superficiais	106
Figura 51	Mapa geoquímico do manganês nas águas superficiais da RSA	107
Figura 52	Frequência dos valores de sódio nas águas subterrâneas	107
Figura 53	Mapa geoquímico do sódio nas águas subterrâneas na RSA.....	108
Figura 54	Frequência dos valores de sódio nas águas superficiais	109

Figura 55	Mapa geoquímico do sódio nas águas superficiais na RSA.....	109
Figura 56	Frequência dos valores de potássio nas águas subterrâneas	110
Figura 57	Mapa geoquímico do potássio nas águas subterrâneas na RSA.....	111
Figura 58	Frequência dos valores de potássio nas águas superficiais	111
Figura 59	Mapa geoquímico do potássio nas águas superficiais na RSA....	112
Figura 60	Frequência dos valores de zinco nas águas subterrâneas	113
Figura 61	Mapa geoquímico do zinco nas águas subterrâneas na RSA.....	113
Figura 62	Taxa de mortalidade por neoplasias dos municípios da RSA	118
Figura 63	Taxa média de mortalidade por neoplasias dos municípios da RSA.....	119
Figura 64	Taxa de mortalidade pelos principais tipos de neoplasias nos municípios da RSA.....	120
Figura 65	Municípios com significância no índice de Moran Local das taxas médias das neoplasias e pelos principais tipos de câncer na RSA (2008-2017).	121
Figura 66	Índice de Gini dos municípios da RSA	123
Figura 67	(A) IDHM dos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local.....	124
Figura 68	(A) Proporção de vulneráveis à pobreza s municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local	125
Figura 69	Crescimento populacional dos municípios da RSA.....	125
Figura 70	(A) Urbanização dos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local.....	126
Figura 71	(A) Renda domiciliar per capita dos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local.....	127
Figura 72	Frota de veículos dos municípios da RSA.....	127
Figura 73	(A) Número de estabelecimentos agropecuários dos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local.....	128
Figura 74	Taxa de indústrias extrativas e de transformação dos municípios da RSA.....	129
Figura 75	(A) Taxa do volume de agrotóxico comercializado nos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local	130

Figura 76	(A) Número de UBS nos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran	130
Figura 77	Venda de agrotóxicos no Paraná no período de 2000 a 2018	133
Figura 78	Distribuição espacial dos óbitos pelos principais tipos de neoplasias incidentes no município de Apucarana, no ano de 2011	134
Figura 79	Distribuição espacial dos óbitos pelos principais tipos de neoplasias incidentes no município de Apucarana, no ano 2012 e 2013	135
Figura 80	Distribuição espacial dos óbitos pelos principais tipos de neoplasias incidentes no município de Apucarana, no ano de 2014 e 2015	136
Figura 81	Número de óbitos pelos principais tipos de neoplasias no município de Apucarana, por sexo, nos anos de 2011 a 2015.....	137
Figura 82	Número de domicílios particulares permanentes: (A) com abastecimento de água da rede geral; (B) com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade	142
Figura 83	Número de domicílios particulares permanentes: (A) com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial; (B) com esgotamento sanitário via fossa séptica; (C) com esgotamento sanitário via fossa rudimentar	143
Figura 84	Número de domicílios particulares permanentes: (A) com rendimento nominal mensal domiciliar <i>per capita</i> de mais de 1/4 a 1/2 salário mínimo; (B) com rendimento nominal mensal domiciliar <i>per capita</i> de mais de 5 a 10 salários mínimos	144
Figura 85	Número de domicílios particulares permanentes: (A) sem asfalto; (B) sem calçada; (C) sem iluminação pública; (D) sem arborização.	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Número de habitantes de cada município da RSA.....	44
Tabela 2	Número de estabelecimentos de saúde segundo o tipo de estabelecimento dos municípios da RSA	46
Tabela 3	Dinâmica atmosférica da área de estudo	62
Tabela 4	Número total de óbitos por neoplasias, por faixa etária, dos municípios da RSA (2008 a 2017)	113
Tabela 5	Distribuição por sexo e faixa etária de óbitos por neoplasias na RSA (2008 a 2017).....	114
Tabela 6	Comparação do percentual de óbitos por neoplasias entre os municípios da RSA, Brasil e Paraná, no período de 2008 a 2017	115
Tabela 7	Taxa de mortalidade por neoplasias na RSA (2008-2017).....	116
Tabela 8	Variabilidade dos indicadores de saúde ambiental dos municípios da RSA.....	121
Tabela 9	Correlação do coeficiente linear de Pearson.....	131
Tabela 10	Número de intoxicações exógenas no município de Apucarana, nos anos de 2010 a 2015.....	139

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1	SAÚDE E AMBIENTE	20
2.2	GEOGRAFIA DA SAÚDE	23
2.2.1	Geografia da Saúde e Ambiente.....	24
2.3	GEOLOGIA MÉDICA OU GEOMEDICINA	27
2.3.1	Toxicidade dos Elementos Químicos.....	28
2.3.2	Geoquímica, Água e Saúde Humana	29
2.4	INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL.....	31
2.5	CARCINOGÊNESE	33
2.6	RISCOS E VULNERABILIDADES	35
2.7	ELEMENTOS QUÍMICOS E DOENÇAS CORRELATAS	36
2.7.1	Alumínio.....	36
2.7.2	Bário	37
2.7.3	Chumbo	37
2.7.4	Cromo.....	37
2.7.5	Estrôncio.....	38
2.7.6	Ferro	38
2.7.7	Manganês.....	39
2.7.8	Potássio.....	39
2.7.9	Sódio	39
2.7.10	Zinco.....	40
2.8	ANOMALIAS HIDROGEOQUÍMICAS NO NORTE DO PARANÁ E ÁREAS DE RISCO À SAÚDE HUMANA.....	40
3	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
3.1	ASPECTOS GEOLÓGICOS	47
3.2	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	51
3.3	VEGETAÇÃO	54
3.4	HIDROGRAFIA E HIDROGEOLOGIA	56
3.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS	59

3.6	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	62
4	MÉTODO E METODOLOGIA	64
4.1	PROCEDIMENTOS DAS COLETAS E ANÁLISES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS NA RSA.....	65
4.1.1	Trabalho de Campo	65
4.1.2	Análises Químicas Multielementares das Águas Subterrâneas e Superficiais	67
4.1.3	Interpretação dos Dados Hidrogeoquímicos.....	68
4.2	PROCEDIMENTOS REFERENTES AOS DADOS DE NEOPLASIAS E INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL NA RSA.....	68
4.2.1	Neoplasias na RSA.....	69
4.2.2	Indicadores de Saúde Ambiental	70
4.2.3	Análise Espacial - Estatística de Moran.....	72
4.2.4	Correlação Linear de Pearson	72
4.2.5	Estudo em Escala Municipal.....	73
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS NA REGIONAL DE SAÚDE DE APUCARANA	75
5.1.1	Temperatura (°C).....	75
5.1.2	Potencial Hidrogeniônico (pH)	78
5.1.3	Condutividade Elétrica (CE)	81
5.1.4	Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	85
5.1.5	Alumínio (Al)	87
5.1.6	Bário (Ba)	90
5.1.7	Cálcio (Ca).....	93
5.1.8	Chumbo (Pb)	96
5.1.9	Cromo (Cr).....	97
5.1.10	Estrôncio (Sr).....	98
5.1.11	Ferro (Fe)	101
5.1.12	Manganês (Mn).....	104
5.1.13	Sódio (Na)	106
5.1.14	Potássio (K)	109

5.1.15	Zinco (Zn)	111
5.2	A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS NEOPLASIAS E OS INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL NA RSA	113
5.2.1	Incidência de Neoplasias na RSA.....	113
5.2.2	Análise Espacial da Incidência de Neoplasias na RSA	120
5.2.3	Indicadores de Saúde Ambiental da RSA.....	121
5.2.4	Incidência de Neoplasias no Município de Apucarana	133
5.2.4.1	Fatores socioambientais.....	140
5.2.4.2	Relações entre a incidência de câncer e fatores socioambientais em Apucarana	144
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
7	REFERÊNCIAS	152
	APÊNDICES	166
	APÊNDICE 1 - Análises químicas das águas da RSA.....	166

1 INTRODUÇÃO

A análise da situação de saúde implica a identificação dos perfis de necessidades e problemas pelos diferentes fatores socioambientais que interagem cotidianamente. Há diferentes perfis de situação de saúde para diferentes grupos de populações. Para conhecer e atuar sobre as condições de saúde da população é necessário trabalhar com meios que permitam observar a distribuição desigual de situações de risco e dos problemas de saúde, com dados demográficos, socioeconômicos e ambientais, promovendo a integração dessas informações.

Os problemas ambientais locais, tais como a degradação da água, do ar e do solo, do ambiente doméstico e de trabalho, têm impactado significativamente a saúde humana. Há de se considerar que os impactos ambientais na saúde coletiva nem sempre são causados por alterações antrópicas e/ou tecnogenéticas, muitas vezes são originados de características naturais do meio (geogenéticos), como os casos de anomalias geoquímicas de determinados elementos químicos (DAVIES et al., 2005; SELINUS et al., 2010).

Na região Norte do Paraná têm-se constatado ocorrências de anomalias hidrogeoquímicas, as quais podem repercutir na saúde humana e animal (PINESE et al., 2001, 2017; ARAÚJO & PINESE, 2013; MENDES & PINESE, 2017; LICHT, 2018). Muitos municípios dessa região utilizam tanto águas subterrâneas como superficiais para o abastecimento da população, fato esse preocupante, pois estudos anteriores em escala regional demonstram anomalias hidrogeoquímicas multielementares, apresentando altos níveis de flúor, cloretos e brometos em águas superficiais e subterrâneas. A quantidade destes elementos nos alimentos e nas águas que a população ingere, pode causar doenças na população, tais como assinaladas por Pinese et al. (2001 e 2017), Pinese & Martins (2005), Licht et al. (1997 e 2018).

Licht (2001 e 2018) e Jayme (2015) destacaram que na região Norte do Paraná há uma forte correlação entre os teores elevados de cloretos e brometos, identificados nas águas superficiais, e o crescimento dos óbitos por câncer hepático. Licht (2001, 2018) atribuiu aos resíduos de pesticidas, como os organoclorados e bromados utilizados nas culturas de algodão e café como os responsáveis pelos teores elevados de cloretos e brometos identificados nas águas superficiais.

O estado ou o perfil de saúde de uma população é uma manifestação dos lugares, resultando em uma complexa trama de contextos de riscos e padrões de distribuição geográfica na incidência de muitas doenças. Para melhor se entender o processo saúde-doença em qualquer comunidade, se faz necessário avaliar o ser humano no seu meio físico, biológico, social e econômico. É no espaço geográfico que se desenvolvem as interações entre os diferentes segmentos das sociedades humanas e destas com a natureza (LEMOS & LIMA, 2002, p.84). Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo compreender e discutir a distribuição geográfica da mortalidade por neoplasias nos municípios da Regional de Saúde de Apucarana (RSA), localizada na região Norte do Paraná, e identificar os riscos ambientais para a saúde humana, através da análise multielementar das águas superficiais e subterrâneas e dos indicadores de saúde ambiental.

Os objetivos específicos da tese se configuraram da seguinte forma: discutir a articulação entre saúde e ambiente; caracterizar alguns parâmetros da qualidade da água, como temperatura, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, a fim de determinar possíveis fontes de poluição; identificar a presença de elementos químicos (metais pesados e elementos traços), tanto nas águas superficiais como subterrâneas, servidas para abastecimento da população, para avaliação dos riscos ambientais para a saúde humana provocados por possíveis anomalias hidrogeoquímicas; correlacionar os padrões de anomalias hidrogeoquímicas com os padrões de incidência de neoplasias na RSA; discutir a distribuição geográfica das neoplasias e identificar padrões na incidência de neoplasias e dos indicadores de saúde ambiental; verificar a associação entre a mortalidade por neoplasias e os indicadores de saúde ambiental.

Tais estudos são de vital importância para o planejamento ambiental e promoção da saúde coletiva, visando sempre a minimização dos impactos ambientais sobre a saúde humana e animal. É de fundamental importância a realização de estudos transdisciplinares que aprofundem o conhecimento na Geografia da Saúde com a prática de estudos interdisciplinares entre Geologia, Geografia, Epidemiologia, Toxicologia, entre outras ciências.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SAÚDE E AMBIENTE

A inter-relação entre o ambiente e o padrão de saúde de uma população define um campo de conhecimento referido como Saúde Ambiental ou Saúde e Ambiente (TAMBELLINI & CÂMARA, 1998). Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) esta relação incorpora todos os elementos e fatores que potencialmente afetam a saúde humana, incluindo, entre outros, desde a exposição a fatores específicos como substâncias químicas, elementos biológicos ou situações que interferem no estado psíquico do indivíduo, até aqueles relacionados com aspectos negativos do desenvolvimento social e econômico dos países (TAMBELLINI & CÂMARA, 1998). E 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” (RIBEIRO, 2004). Assim Ribeiro complementa que

[...] O grande número de fatores ambientais que podem afetar a saúde humana é um indicativo da complexidade das interações existentes e da amplitude de ações necessárias para melhorar os fatores ambientais determinantes da saúde. Porém, os programas de melhorias no ambiente têm ações bastante diferenciadas daquelas de atenção médica, ainda que não possam estar desvinculadas delas (RIBEIRO, 2004, p. 72).

Deste modo percebe-se que

[...] o modelo de desenvolvimento sob o qual estamos vivendo condiciona as relações sociais e econômicas e acentua os riscos para a saúde e o ambiente. Entende-se que os padrões de produção e consumo atuais formam a base sobre a qual se instalam os processos de insustentabilidade. A maior implicação desses fatos é o processo de intensa degradação ambiental que estamos vivenciando, degradação esta que tem consequências diretas sobre a qualidade de vida e as condições de saúde das populações (AUGUSTO et al., 2003).

Tendo em vista que a saúde e o ambiente são “bens” coletivos, seus modos de apropriação e gestão estão profundamente relacionados com os processos civilizatórios, políticos e decisórios (AUGUSTO et al., 2003). “Como a

iniquidade constitui elemento essencial do atual sistema econômico mundial, a degradação ambiental e os problemas de saúde só podem ser compreendidos sob o aspecto de partes inerentes da sua dinâmica”, resultando em um modelo insustentável de desenvolvimento (PORTO, 1998).

[...] Todas as transformações produzidas sobre o meio ambiente e suas formas de vida produzem crises nos organismos que não podem adequar-se às mudanças que se encontram expostos. Por isso, as mudanças introduzidas pelo homem no meio ambiente aumentam os problemas de saúde ocasionados naturalmente por fatores ambientais globais, dado que criam ambientes propícios para a aparição e disseminação de certas doenças (GORODNER, 2004).

A relação entre saúde e ambiente tornou-se um assunto cada vez mais importante, pois a degradação ambiental significa uma ameaça aos ecossistemas dos quais derivam a viabilidade da vida de todos os seres e sistemas vivos (FREITAS & PORTO, 2006, p. 15). “No Brasil, a preocupação com os problemas ambientais, as características socioeconômicas do desenvolvimento e a interface de ambos com a saúde coletiva pode ser situada desde o início do século XX” (FREITAS, 2003, p. 140), contudo conforme Tambellini & Câmara (1998) do ponto de vista institucional, as questões ambientais tradicionalmente relacionadas com a saúde foram, ao longo deste século, uma preocupação quase que exclusiva de instituições voltadas ao saneamento básico (água, esgoto, lixo, etc.). Foi somente na década de 1970, com o agravamento dos problemas ambientais causados pelo crescimento industrial, que ocorre uma ampliação das instituições, com a criação, por exemplo, de órgãos ambientais nos estados do Rio de Janeiro, como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), e São Paulo com a Companhia Estadual de Tecnologia em Saneamento Ambiental (CETESB), mas sem vínculo direto com o sistema de saúde (TAMBELLINI & CÂMARA, 1998). É importante lembrar que em 1972 era realizada a Conferência de Estocolmo, primeira grande reunião mundial, organizada pela ONU, sobre a relação entre ambiente e desenvolvimento.

Ainda que os anos de 1970 e 1980 tenham sido importantes na incorporação da temática ambiental, apenas nos anos de 1990, com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, (CNUMAD ou Rio-92), e a publicação da Agenda 21, com um capítulo dedicado à saúde, é que se

iniciou uma incorporação mais ampla e efetiva da temática ambiental na saúde coletiva (FREITAS, 2003). Reforçando essa ideia (MINAYO, 2002) afirma que

[...] o esforço de formular propostas concretas que visassem estreitar a relação entre saúde e ambiente se evidenciou na preparação da Rio 92, quando no Relatório Brundland (1987), a definição de *desenvolvimento sustentável* identificou o papel dos seres humanos em relação ao ambiente e descreveu o impacto das mudanças ambientais sobre a saúde e a qualidade de vida das populações.

Ainda segundo Minayo (2002) a Agenda 21, como conjunto de normas que busca o desenvolvimento sustentável, abrangeu a ideia de que as necessidades essenciais de saúde das populações deveriam ser urgentemente focalizadas, articulando suas relações com os fatores ambientais aí considerados na sua complexidade e inter-relações físicas, biológicas, químicas e sociais, em interação; servindo conforme Freitas & Porto (2006, p. 23) como roteiro para a construção de programas de ação local, nacional e regional.

Nesta perspectiva como afirmam Freitas & Porto (2006, p. 12) “os problemas de saúde e ambiente, com sua complexidade inerente, exigem um novo olhar, uma nova prática científica e institucional menos fragmentada e mais integrada”, ou seja, torna-se fundamental a realização de estudos transdisciplinares, onde os mesmos devem ser compreendidos como o resultado do processo interdisciplinar que integra distintos saberes, disciplinas e setores, utilizando métodos e interpretações que transcendam os limites de cada disciplina ou segmento. Segundo Augusto (2005, p.25) somente sob este ponto de vista é “que será possível a produção de um conhecimento inovador para uma ciência que verdadeiramente possa cumprir seus desígnios, qual seja, o de emancipar a condição humana e seu bem estar no planeta”.

Pode-se dizer que a ideia do ambiente como elemento importante para o campo da saúde é antiga, porém sua caracterização em termos técnico-científicos tem sido suficientemente vaga e imprecisa para admitir variadas formas e concepções na elaboração de sua (do ambiente) possível relação com a saúde propriamente dita (TAMBELLINI & CÂMARA, 1998).

Visto que os problemas de saúde coletiva são expressões de crises socioambientais, os mesmos “precisam ser compreendidos de forma a incorporar a pluralidade de dimensões e perspectivas que caracterizam sua complexidade”

(FREITAS & PORTO, 2006, p. 27). Deste modo, a realização de estudos envolvendo Geografia da Saúde, Geologia Médica, Geoquímica, entre outras ciências, é de fundamental importância para o entendimento da relação saúde e ambiente.

2.2 GEOGRAFIA DA SAÚDE

A Geografia da Saúde, desde a sua origem, tem sido calcada na resolução de problemas, permitindo a identificação de lugares e situações de risco, o planejamento territorial de ações de saúde e o desenvolvimento das atividades de promoção de saúde¹.

Segundo Rojas (1998; 2003) a Geografia da Saúde é “uma antiga perspectiva e uma nova especialização que se ocupa da aplicação do conhecimento geográfico, dos métodos e técnicas na investigação em saúde, na perspectiva da prevenção de doenças”, se distinguindo por localizar-se nas fronteiras da Geografia, da Medicina, da Biologia, ou das ciências sociais, físicas e biológicas, e por ser essencialmente transdisciplinar. Conforme Peiter (2005) um dos seus principais objetivos está o de proporcionar novos conhecimentos e desenvolver uma proposta teórico-metodológica para o estudo das relações espaciais do processo saúde-enfermidade; e também produzir resultados de importância prática às investigações epidemiológicas, à administração de saúde e, em geral, à racionalidade das ações de melhoramento do bem-estar da população.

Por muito tempo usou-se a denominação Geografia Médica, contudo com a ampliação do espectro de temas, questões e abordagens que esta foi desenvolvendo ao longo do tempo, a Comissão de Geografia Médica da União Geográfica Internacional (UGI), em Moscou (1976), fez um pedido para se adotar uma nova denominação mais abrangente, substituindo Geografia Médica por Geografia da Saúde. A nova designação não vigora em todos os países, encontrando-se ainda hoje a denominação Geografia Médica em alguns países anglo-saxões (PEITER, 2005).

A Geografia da Saúde se divide em dois principais campos de investigação: primeiro, o tradicional, que consiste na Geografia das patologias ou

¹ Apresentação dos Anais referente ao II Simpósio Nacional de Geografia da Saúde e I Encontro Luso-brasileiro de Geografia da Saúde, Rio de Janeiro: 2005.

Nosogeografia, encarregada da identificação e análise de padrões de distribuição espacial de doenças; segundo, o contemporâneo, com estudos voltados para uma Geografia de Atenção à Saúde, ocupada das propriedades espaciais da distribuição do sistema de saúde, ou da acessibilidade, utilização e planejamento territorial dos serviços de atenção à saúde (ROJAS & BARCELLOS, 2003, p. 331).

2.2.1 Geografia da Saúde e Ambiente

No que se refere às relações entre a saúde e o ambiente, segundo Barcellos & Machado (1998), “têm sido estudadas, desde a Antiguidade, através de diferentes abordagens cuja evolução foi paralela e no mesmo sentido do desenvolvimento da própria geografia”. Assim a constituição dos saberes em Geografia da Saúde se inicia a partir dos primeiros registros sobre as variações da saúde de populações em diferentes lugares, feitos por médicos quando estes começaram a viajar (PEITER, 2005). Conforme Ribeiro (2004) no século V, aproximadamente em 480 a.C., na Grécia, escritos da escola Hipocrática, sobretudo a obra *Dos Ares, das Águas e dos Lugares*, já destacavam a relação entre as doenças, principalmente as endêmicas, e a localização de seus focos. Reconhecia-se que diferenças geográficas resultavam em diferentes padrões de doenças, mas alguns elementos geográficos eram mais valorizados, tais como o clima, a vegetação e a hidrografia. Essa obra “constituiu o primeiro trabalho sistemático a apresentar uma relação causal entre fatores ambientais e doenças e que por 2000 anos foi a base da epidemiologia, fornecendo os fundamentos do entendimento de doenças endêmicas e epidêmicas” (RIBEIRO, 2004, p. 72).

Vários estudos foram escritos por médicos dos séculos XVI e XVII, na forma *de medical surveys* ou “levantamentos médico-geográficos”, contendo valioso patrimônio de informações descritivas de Geografia Médica em diferentes países, contudo

[...] o agrupamento sistemático de informações acerca da distribuição espacial das doenças só vai ocorrer entre os séculos XVIII e XIX, com os estudos conhecidos como *Topografias Médicas*, consideradas, estas sim, como precursores modernos dos estudos de Geografia Médica. De conteúdo muito semelhante ao que era tratado pelas geografias regionais clássicas, 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. (PEITER, 2005, p 7).

A Geografia Médica foi até meados do século XIX, portanto, “um campo de conhecimento construído por médicos que desconheciam os agentes etiológicos microbianos das doenças, buscando informações no ambiente físico (clima, temperatura, relevo, vegetação, etc.) para as suas práticas” (PEITER, 2005), sob uma perspectiva predominantemente determinista, estabelecendo relações lineares de causa e efeito com o meio físico.

A partir das últimas décadas do século XIX, como afirma Ribeiro (2004), com o desenvolvimento da teoria dos germes em 1861 por Pasteur, e do descobrimento do bacilo da tuberculose por Koch em 1882, estabeleceu-se a teoria dos germes e as bases científicas da bacteriologia, atribuindo às doenças exclusivamente à penetração e multiplicação de uma bactéria e nada mais do que isto. Iniciava-se a era bacteriológica ou pastoriana, que defendia a teoria da unicausalidade, que segundo Lemos & Lima (2002, p. 76)

[...] uma vez identificados os agentes vivos específicos de doenças, os chamados agentes etiológicos e os seus meios de transmissão, os problemas de prevenção e cura das doenças correspondentes estariam resolvidos, esquecendo-se dos demais determinantes causais relacionados ao hospedeiro e ao ambiente.

Daí o fato de ocorrer um refluxo nos estudos da relação saúde-ambiente em Geografia Médica. Para Pessoa (1960), “perdeu-se de vista o conjunto das causas que atuam sobre o ser humano sadio e enfermo, bem como o meio ambiente deixou de apresentar a importância que vinha assumindo” (apud LEMOS & LIMA, 2002).

Somente entre as décadas de 1930 e 1950 que se situa o início da crise da teoria unicausal, e começa a prevalecer o conceito de multicausalidade, com o paradigma da “Tríade Ecológica” (homem-agente-ambiente), proporcionando uma aproximação com a Epidemiologia na busca de estabelecer para diversas doenças as suas redes de causalidade (PEITER, 2005). Nesta época surgem novas teorias como a

[...] *Teoria dos Focos Naturais das Doenças Transmissíveis*, de Pavlovsky, que vai novamente trazer para o conhecimento médico a vertente ecológica das doenças, definindo importantes conceitos como o de circulação do agente no meio natural e o da formação do ‘complexo agente-ambiente’, denominado *de patobiocenose* [...] Praticamente na mesma época, na França, o geógrafo Maximilian Sorre desenvolve um conceito similar, o de “*complexo patógeno*” em seu artigo “*Complexes Pathogènes et Géographie Médicale*” (1933), que contribuiu para a recuperação do interesse da relação entre geografia e saúde (PEITER, 2005, p. 10).

Maximilian Sorre se orientava por uma preocupação teórica: fornecer à geografia médica uma “base conceitual que permitisse investigações interdisciplinares, e além disso, apresentava os hábitos, as condições de habitação e a ocupação como gêneros de vida, representando as possibilidades de constituição de complexos patogênicos” (COSTA & TEIXEIRA, 1999). “Na perspectiva ecológica de Sorre, as relações entre o homem e o meio compreendem a ação da natureza (meio físico e biológico) sobre o homem e a ação humana, modelando a natureza” (FERREIRA, 1991).

Entre 1940 e 1960 os trabalhos de Geografia Médica brasileiros foram se tornando escassos, com exceções, de Gavião Gonzaga (1925) com “*A Climatologia e Nosologia do Ceará*”; “*Clima e Saúde*”, de Afrânio Peixoto (1938), e o livro do geógrafo e médico, Josué de Castro, *A Geografia da Fome* (1946), considerado como uma das mais importantes obras da Geografia Médica nacional (PESSOA, 1978 apud PEITER, 2005).

Atualmente está estabelecido:

[...] que para melhor entender-se o processo saúde-doença em qualquer comunidade, faz-se necessário entender o ser humano no seu meio físico, biológico, social e econômico. [...] É no espaço geográfico que se desenvolvem as interações entre os diferentes segmentos das sociedades humanas e destas com a natureza. Se as interações não forem harmoniosas podem surgir novas doenças ou ressurgir doenças que já haviam sido controladas (LEMOS & LIMA, 2002, p.84).

O ambiente, em suas dimensões física e social, passa a ser o lócus para as ações de promoção da saúde, porque na relação dos indivíduos e da coletividade com o ambiente que se estabelecem os processos de produção social da saúde. Dessa forma, “a saúde ambiental é mais que saúde do meio ambiente, é o

contexto geográfico, informado pelas condições e estilos de vida” (GUIMARÃES, 2014).

A Geografia Médica/Saúde é um espaço onde convergem ou se cruzam fenômenos naturais e sociais, que tem como objetivo geral, entender as relações que se formam entre as condicionantes da saúde e os resultados efetivos na saúde das populações (DUTRA, 2011).

2.3 GEOLOGIA MÉDICA OU GEOMEDICINA

A associação entre Geologia e Saúde, pode ser sintetizada como Geomedicina, termo usado desde 1931, mas que só recentemente adquiriu o significado agora empregado, sendo definida como a “ciência que se ocupa de fatores ambientais exteriores que influenciam a distribuição geográfica de problemas patológicos e nutricionais que condicionam a saúde de homens e animais”, através da Geoquímica (CORTECCI, 2003; SELINUS et al., 2010), estudando segundo (SCARPELLI, 2003) as variações regionais na distribuição dos elementos químicos, bem como seu comportamento geológico-geoquímico, as contaminações naturais ou provocadas, e o comprometimento dessas na saúde animal e/ou vegetal por excessos ou deficiências. Deste modo, conforme Martins Jr & Pinese (2003) conclui-se que:

[...] a Geologia Médica envolve o estudo dos relacionamentos entre a geoquímica do ambiente em que vivemos e a saúde apresentada pela população que vive neste domínio particular, [...] tendo por método geral de pesquisa o estudo da química dos solos, da água e dos sedimentos em relação à incidência de doenças geograficamente distribuídas (MARTINS JR & PINESE, 2003, p.124).

Os perfis dos solos e as composições químicas dos solos e das águas são controlados pela mineralogia das rochas e dos sedimentos, afetados pelo intemperismo, pelos escorregamentos por gravidade, além dos efeitos erosivos de água corrente e ventos, dependendo, portanto, de interações entre a água, as rochas e os minerais (CORTECCI, 2003, p.1). A Geoquímica possui as ferramentas capazes de discriminar, nos vários sistemas (solos, rios, lagos, atmosfera de cidades e artigos manufaturados), as contribuições químicas de origem natural das de

origem antrópicas, contribuindo para o reconhecimento dos mecanismos de transferência dos elementos essenciais e dos tóxicos da geosfera (litosfera, hidrosfera e atmosfera) à biosfera (CORTECCI, 2003, p.3).

A Geologia Médica, consolidada no Brasil e em outros países, foi ativada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) com um programa específico, o Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica, o PGAGEM e a Rede Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (REGAGEM). A REGAGEM é uma rede de discussão sobre a Geologia Médica, criada em 2003, sob a coordenação do Professor Bernardino Figueiredo da UNICAMP. A partir de 2008, o Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade no Brasil, em continuidade ao PGAGEM, foi criado para promover conhecimento sobre a distribuição dos elementos traço e compostos inorgânicos na superfície de todo o território brasileiro.

Os livros e artigos de Selinus et al., (2005), Skinner & Berger (2003), Cortecci (2002), Singh (2000), Licht (2001) e Figueiredo (2005) foram a base de muitos estudos no Brasil na área de Geologia Médica no Brasil.

2.3.1 Toxicidade dos Elementos Químicos

Os seres vivos constituem-se dos elementos de seus alimentos, considerando as necessidades vitais, os elementos podem ser divididos em macronutrientes essenciais (~100 mg/dia: Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S) e micronutrientes essenciais (10 mg/dia: Cr, Co, Cu, F, I, Fe, Mn, Mo, Se, Zn, e possivelmente Ni, Si, Sn, V). Assim se contrapõem elementos maiores e traços, devendo-se ter cautela nas definições de necessidades e de caracterizações de toxicidade (CORTECCI, 2003, p.5), destacando que na relação entre toxicidade e saúde, “um elemento é tóxico ou não se levamos em consideração o nível de concentração, composição e propriedades além do tempo de exposição das substâncias químicas as quais o organismo teve contato” (ARAUJO & PINESE, 2013). Esses nutrientes são importantes e sua falta acarreta prejuízos à saúde, e especificamente quanto aos micronutrientes, sua assimilação em excesso pode ser fatal (SCARPELLI, 2003).

Os elementos chamados não-essenciais, que provavelmente não participam dos processos biológicos, apresentam geralmente propriedades

perigosas, como por exemplo: arsênio, cádmio, mercúrio e chumbo. A exposição a metais pesados pode resultar em efeitos negativos (SELLINUS, 2006).

2.3.2 Geoquímica, Água e Saúde Humana

As rochas são formadas por aglomerados de minerais ou de um único mineral e, à medida que intemperizam:

[...] os elementos podem ser recristalizados em minerais neo-formados, adsorvidos em minerais argilosos, incorporados em óxido-hidróxidos de ferro e manganês, precipitados como carbonatos ou postos em solução. Quando solubilizados, ou passam ao solo e são levados a águas de sub-superfície ou são transportados pela drenagem. No solo, estando solubilizados, podem ser assimilados pelas raízes de plantas, entrando na cadeia alimentar. Também entram na cadeia alimentar quando carregados em solução pela drenagem, assimilados por seres aquáticos. Podem ser também assimilados pelos seres vivos por inalação ou por contato dermal (SCARPELLI, 2003).

Deste modo “as águas superficiais e subterrâneas representam o mais importante meio de conexão entre a geoquímica das rochas, o solo e a fisiologia humana” (CORTECCI, 2003, p.7), pois as águas correntes refletem a composição química das rochas do substrato. As plantas por sua vez, refletem a composição química dos solos onde crescem. Os animais, pelas águas e alimentos, refletem a composição química da região. Essa relação é observada também com humanos, havendo casos clássicos de doenças acompanhando faixas geológicas litologicamente anômalas. Assim, populações que se alimentam exclusivamente de produtos locais são mais afetados por anomalias geoquímicas localizadas, havendo problemas de saúde devido à abundância ou falta de elementos como F, I, As, Se e outros (SCARPELLI, 2003).

As relações entre ambiente e a corrente alimentar humana são controladas por fatores geológicos (litologia e mineralogia das rochas, o tempo e o clima) e processos geoquímicos relevantes, controladores da transferência dos elementos às águas, ao solo, às plantas e aos homens, considerando a passagem “intermediária” pelos animais. Com um grau de alteração meteórica maior para rochas ígneas que para rochas metamórficas e sedimentares conforme (CORTECCI, 2003, p.5).

Outro ponto a ser destacado é que segundo Araújo & Pinese (2013) a água potável é responsável por algo entre 2 a 20% da ingestão dos elementos traços. A idade, ocupação, temperatura ambiental, perspiração e hábitos alimentares, todos determinam a ingestão de água e, conseqüentemente podem influenciar acentuadamente as ingestões de flúor, cromo, entre outros elementos. Por isso, conforme Lin et al. (2004, p.4) “a água é o portador tanto de substâncias químicas úteis como prejudiciais que são facilmente absorvidas nas células do corpo humano”; estando diretamente relacionada à saúde humana. “A água é um fator importante nos processos geoquímicos supergênicos² como também no metabolismo e nas funções humanas” (LIN et al., 2004), tornando-se fundamental estudos que correlacionem a presença de elementos químicos nas águas com a saúde da população, identificando possíveis regiões com anomalias geoquímicas.

A ocupação e o uso do solo pelo homem são capazes de provocar intensos impactos geoquímicos ambientais. Isso ocorre pela produção de resíduos orgânicos, relacionados com os processos vitais, domésticos, urbanos, industriais e agrícolas (LICHT, 2001).

Entre as “doenças geoquímicas” relatadas tem-se o exemplo dos casos estudados e documentados de intoxicação por arsênio em Bangladesh, Índia (West Bengal), Taiwan, China, México, Chile e Argentina. Nos casos da Índia, Bangladesh e Taiwan, ocorreu também a relação entre a exposição excessiva ao arsênio e casos de câncer interno e de pele. Um exemplo clássico de geologia médica é a ligação entre o bócio e a deficiência de iodo. A correlação entre geologia-água-alimentação-doenças pode ser claramente mostrada para o iodo. Essa doença ocorria nos povos antigos da China, Grécia, Egito e entre os Incas, onde os solos e/ou a água apresentam uma deficiência em iodo, mas foi sucessivamente tratado com alga que contém altos teores de iodo. O excesso de flúor na água, causando a fluorose dentária, é outro exemplo importante da relação entre a geoquímica e a saúde (SELLINUS, 2005, 2006, 2010).

² Conforme LICHT (2001) o ambiente supergênico também denominado de superficial, secundário ou exógeno, caracteriza-se por baixas pressões e temperaturas, uma movimentação livre de soluções e pela maior ou menor quantidade de oxigênio livre, água e CO₂. Fazem parte desse ambiente os processos de erosão, intemperismo, sedimentação e diagênese precoce, dissolução, hidrólise e oxidação.

2.4 INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL

Os indicadores ambientais buscam mensurar ou avaliar as pressões sobre o ambiente e a sua situação, bem como se há uma gestão ambiental efetiva, informando, principalmente, sobre a qualidade dos compartimentos ambientais (ar, água e solo), do ponto de vista físico-químico, e sobre as condições da biodiversidade (CORVALÁN; BRIGGS; ZIELHUIS, 2000; BRASIL, 2011). No contexto da saúde humana, é principalmente o grau de exposição dos seres humanos a riscos potenciais à saúde que preocupa, e consequentemente o impacto na saúde humana de contaminantes (e outros fatores de riscos) no meio ambiente (CORVALÁN; BRIGGS; ZIELHUIS, 2000). Construir um indicador de saúde é uma atividade complexa que pode variar desde a contagem direta de casos de determinada doença até o cálculo de proporções, razões, taxas ou índices (RIPSA, 2008).

A saúde ambiental não se preocupa com a saúde do meio ambiente per si, mas com as maneiras pelas quais certos fatores ambientais podem influenciar ou afetar diretamente a saúde humana (de maneira positiva ou negativa).

O indicador de saúde ambiental pode ser visto como uma medida que resume, em termos facilmente compreensíveis e relevantes, aspectos da relação entre meio ambiente e saúde. É uma maneira, em outras palavras, de expressar conhecimento científico sobre a ligação entre ambiente e saúde de uma forma que pode ajudar na decisão das escolhas mais apropriadas (CORVALÁN; BRIGGS; KJELLSTRÖM, 1996).

Os indicadores ambientais têm uma história muito antiga, conforme já citado, Hipócrates já indicava a importância de se observar fatores ambientais, tais como a qualidade das águas, para determinar a saúde da população. Contudo, o uso sistemático de indicadores bem definidos é muito mais recente.

Para atender à necessidade de definição de indicadores, a Organização Mundial da Saúde – OMS e a Organização Pan-Americana da Saúde – Opas, na década de 1990, começaram a elaborar uma metodologia para definir indicadores de saúde ambiental. Após vários encontros, desenvolveu-se o marco teórico, de Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação em cada passo da cadeia de causalidade – FPSEEA (BRASIL, 2011).

2.4.1 Modelo Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação (FPSEEA)

Esse modelo de matriz leva em consideração o ciclo de relacionamento no processo entre dinâmica econômica e social, e a resposta ambiental e saúde humana (Figura 1). Assim, as forças motrizes consistem nos processos econômicos e sociais, resultando em pressões como o uso intensivo de determinados recursos naturais. Como resultado dessas pressões a situação do ambiente é frequentemente alterada.

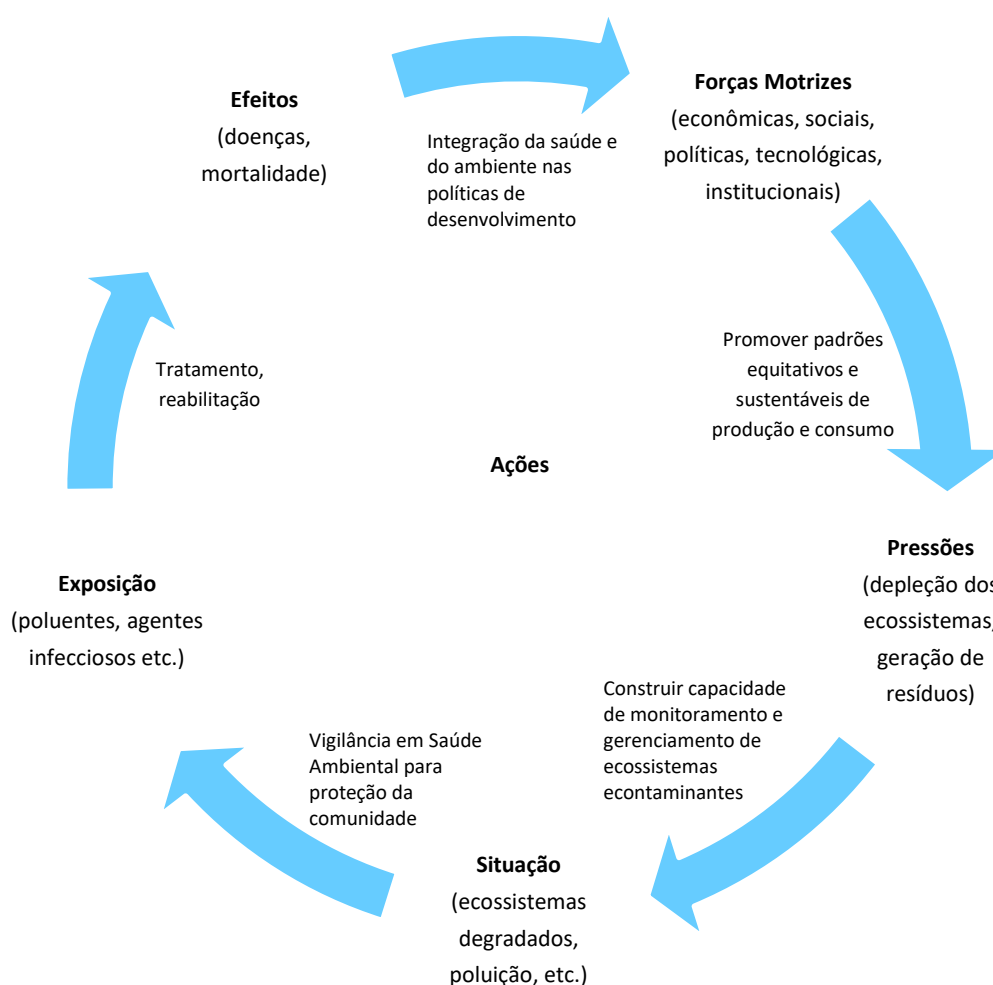


Figura 1: Modelo Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação. Fonte: Adaptado de Carneiro et al. (2006) apud Corvalán et al. (2000).

Essas pressões podem contribuir para aumentar a frequência ou a magnitude de determinadas situações ambientais que resultam em efeitos negativos sobre a saúde, que podem ser agudos ou crônicos. Para cada uma dessas

categorias, indicadores e propostas de ação são desenvolvidos para obter uma compreensão mais completa do problema e visualizar medidas a serem tomadas em cada nível de complexidade do ciclo (CARNEIRO ET AL, 2006; BRASIL, 2011).

A relação entre as mudanças no estado do ambiente, a exposição humana a essas alterações e os possíveis efeitos sobre a saúde, representa um avanço na construção de indicadores de saúde ambiental, pois permite incorporar não só as causas imediatas na compreensão dos problemas de saúde, mas também seus determinantes e condicionantes, e assim propor ações para mitigá-los e, se possível, resolvê-los (BRASIL, 2011).

Essa abordagem ecossistêmica em saúde busca um caráter holístico, que reúne conjuntos de conceitos e métodos para tratar problemas de saúde coletiva por meio de processos de mudanças de forma transdisciplinar e participativa (AUGUSTO et al., 2008).

2.5 CARCINOGENESE

O processo de formação do câncer é chamado de carcinogênese ou oncogênese e, em geral, acontece lentamente, podendo levar vários anos para que uma célula cancerosa se prolifere e dê origem a um tumor visível (INCA, 2012).

O organismo humano encontra-se exposto a múltiplos fatores carcinogênicos, com efeitos aditivos ou multiplicativos. Sabe-se que a predisposição individual influencia a relação entre a dose e o tempo de exposição ao carcinógeno e a resposta individual à exposição. Independentemente da exposição a carcinógenos, as células sofrem processos de mutação espontânea, que não alteram o desenvolvimento normal da população celular como um todo. Há também que se considerar a vigilância imunológica como mecanismo de correção ou exclusão das células mutantes.

Os fenômenos de mutação espontânea podem condicionar uma maior ou menor instabilidade genômica, que pode ser crucial nos processos iniciais da carcinogênese, como consequência de alterações cromossômicas e ampliações genéticas. Em síntese, a carcinogênese pode iniciar-se de forma espontânea ou ser provocada pela ação de agentes carcinogênicos (químicos, físicos ou biológicos) (INCA, 2008).

Dentre os múltiplos fatores relacionados à incidência, a distribuição geográfica e o comportamento de tipos específicos de cânceres incluindo sexo, idade, raça e predisposição genética, a exposição a carcinógenos ambientais são os mais importantes. Segundo o estudo de Vineis (2003) os migrantes mudam seu risco de câncer, adaptando-se ao da população para a qual se deslocam, ocorrendo uma "interação gene-ambiente" que envolve a história das alterações genéticas pelas quais as células sofreram e o tipo de ambiente em que vive.

O processo de carcinogênese era descrito como uma progressão ordenada da célula em três etapas distintas: a iniciação, a promoção e a progressão (Figura 2). A iniciação é a primeira etapa do processo cancerígeno, na qual células normais de um determinado órgão ou tecido são convertidas em células com potencial para tornarem-se tumor (células iniciadas). É uma fase rápida e irreversível. Agentes químicos ou físicos que agem nessa etapa são chamados de agentes iniciadores. Os agentes iniciadores levam a danos genéticos que incluem mutações e deleções. A promoção envolve a expansão clonal das células “iniciadas” e exige a proliferação celular. A segunda etapa da carcinogênese (promoção) é caracterizada por ser uma etapa longa e reversível, não genotóxica, que não envolve modificações diretas no DNA e que resulta da exposição a doses repetidas do agente cancerígeno, em intervalos curtos. O agente promotor não tem ação mutagênica nem cancerígena e, para conseguir efeito biológico, deve persistir no ambiente. O estágio final do processo de carcinogênese, a progressão, envolve a conversão de lesões pré-neoplásicas benignas em câncer neoplásico (INCA, 2012).

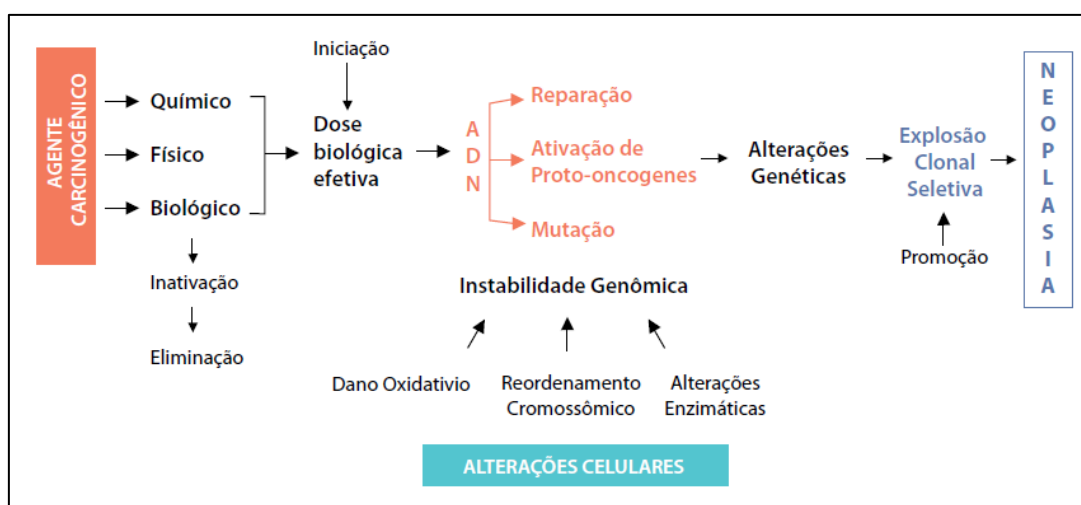


Figura 2: Etapas do processo de carcinogênese. Fonte: Instituto Nacional de Câncer, 2012.

Novas descobertas tem alterado este modelo simplificado, e afirmado que o câncer resulta de uma sucessão de eventos genéticos e epigenéticos, cuja ordem pode variar, resultando em um acúmulo de alterações na estrutura ou expressão de certos genes vitais por mecanismos variados, a saber, mutação pontual induzida pelos aductos de DNA carcinógeno, amplificação gênica, translocação, perda cromossômica, recombinação somática, conversão gênica ou metilação do DNA. No centro desse modelo estão os oncogenes e os genes supressores de tumor que codificam proteínas importantes para a regulação e controle do ciclo celular. A maioria das mutações que causam câncer envolvendo oncogenes é adquirida, não herdada. Assim, pode-se concluir que o câncer é causado por fatores externos e internos, estando ambos inter-relacionados (KOIFMAN & HATAGIMA, 2003).

Diversas substâncias presentes no meio ambiente têm o potencial de alterar a estrutura do genoma e/ou a expressão da informação genética, aumentando o risco para o desenvolvimento de câncer. Podem ocorrer também outros efeitos provenientes de substâncias cancerígenas, como dermatites, queimaduras de pele, irritação de olhos e pele, danos aos pulmões e a outros órgãos, entre outros. Esses sintomas são frequentemente resultado de exposição a altas concentrações e, geralmente, ocorrem muito próximos ou imediatamente após as exposições. Alguns cancerígenos podem também afetar o sistema reprodutivo dos trabalhadores expostos, como podem ser mutagênicos, embriotóxicos e/ou teratogênicos (INCA, 2012).

A exposição a agentes químicos, dentre eles os agrotóxicos, é também uma das condições potencialmente associadas ao desenvolvimento do câncer, por sua possível atuação como iniciadores (substâncias capazes de alterar o DNA de uma célula, a qual poderá futuramente originar o tumor) e/ou promotores tumorais (substâncias que estimulam a célula alterada a se dividir) (KOIFMAN & HATAGIMA, 2003).

2.6 RISCOS E VULNERABILIDADES

Os riscos deixaram de serem eventos localizados, à medida que alterações antrópicas no espaço físico produziram relações socioespaciais mais complexas, tornando-se fenômenos cujas raízes podem ser encontradas na própria

essência da vida contemporânea (HOGAN & MARANDOLA JR, 2005). Segundo os autores o risco é a probabilidade de que um indivíduo/domicílio, comunidade ou lugar sejam expostos ao perigo.

Para que se possa falar de risco é necessário que haja também vulnerabilidade. A vulnerabilidade conforme Cutter (2011) inclui elementos de exposição ao risco (as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado perigo), e elementos de propensão ao risco (as circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos para responder a e recuperar de ameaças ambientais). A ciência da vulnerabilidade fornece a base empírica para a elaboração de políticas de redução de riscos através do desenvolvimento de métodos e métricas para analisar a vulnerabilidade societal aos riscos ambientais. É necessário que essa abordagem integradora, que busca explicar as complexas interações entre sistemas sociais, naturais e artificiais, examine a forma como os riscos interagem com a sociedade. A pulverização de agrotóxicos, as áreas com águas contaminadas, por exemplo, são perigos espacialmente localizados, cujas consequências são filtradas por vulnerabilidades distintas.

O aumento progressivo da população urbana, o consequente aumento dos diferentes tipos de riscos (naturais, tecnológicos ou mistos) e a deterioração dos ecossistemas tornou imprescindível o traçado de ações integradas (FREITAS & CUNHA, 2013). Nesse sentido, esse trabalho buscará dentro de uma visão interdisciplinar conhecer os diferentes riscos e vulnerabilidades da população da RSA, contribuindo assim com as políticas de saúde coletiva.

2.7 ELEMENTOS QUÍMICOS E DOENÇAS CORRELATAS

2.7.1 Alumínio

Conforme Mineropar (2001) “nas rochas, o alumínio está presente nos minerais silicatados combinado com metais alcalinos, alcalino-terrosos e ferro”, e apresenta-se em concentrações variadas nas rochas: 8,3% nos gabros, 7,3% nos granitos e 9,1% nas mica-xistos. As concentrações de alumínio dissolvidos em águas subterrâneas e em águas superficiais variam com o pH e o conteúdo de ácido húmico da água (ATSDR, 2008).

O alumínio não é considerado um elemento essencial, e quando está presente em excesso e na forma iônica, é prejudicial e tóxico (MINEROPAR, 2001).

2.7.2 Bário

Durante os processos ígneos o Ba ocorre principalmente nos silicatos de potássio, especialmente em micas e feldspatos (MINEROPAR, 2001).

Os compostos insolúveis não são perigosos à saúde, mas os compostos de Ba muito solúveis em água podem causar efeitos danosos à saúde humana, já que o bário, quando na forma iônica, é altamente tóxico (Koljonen et al, 1992 apud MINEROPAR, 2005, p. 107). A ingestão de altos níveis de Ba pode produzir problemas no aumento da pressão sanguínea, dificuldades respiratórias, mudanças no ritmo cardíaco, irritações no estômago, flacidez muscular e danos ao coração, fígado, rins e outros órgãos (ATSDR, 2007).

2.7.3 Chumbo

As rochas ígneas ácidas são mais enriquecidas em chumbo que as básicas (MINEROPAR, 2001, p. 18).

O chumbo não é um elemento essencial para a vida humana, mas, sobretudo um elemento tóxico quando sua concentração supera um pouco os valores normais (CORTECCI, 2003, p. 26). Os animais absorvem chumbo por ingestão e inalação, sendo que ele se acumula nos tecidos ricos em cálcio, tais como ossos, fígado e rins (MINEROPAR, 2001, p. 18).

O chumbo pode afetar quase todos os órgãos internos e sistemas do corpo humano. O mais sensível é o sistema nervoso central, particularmente em crianças; danifica também os rins e o sistema reprodutivo, e pode causar anemia (MINEROPAR, 2005, p. 148). Os compostos de chumbo podem ser carcinogênicos e teratogênicos (WINTER, 2017).

2.7.4 Cromo

Nas rochas, a presença do cromo se relaciona com os minerais máficos (MINEROPAR, 2001, p. 26). Nas águas as formas solúveis de cromo encontradas são o cromo (VI) e complexos de cromo (III). O cromo (III) em fase aquosa ocorre como partícula sólida adsorvida a materiais argilosos, orgânicos ou a óxido de ferro (SILVA, 2003).

Todos os compostos de cromo devem ser considerados como tóxicos. A ingestão de elevadas quantidades de Cr^{6+} pode causar desordens estomacais e úlceras, convulsões, danos nos rins e fígado e até morte (MINEROPAR, 2005, p. 167). O excesso do cromo (VI) também pode ser mutagênico a nível celular, com o cromo podendo reagir com o DNA. A exposição continuada de cromo pode ser responsável por patologias de tumores no pulmão (CORTECCI, 2003, p. 25).

2.7.5 Estrôncio

O Sr é enriquecido em rochas alcalinas, especialmente nos carbonatitos (MINEROPAR, 2001, p. 28).

A exposição a altos níveis de estrôncio estável pode causar enfraquecimento dos ossos em crescimento. Exposições a altos níveis de estrôncio radioativo podem causar câncer. Tem sido observados casos de leucemia em pessoas expostas a quantidades relativamente altas de estrôncio, assim como câncer nos ossos, no nariz, no sangue, nos pulmões e na pele tem sido observado em animais de laboratório (MINEROPAR, 2005, p. 191).

2.7.6 Ferro

O ferro é o constituinte principal dos silicatos ferromagnesianos tais como olivinas, piroxênios, anfibólios e biotita (MINEROPAR, 2001, p. 30). Ocorre principalmente sob a forma de Fe^{+3} (hidróxido férrico) podendo também ocorrer como Fe^{+2} (hidróxido ferroso). Quando a água contém o ferro no estado ferroso e é exposta ao oxigênio do ar, os íons ferrosos oxidam-se se tornando férricos (SANTOS, 1997, p. 92). Na água subterrânea ocorre em associação com substâncias orgânicas, em particular ácidos húmicos (LIMA, 2003).

O ferro é essencial para os processos fisiológicos de todos os seres vivos, se concentrando nos animais e nos homens em teores elevados no fígado e no baço (MINEROPAR, 2001). A carência pode causar anemia e anormalidade imunológica e o excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos, diabetes e contribuir para carcinogênese (SANTOS, 1997; CORTECCI, 2003).

2.7.7 Manganês

Existe uma forte correlação entre o Mn e o Fe (ferroso) na maioria das rochas ígneas, com razões Fe/Mn situando-se na faixa 0,015 - 0,02 (MINEROPAR, 2001, p. 40). O manganês na água sofre oxidação, dependendo do pH, do potencial oxi-redução e da atividade microbiana (MARTINS, 2003, p. 74-75).

Promove o crescimento, o desenvolvimento e as funções celulares. A deficiência de manganês tem sido produzida em várias espécies de animais, mas não em humanos (OMS, 1998). O excesso de manganês parece contribuir para casos de oclusões coronárias e em artrite reumatoide. Envenenamento por Mn ocorre por aspiração, em trabalhadores de atividades industriais específicas, podendo causar distúrbios neurológicos e psiquiátricos (CORTECCI, 2003).

2.7.8 Potássio (K)

O potássio presente principalmente nos feldspatos, micas e leucitas, em rochas ígneas e metamórficas. Nas águas subterrâneas, ocorre em pequenas quantidades ou está ausente, devido à sua participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, ainda, de seus sais serem muito utilizados pelos vegetais (SANTOS, 1997, p. 91).

O potássio é o cátion mais importante nos fluidos intracelulares. A deficiência de potássio pode ser causada por uma admissão insuficiente e/ou excessiva excreção (por exemplo, devido a diarreia, bulimia) do elemento, podendo causar fraqueza muscular esquelética, paralisia muscular, náuseas, vômitos e arritmias cardíacas (COMBS JR, 2005, p. 164). O excesso de potássio pode provocar aperto no peito, náuseas e vômitos, diarreia, falta de ar e insuficiência cardíaca. O equilíbrio entre o consumo de sódio e de potássio é muito importante.

2.7.9 Sódio

Seus minerais fontes em rochas ígneas são essencialmente os feldspatos, plagioclásios, feldspatóides, anfibólios e piroxênios (SANTOS, 1997).

O sódio é um elemento essencial, com papel importante na manutenção do equilíbrio hidrossalino do organismo humano. Os sais de sódio,

quando não são ingeridos em quantidades excessivas, não são prejudiciais à saúde. Contudo, pessoas hipertensas devem fazer uma dieta balanceada de sais, visto que a ingestão elevada de sódio pode aumentar a pressão sanguínea (MINEROPAR, 2001, p. 54).

2.7.10 Zinco

Nas rochas básicas, o principal portador de Zn é a magnetita, enquanto que a biotita é o mais importante nos granitos (MINEROPAR, 2001, p. 60).

O zinco protege o fígado de danos químicos, e é necessário para integridade do sistema imunológico e a regulação do crescimento. Evidências experimentais sugerem correlações entre deficiência de zinco no homem e cancerogênese, deficiência imunológica, doenças vasculares, disfunções sexuais e malformações congênitas (CORTECCI, 2003, p. 10, 26).

A exposição crônica a excesso de zinco pode reduzir a função imunológica e o colesterol HDL (COMBS JÚNIOR, 2004, p. 165). Os compostos de zinco mais comuns não são tóxicos, mas certos sais de zinco podem ser carcinogênicos. A poluição por emissões aéreas industriais pode causar câncer de pulmão (MINEROPAR, 2001, p. 60).

2.8 ANOMALIAS HIDROGEOQUÍMICAS NO NORTE DO PARANÁ E ÁREAS DE RISCO À SAÚDE HUMANA

A distribuição espacial de um elemento em rochas, solos e outros materiais, segundo LICHT (1998) consiste em

[...] uma resposta do somatório de processos de movimentação dos materiais da Terra. Em muitas situações, essa distribuição simplesmente reflete a presença de certas litologias, enquanto em outras, os processos do ambiente hipogênico³ como as alterações hidrotermais, podem modificar esta relação. Além disso, o intemperismo, a erosão e uma grande variedade de processos do ambiente superficial podem obscurecer e modificar as feições produzidas no ambiente hipogênico (LICHT, 1998, p.55).

³ Conforme LICHT (1998) é o ambiente profundo, caracterizando-se por altas temperaturas e pressões, com circulação restrita de fluidos e baixo teor de oxigênio livre.

O teor médio de um elemento na litosfera é chamado de “clarke”. O teor médio de um elemento em um material geológico não-mineralizado, é denominado de teor de fundo ou “background”, variando em função dos materiais. O limite superior das flutuações normais do teor de fundo seria o limiar ou “threshold”. Enquanto a anomalia geoquímica “é um desvio dos padrões geoquímicos considerados como normais para um determinado espaço geoquímico” (LICHT, 1998, p.56), determinado por uma técnica analítica específica.

Existem vários tipos de anomalias, como as litogeoquímicas (rocha), pedogeoquímicas (solos), biogeoquímicas (seres vivos de qualquer espécie), atmogeoquímicas (gases), as relativas aos sedimentos de fundo das drenagens e, por fim a que está em estudo neste trabalho, a hidroggeoquímica (água).

Quando há teores anômalos de elementos químicos em águas superficiais ou subterrâneas esses constituem padrões conhecidos como anomalias hidroggeoquímicas. “A água superficial e o material sólido suspenso ou em solução provêm primariamente do escoamento superficial, fontes e surgências de águas subterrâneas” (LICHT, 1998, p.81). Ainda segundo o autor, um dos fatores de vital importância na homogeneidade da feição anômala é o fluxo estável das águas de drenagem, visto que com um mínimo de turbulência há a mistura de águas de distintas características físico-químicas. Contudo quando não houver turbulências importantes ou onde a largura da drenagem for maior que a profundidade, a composição deve permanecer homogênea por grandes distâncias.

Em áreas anômalas, com elementos químicos nas águas superficiais, são regiões que merecem uma atenção imediata, pois representam a fração passível de agregação imediata ao ciclo biológico, refletindo a composição ou identificando possibilidades de contaminação de aquíferos superficiais e subterrâneos. E ainda tem a capacidade de identificar variações na composição química dos solos e rochas, tendo assim aplicações diretas no planejamento agrícola e na indústria mineral. Assim, os dados geoquímicos produzidos refletem a atuação de fontes naturais e artificiais, discriminando áreas com abundâncias e carências de certos elementos químicos isolados ou agrupados (LICHT, 1997).

Conforme Manoel Filho (1997, p.7) “as águas de superfície e as águas subterrâneas não são necessariamente recursos independentes. Em muitos casos podem existir ligações entre corpos de água superficial e aquíferos”. Como por exemplo, quando um rio atravessa uma região sob a qual exista um aquífero

freático, dependendo da permeabilidade do leito do rio e da diferença de carga potenciométrica entre o rio e o aquífero, a água pode fluir do rio para o aquífero ou vice-versa (MANOEL FILHO, 1997, p.7).

Muitos vêem nos aquíferos a solução para aqueles locais onde a água de mananciais superficiais está poluída, pois assim se obteria água limpa para a população residente nesses locais. Porém, é necessário analisar suas composições químicas, tanto subterrâneas quanto superficiais, pois há certos elementos químicos, que quando estão distribuídos em alta ou baixa proporção de forma natural, devido à composição das rochas que a armazenam, entre outros fatores, podem causar sérias doenças ao ser humano (Pinese & Martins, 2005).

A Minerais do Paraná S/A (MINEROPAR 2001; LICHT et.al., 1997; LICHT, 2018), em um estudo desenvolvido no Estado do Paraná, produziu um banco de dados com análises de águas de superfícies e de sedimentos de corrente, as quais demonstram teores anômalos de diversos elementos químicos (e.g. F^- , Al^{+3} , K^+ , Cl^- , Br^- , Ca^{+2}).

Na região Norte do Paraná têm-se constatado ocorrências de anomalias hidrogeoquímicas, as quais podem repercutir na saúde humana e animal (PINESE et. al., 2001, 2017 e MINEROPAR, 2001). Muitos municípios dessa região utilizam águas superficiais para o abastecimento da população, fato esse preocupante, pois estudos anteriores em escala regional demonstram anomalias hidrogeoquímicas multielementares, apresentando altos níveis de flúor, cloretos e brometos em águas superficiais. A quantidade destes elementos nos alimentos e nas águas que a população ingere, pode causar doenças na população, tais como as que Pinese et al. (2001 e 2017) e Licht et al. (1997) relataram. Esta região anômala, que além do flúor inclui os elementos Ba, Sr, Ca, Mg e K, segundo Licht (2001 e 2018), está relacionada com as estruturas magnéticas profundas, associadas ao domo de Quatiguá, pois mostra uma perfeita coincidência com as anomalias de magnetismo residual identificadas nessa região por Ferreira et al. (1996), que sugeriram como fonte para ambas, intrusões de rochas alcalinas, não aflorantes.

Os teores elevados de cloretos (Figura 3) e brometos identificados nas águas superficiais, Licht (2001) atribuiu aos resíduos de pesticidas, como os organoclorados e bromados utilizados nas culturas de algodão e café. A distribuição de cloreto e brometo nas águas apresentou relação direta com o crescimento dos

óbitos por câncer hepático. Portanto, os mapas mostrando a distribuição desses elementos químicos podem ser utilizados como indicadores de risco ambiental para as neoplasias hepáticas.

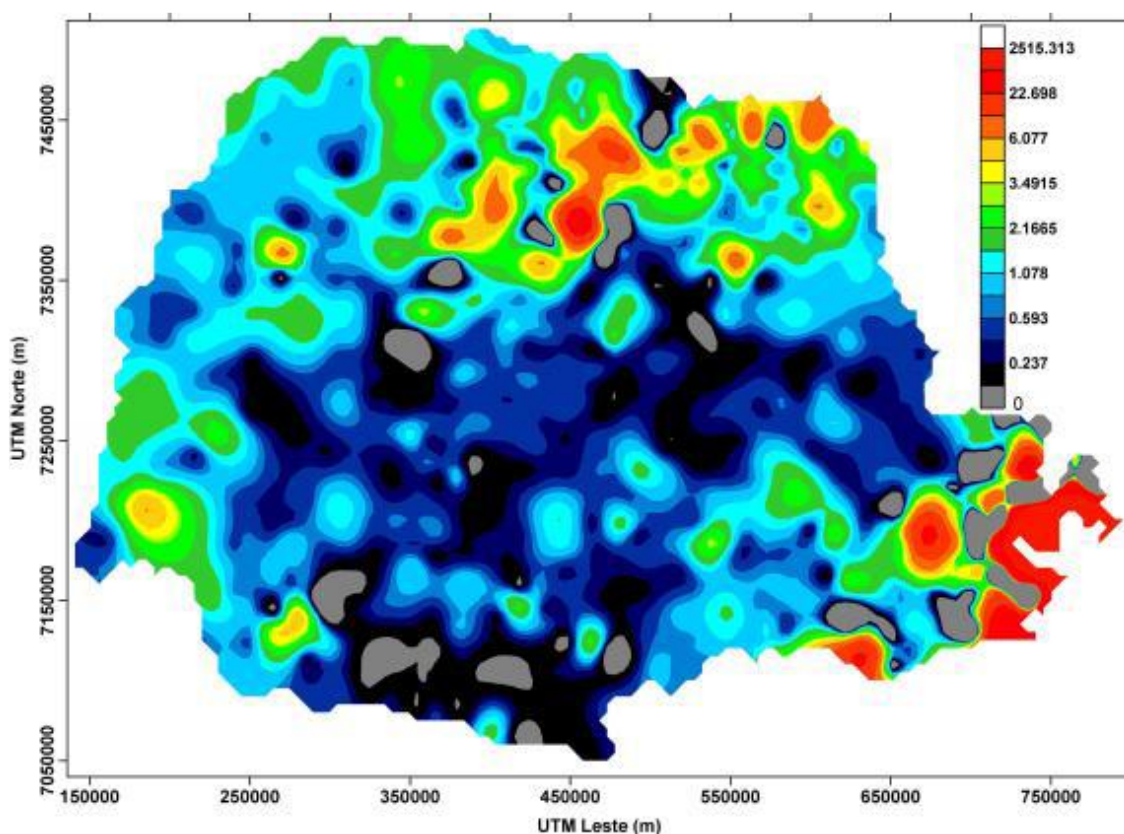


Figura 3: Mapa da distribuição das concentrações de cloretos (mg/L) no Estado do Paraná. Fonte: LICHT (2018).

Jayme (2015) constatou que os casos de neoplasias no Estado do Paraná apresentam uma tendência em seu comportamento formando pequenas “ilhas do câncer” no segmento do eixo que liga região sudoeste ao norte do Estado e nas proximidades da região sudeste. Os municípios que apresentam os maiores casos de câncer estão acima do padrão nacional e mundial, e coincidem com as áreas de risco hidrogeoquímico, em particular as regiões com elevadas concentrações de cloreto, elemento muito utilizado como princípio ativo de agrotóxicos nas lavouras do Paraná.

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A 16ª Regional de Saúde, área de estudo, tem como sede o município de Apucarana. É formada por 17 municípios (Figura 4), com uma população total de 378.787 habitantes (Tabela 1). Essa população tem como fonte de abastecimento de água para consumo tanto águas superficiais como subterrâneas.

Tabela 1: Número de habitantes de cada município da RSA.

<i>Município</i>	<i>População (IBGE/2017)</i>
Apucarana	132691
Arapongas	118477
Bom Sucesso	7019
Borrazópolis	7280
Califórnia	8583
Cambira	7808
Faxinal	17306
Grandes Rios	6167
Jandaia do Sul	21341
Kaloré	4368
Marilândia do Sul	9068
Marumbi	4765
Mauá da Serra	10039
Novo Itacolomi	2908
Rio Bom	3337
Sabáudia	6702
São Pedro do Ivaí	10928
Total	378.787

Fonte: IBGE (2017).

A Regional de Saúde de Apucarana (RSA) é umas das 22 regionais de saúde do Estado do Paraná. Estas regionais constituem a instância administrativa intermediária da Secretaria de Estado da Saúde/Instituto de Saúde do Estado do Paraná-SESA/ISEP. Conforme o Código de Saúde do Paraná a

[...] Secretaria de Estado da Saúde - SESA, gestora Estadual do Sistema Único de Saúde - SUS, nos termos do artigo 7º. da Lei Estadual n.º 13.331/01, incumbe, através do Instituto de Saúde do Paraná -ISEP-, pesquisar, planejar, orientar, coordenar e executar as medidas que visem a promoção, preservação e recuperação da saúde, bem como promover e incentivar na esfera pública ou privada, estudos e programas sobre problemas médico-sanitários do Estado (PARANÁ, 2002, p.53).

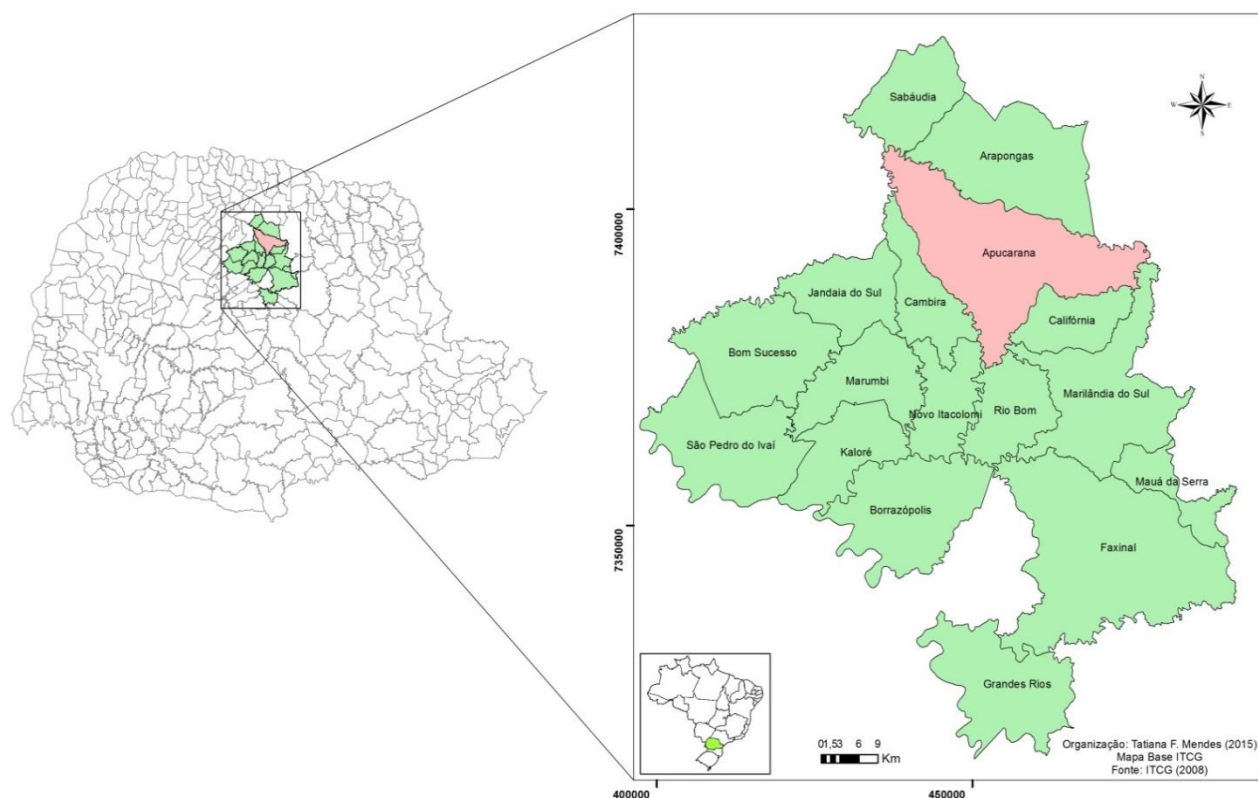


Figura 4: Localização dos municípios da RSA.

Cabe a SESA/ISEP “regular, controlar, avaliar e acompanhar o Sistema Estadual de Saúde e a execução das ações e serviços de saúde prestados em seu território, respeitadas as competências municipais” (PARANÁ, 2002, p.58). É por meio das regionais de saúde que o Estado exerce o seu papel: dar apoio, cooperação técnica e investimentos nos municípios e nos consórcios. Desta forma o objetivo da regional de saúde é “desenvolver a inteligência necessária para apoiar o município em todas as áreas e para influenciar na gestão das questões regionais, fomentando a busca contínua e crescente da eficiência com qualidade” (PARANÁ, 2011).

O município de Apucarana concentra o maior número de estabelecimentos de saúde da Regional, com um total de 376, sendo 49 da esfera pública. O município de Arapongas vem em seguida, com um total de 244 estabelecimentos de saúde, com 44 públicos (Tabela 2). Contudo, com relação ao número de leitos hospitalares, Arapongas apresenta o maior número dentre os municípios da RSA, com um total de 353, com 257 do SUS. Em Apucarana existem 235 leitos, com 166 do SUS (IPARDES, 2018).

Tabela 2: Número de estabelecimentos de saúde segundo o tipo de estabelecimento dos municípios da RSA.

Município	Centro de Atenção Psicossocial (CAPS)	Unidade Básica de Saúde	Clínica Especializada	Consultório	Hospital Geral	Poli clíni ca	Posto de Saúde	UPA	Unidade de Serv. de Apoio de Diagnose e Terapia	Unidade de Vigilância em Saúde	Unidade Móvel de Emergência	Outro Tipo	Total
Apucarana	3	32	30	269	2	12	-	1	17	-	5	5	376
Arapongas	2	30	27	153	3	8	-	4	13	1	3	-	244
Bom Sucesso	1	3	1	6	1	-	-	-	-	-	-	2	14
Borrazópolis	-	3	1	3	1	-	-	-	2	-	-	1	11
Califórnia	-	3	2	2	-	-	1	-	2	1	-	-	11
Cambira	1	2	1	1	-	-	1	-	-	-	-	1	7
Faxinal	-	1	1	11	1	7	3	-	4	-	1	1	30
Grandes Rios	-	3	1	2	1	-	3	-	1	-	-	1	12
Jandaia do Sul	-	6	4	34	1	3	1	1	3	-	1	3	57
Kaloré	1	1	2	1	1	-	1	-	2	-	-	1	10
Marilândia do Sul	1	1	1	1	-	-	2	-	2	-	-	1	9
Marumbi	-	2	2	5	1	-	-	-	2	-	-	1	13
Mauá da Serra	-	4	3	2	-	1	1	-	1	-	-	1	13
Novo Itacolomi	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4
Rio Bom	-	1	1	1	-	-	1	1	1	-	-	1	7
Sabáudia	-	2	1	4	-	-	1	1	-	-	1	1	11
São Pedro do Ivaí	-	2	2	10	1	-	2	-	2	-	-	1	20

Fonte: IPARDES (2018).

3.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Os municípios da área de estudo, estão geologicamente inseridos na Bacia Sedimentar do Paraná, essa correspondendo a uma extensa depressão deposicional situada na parte centro-leste da América do Sul, onde se acumularam mais de 5000 m de rochas sedimentares e vulcânicas distribuindo-se no território brasileiro, argentino, paraguaio e uruguaio, sendo que, a maior parte encontra-se em território brasileiro com cerca de 1.000.000 Km², com uma dimensão norte-sul de quase 2000 km. Ao todo ela cobre cerca de 1,6 milhão de quilômetros quadrados, bem como pequena parcela do embasamento cristalino paranaense (PETRI & FÚLFARO, 1983).

A Bacia Sedimentar do Paraná segundo Pinese (2002) compreende o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense, recobrimdo a maior porção do estado; é preenchida por depósitos marinhos e continentais, composta de várias formações vulcano-sedimentares, que se enquadram em cinco principais épocas: siluro-ordoviciano, devoniano, permo-carbonífero e triássico-jurássico – as quais precedem o evento magmático da sequência Juro-Cretácea.

A Formação Serra Geral abrange a maior parte dos municípios da RSA, ocorrendo também outras formações geológicas somente nos municípios de Arapongas, Faxinal, Grandes Rios, Mauá da Serra e Sabáudia.

Os principais grupos e suas respectivas formações rochosas que estão presentes na área de estudo, em ordem estratigráfica, são descritos a seguir e podem ser visualizados na Figura 5:

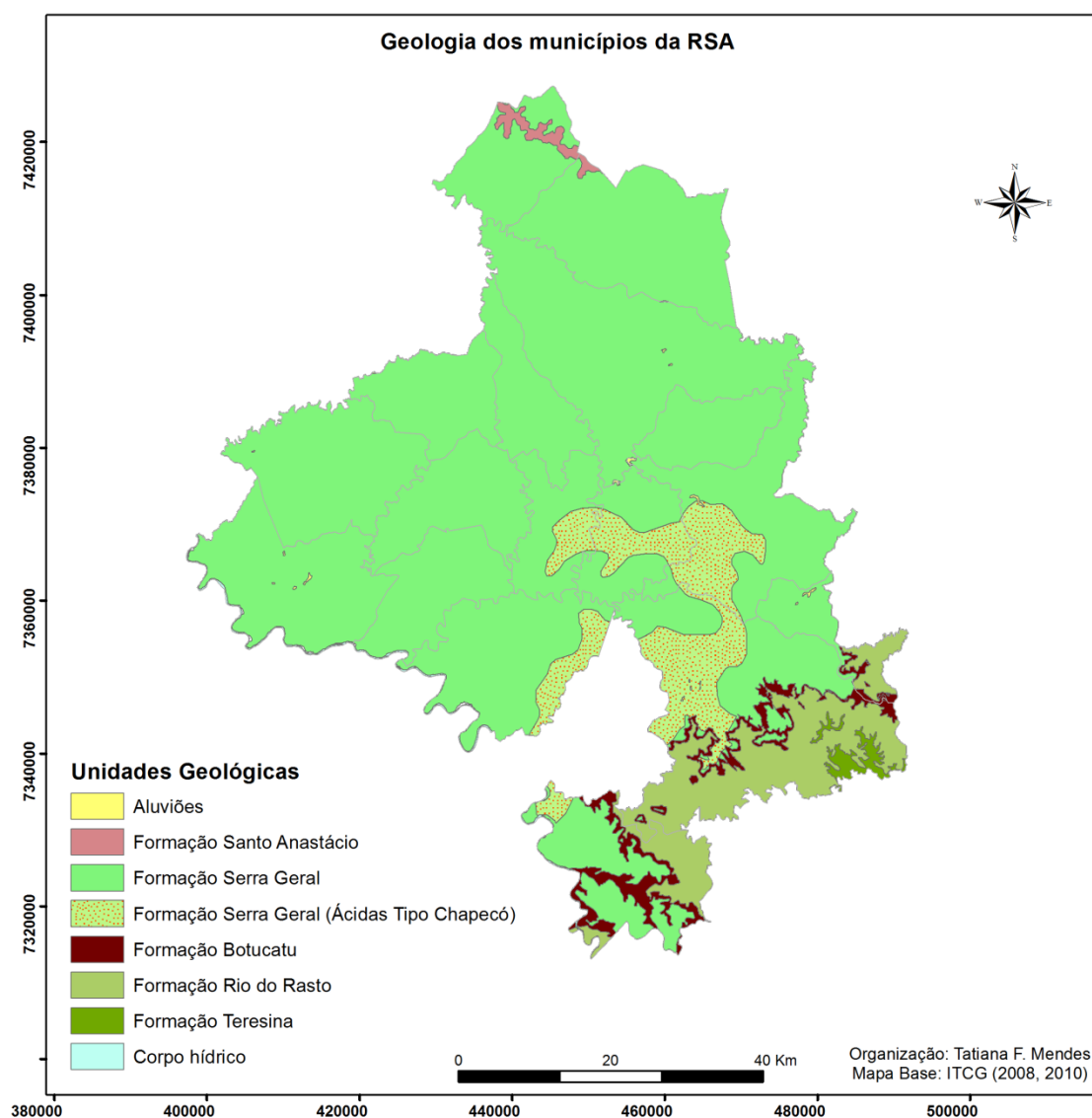


Figura 5: Formações geológicas dos municípios da RS. Fonte: MINEROPAR (2001).

● Grupo Passa Dois

- Formação Teresina

Constituída principalmente de ritmitos alternados de argilitos e folhelhos cinza-escuro, com siltitos e arenitos muito finos, ocorrendo na parte superior calcários, por vezes oolíticos, e leitos de coquina. No geral os calcários encontram-se silicificados (DNPM, 1984; PINESE et al., 2000; PINESE, 2002, p.33). Essa formação se difunde no sudeste do município de Faxinal. A idade atribuída à deposição dessa formação é o Neopermiano, devido ao conteúdo fossilífero predominante (MENDES, 1967 apud PINESE, 2002, p. 33).

- Formação Rio do Rasto

Esta formação ocorre no sul e sudeste da área de estudo, nos municípios de Faxinal, Grandes Rios e Mauá da Serra. É formada por arenitos e siltitos e, secundariamente argilitos. Possui estratificação predominantemente horizontal, podendo ocorrer também estratificações cruzadas. Tem idade neo-permiana-triássica (PETRI & FÚLFARO, 1983).

• Grupo São Bento

- Formação Piramboia/Botucatu

A Formação Piramboia tem ocorrência comum nos municípios de Faxinal, Grandes Rios e Mauá da Serra. Sua litologia é constituída de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados, siltico-argilosos, ocorrendo uma fina intercalação de argilitos e siltitos. Apresenta uma maior fração de argila na porção basal e, arenitos conglomeráticos com seixos de argila na parte superior (DNPM, 1984).

Segundo Pinese (2002, p.33), esta formação de idade triássica, apresenta como predominância uma estratificação plana paralela, com alternância de argila e silte ou, ainda expõe uma estratificação cruzada de dimensão média a grande, do tipo tangencial. Como constataram Petri & Fúlfaro (1983) os sedimentos desta formação “são do tipo de canais e de depósitos de transbordamento, formando ciclos recorrentes”.

A Formação Botucatu segundo DNPM (1984) consiste em arenitos avermelhados, com uma estratificação cruzada, planar e acanalada de grande porte, que por relações estratigráficas, atribui-se idade jurássica, visto que está abaixo dos derrames basálticos do Jurássico-Cretáceo. Segundo DNPM (1984) “as características litológicas e sedimentares da unidade indica uma deposição eólica em ambiente desértico, com desenvolvimento de rios meandantes e pequenas lagoas, sob condições climáticas oxidantes”.

- Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral, de idade cretáceo-jurássica, abrange a maior parte dos municípios da RSA, predominando de acordo com Leinz et al. (1966; 1968) um conjunto de basaltos toleíticos e, subordinadamente, segundo os trabalhos de Melfi et al. (1988), um conjunto de derrames de riolitos, dacitos e riodacitos” (PINESE, 2002; Pinese & Guimarães, 2018); esses últimos, segundo a Mineropar

(1989), quando associados às ocorrências de basaltos pórfiros, formam uma subunidade estratigráfica denominada de Membro Nova Prata. Porém Melfi (1988), Pinese (1989; 2002), Piccirillo et al (1990) e Nardy (1996), entre outros autores, classificam essa subunidade como “Ácidas Tipo Chapecó”. Esses conjuntos de derrames basálticos são intercalados com arenitos, possuindo as mesmas características da formação Botucatu, associando-se a eles corpos intrusivos, constituindo-se, especialmente, de diques e *sills* (PINESE, 2002).

Conforme Pinese et al. (2000, p. 21) o vulcanismo basáltico da Formação Serra Geral é um dos maiores do mundo e recobre quase toda a sequência sedimentar da Bacia do Paraná. No norte do Paraná, segundo Celligoi (1993, p. 65), a maioria das rochas vulcânicas e intrusivas são formadas, por piroxênios, do tipo augita e pigeonita, e, em relação aos feldspatos, por plagioclásios. Segundo Piccirillo et al. (1988), na composição química das rochas basálticas da Bacia do Paraná, predominam o óxido de silício ($\text{SiO}_2 = 50,82\%$), óxido de alumínio ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 13,96\%$), óxido de ferro ($\text{Fe-total} = 13,92\%$), óxido de cálcio ($\text{CaO} = 9,59\%$), óxido de magnésio ($\text{MgO} = 5,50\%$), óxido de sódio ($\text{Na}_2\text{O} = 2,41\%$ do peso), óxido de titânio ($\text{TiO}_2 = 2,31\%$ do peso), óxido de potássio ($\text{K}_2\text{O} = 0,99\%$ do peso) e óxido de manganês ($\text{MnO} = 0,22\%$).

● Grupo Caiuá

- Formação Santo Anastácio

A Formação Santo Anastácio ocorre em uma pequena área dos municípios de Arapongas e Sabáudia. Esta formação segundo Fernandes & Coimbra (1994) e Fernandes et al. (2007) é constituída por arenitos finos a muito finos, com fração siltica subordinada, essencialmente quartzosos, caracteristicamente maciços. As vezes exibem estratificação plano-paralela ou cruzada de baixa inclinação, mal definidas. Os arenitos são pobremente selecionados, com pequena quantidade de matriz silto-argilosa. A Formação Santo Anastácio, em alguns locais, exhibe o contato com basaltos da Formação Serra Geral.

● Aluviões

Os aluviões estão dispostos em planícies ao longo das drenagens e em pequenas depressões alveolares fechadas. Apresentam constituição variada,

predominando depósitos homogêneos areno-argilosos, com intercalações de bancos arenosos (MINEROPAR, 2001).

3.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A modelagem da atual superfície do Estado do Paraná foi processada pelos sistemas hidrográficos, movimentos epirogênicos e tectônicos, assim como pela influência de alteração do clima (MAACK, 1981, p. 387). Segundo o autor a maior parte da área do Paraná é constituída por três planaltos: Primeiro, Segundo e Terceiro Planalto Paranaense, que se inclinam suavemente para W, NW e SW.

Apenas três municípios da área de estudo encontram-se no Segundo Planalto, o restante encontra-se predominantemente no Terceiro Planalto (Figura 6). Estas duas subunidades morfoesculturais fazem parte da grande unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná.

No segundo planalto começa a região dos sedimentos paleozóicos e mesozóicos não perturbados por movimentos orogênicos, todavia suavemente inclinados para W, SW e NW. Apresenta-se como um planalto modelado em estruturas monoclinais e sub-horizontais. É limitado para leste pela escarpa Devoniana, com as rochas da base cristalina do Primeiro Planalto e, a oeste, com o Terceiro Planalto pela escarpa mesozóica (Serra Geral ou da Esperança), com os extensos e espessos derrames de rochas eruptivas básicas (MAACK, 1981, p. 419).

Segundo a subdivisão da Mineropar (2006), três municípios da área de estudo encontram-se nas sub-unidades morfoesculturais denominadas: Planalto de Santo Antônio da Platina, Planalto de Ortigueira, Planalto Cândido de Abreu e Planaltos Residuais da Formação Serra Geral, situadas no Segundo Planalto Paranaense.

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Santo Antônio da Platina, apresenta altitudes variando entre 440 (mínima) e 1.180 (máxima) m. s. n. m. (metros sobre o nível do mar), com uma classe de declividade predominante entre 12-30%. As formas predominantes são topos isolados, vertentes convexas e vales em “V”. A direção da morfologia é NW/SE, modelada em rochas da Formação Rio do Rasto (MINEROPAR, 2006, p.30).

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Ortigueira apresenta altitudes variando entre 720 (mínima) e 900 (máxima) m. s. n. m. As formas

predominantes são topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V”. A direção geral da morfologia é NW/SE, modelada em rochas da Formação Rio do Rastro. A classe de declividade predominante é menor que 12% em uma área de 24,26 km².

A sub-unidade morfoescultural Planalto Cândido de apresenta um gradiente de 310 metros com altitudes variando entre 450 (mínima) e 760 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos isolados, vertentes convexas e vales em calha de fundo chato, modeladas em rochas da Formação Rio do Rastro.

A sub-unidade morfoescultural Planaltos Residuais da Formação Serra Geral apresenta um gradiente de 600 metros com variações entre 620 (mínima) e 1.220 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos alongados e aplainados, vertentes convexo-côncavas e vales em “V” aberto, em rochas da Formação Rio do Rastro.

O Terceiro Planalto representa o plano de declive que forma a encosta da escarpa da serra Geral do Paraná, sendo denominada geograficamente serra da Boa Esperança, e geologicamente escarpa mesozóica. Esta escarpa é constituída por estratos do arenito Botucatu, com espessos derrames de lavas básicas da Formação Serra Geral (MAACK, 1981, p. 419). Esta unidade desenvolve-se como um conjunto de relevos planálticos, subdivididos pelos principais afluentes do rio Paraná.

A maior parte dos municípios da área de estudo encontram-se no Terceiro Planalto, nas seguintes sub-unidades morfoesculturais propostas pela Mineropar (2006): Planalto de Londrina, Planalto de Maringá, Planalto de Apucarana, Planalto de Pitanga/Ivaiporã e Planalto de Campo Mourão.

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Londrina, apresenta altitudes variando entre 340 (mínima) e 980 (máxima) m. s. n. m., com uma classe de declividade predominante menor que 12%. As formas predominantes são topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”, modeladas em rochas da Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2006, p.30; Pinese & Guimarães, 2018).

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Maringá apresenta um gradiente de 400 metros com altitudes variando entre 340 (mínima) e 740 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”, modeladas em rochas da Formação Serra Geral. A classe de declividade predominante é menor que 6%.

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Apucarana. A classe de declividade predominante está entre 6-12% em uma área de 1.373,12 km². Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 620 metros com altitudes variando entre 300 (mínima) e 920 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. A direção geral da morfologia é NW/SE, modelada em rochas da Formação Serra Geral.

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Pitanga/Ivaiporã, apresenta altitudes variando entre 320 (mínima) e 480 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”. A classe de declividade predominante é menor que 6%.

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Campo Mourão, apresenta um gradiente de 340 metros com altitudes variando entre 260 (mínima) e 600 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha, modeladas em rochas da Formação Serra Geral. A classe de declividade predominante é menor que 6%.

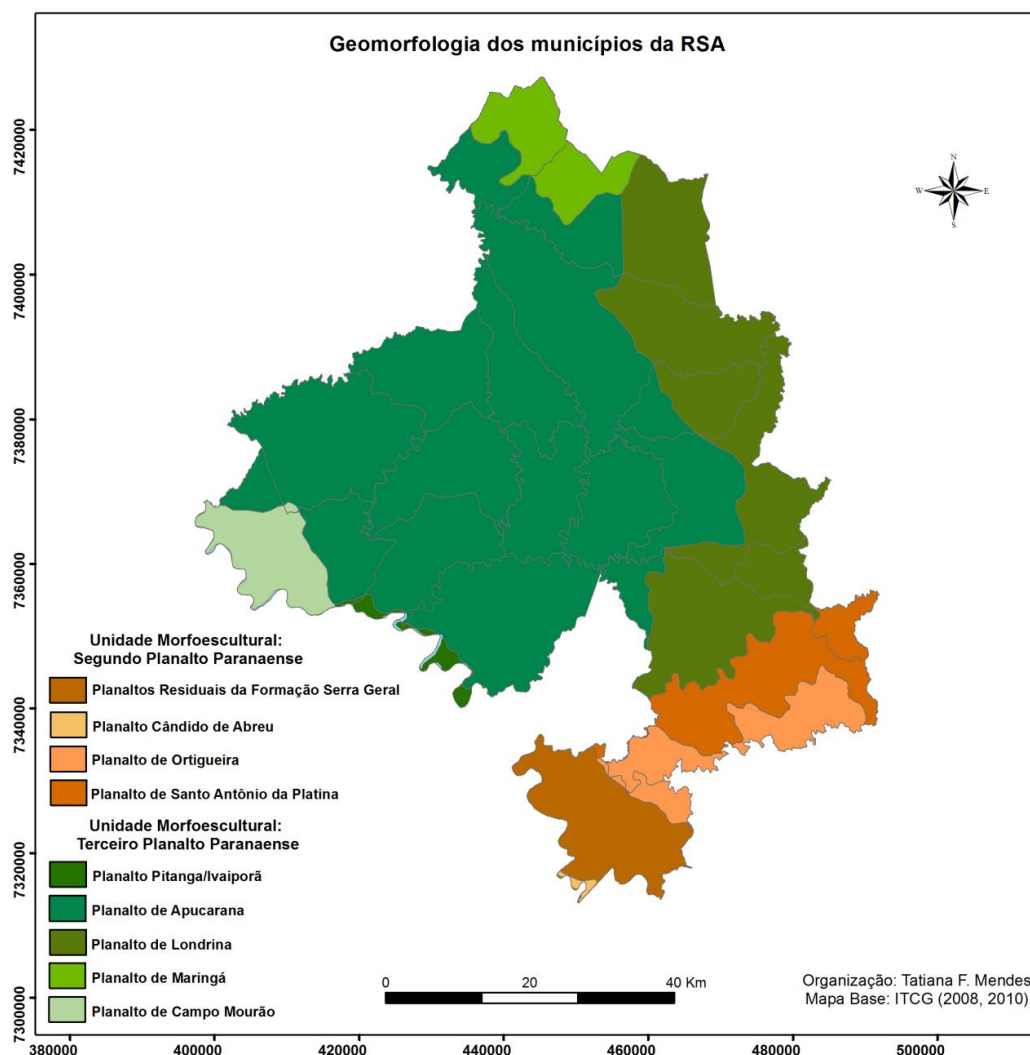


Figura 6: Geomorfologia da RSA. Fonte: MINEROPAR (2006).

3.3 VEGETAÇÃO

A vegetação natural dominante na área de estudo segundo Maack (1981) era a Mata pluvial tropical, sendo essa uma variação da mata pluvial-tropical do litoral, rica em palmeiras, destacando-se a *Euterpe edulis*, conhecida como palmito. A gradativa transição para o caráter subtropical relaciona-se à altitude, ocorrendo a formação das matas de araucária (*Araucaria angustifolia*) acima de 500 m. As espécies que dominavam as matas eram três: *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg., conhecida como peroba, que chega a atingir 40 m de altura; em segundo as várias espécies de meliáceas, conhecidas como cedro; e por último diversas espécies de lauráceas, conhecidas como canelas, entre outras espécies abundantes como a massaranduba (*Manikara* sp. e *Lucuma procera* Mart.), que

chega a 50 m de altura; alguns tipos de louro (*Cordia alliodora* Cham. e *Cordia* sp.); as grandes árvores jataí ou jatobá (*Hymenaea* sp.) que crescem nas matas das encostas das margens de rios do Terceiro Planalto Paranaense; entre as leguminosas mais numerosas tem-se o alecrim (*Holocalyx glaziovii* Taub.); entre as bignoniáceas distingui-se a *Tabebuia* sp. (ipê), representadas em todas as matas dos planaltos; o pau d'alho (*Gallesia gorarema* (Vell.) Moq.), com 30 m de altura, era o símbolo dos solos férteis.

Segundo Barros & Mendonça (2000) o Estado do Paraná apresentava áreas com matas nativas em torno de 84% em 1895, e em 1987 detinha apenas uma estimativa de 2,5%, fato esse observado também na área de estudo, que sofreu um intenso processo de fragmentação ao longo do século XX. O Norte do Paraná por possuir solos férteis e uma elevada aptidão agrícola, bem como condições climáticas favoráveis a lavoura, sofreu um intenso desmatamento após as décadas de trinta e quarenta. As Matas pluviais foram substituídas inicialmente por cafezais, nos interflúvios, e por pastagens e demais culturas nas áreas baixas dos vales fluviais, predominando atualmente as culturas temporárias e a pecuária. As culturas mais importantes são a soja, o milho, o trigo e a cana de açúcar, havendo ainda pastagens.

Hoje a paisagem é formada por pequenos fragmentos de matas, ocorrendo de forma mais significativa a presença de matas natural/secundária a oeste do Rio Tibagi, somando apenas 2-4% da área antes ocupada por matas (TOREZAN, 2002, p.105), ou seja, a vegetação natural e ou secundária é quase inexistente.

A distribuição das matas nativas era a expressão de um equilíbrio natural em relação aos fatores climáticos e à qualidade dos solos, contudo com o intenso desmatamento, sem a presença de áreas preservadas, conforme (MAACK, 1981, p. 267), “o equilíbrio natural entre temperatura e umidade é rapidamente perturbado, diminuindo-se a umidade em favor da temperatura”. Esse fenômeno exerce papel de suma importância na química do solo e, principalmente, na regulação da circulação da água em determinadas regiões.

Ainda segundo (MAACK, 1981, p.267), com a denudação, o solo sofre a ação direta das chuvas e, com a erosão há a retirada dos componentes mais essenciais do solo, conduzindo “à lixiviação das camadas superiores da terra, relacionada com a perda das partículas nutritivas e com a condensação do subsolo

em maior profundidade”. Por essa razão resulta uma redução do depósito da água no solo, provocando escoamentos superficial e subterrâneo, mais rápidos e elevados. A lavagem intensa dos solos que acompanha as precipitações transporta um volume enorme de sedimentos, juntamente com outras impurezas, de origem humana e animal, aos córregos e rios, não havendo tempo suficiente para a purificação da água corrente. Ocorre assim, um assoreamento dos cursos de água e a deterioração dos mananciais cujas águas abastecem as cidades e se prestam a outros usos (BESSA JR, 2010).

3.4 HIDROGRAFIA E HIDROGEOLOGIA

As águas superficiais da área investigada ocupam três importantes bacias hidrográficas do Paraná: Tibagi, Pirapó e Ivaí (Figura 7).

O rio Tibagi é o principal tributário da margem esquerda do rio Paranapanema, conjunto esse que faz parte da bacia do rio Paraná. A organização da rede de drenagem rio Tibagi nesta região se dá de forma subdendrítica, segundo (COIMBRA, 2000, p.52), com “direções fluviais, frequentemente, concordando com as direções da bacia do Paraná, ENE-WSW, pré-basálticas; NNW-SSE, pós-basálticas e; NNW-SSE/ENE-WSW, pós-cretácias”, e segundo Freitas (1995 apud COIMBRA, 2000) aponta essas como “concordantes com as direções do escudo brasileiro”.

O rio Pirapó tem sua origem em Apucarana, percorrendo 168 km até o rio Paranapanema. Contribuem para a bacia aproximadamente 60 tributários diretos, sendo o maior afluente, o rio Bandeirantes do Norte, cuja nascente está em Arapongas (MAACK, 1981, p. 400).

A bacia hidrográfica do rio Ivaí abrange uma área de 35.845 km². Formam suas nascentes o rio dos Patos, próximo de Inácio Martins, na serra da Boa Esperança, e o rio São João, ao norte e nordeste de Bananas, no terceiro planalto. O rio Ivaí acompanha paralelamente a frente do degrau da serra da Boa Esperança (Serra Geral) até a embocadura do rio Alonzo, destacando da escarpa do terceiro planalto os morros testemunhos, mesetas e as longas cadeias de mesetas de camadas gondwânicas.

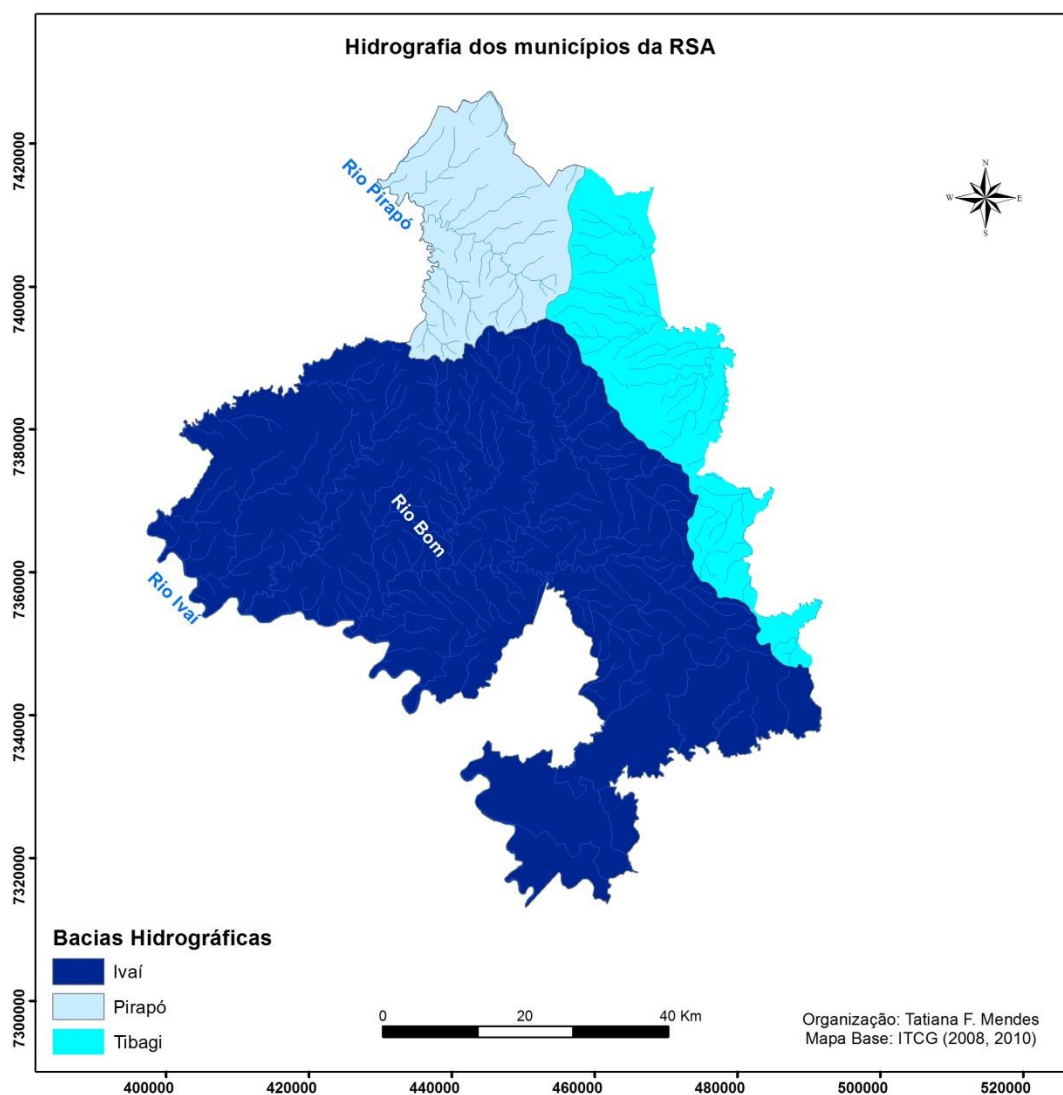


Figura 7: Hidrografia da RSA. Fonte: SUDERHSA (2009) e ITCG (2010).

A água subterrânea no Norte do Paraná encontra-se em cinco tipos de unidades aquíferas: Serra Geral, Guarani, Caiuá, Paleozóica Superior e o Aquífero Freático (Figura 8).

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) se aloja nas rochas basálticas da Formação Serra Geral, ficando o modo de ocorrência da água subterrânea restrito às zonas de descontinuidade física das rochas (CELLIGOI, 1993, p. 24). Neste aquífero a água é armazenada e conduzida por diaclases, fissuras e regiões onde o basalto possui uma estrutura amigdaloidal (PINESE et al., 2000, p. 28). O SASG “pelas suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas” (CELLIGOI, 1993, p. 24). Para servir-se dessa água é preciso a perfuração de

poços, que variam de 80 a 200m de profundidade, podendo chegar a atingir vazões acima de 30m³/hora (PINESE et al., 2000, p. 28).

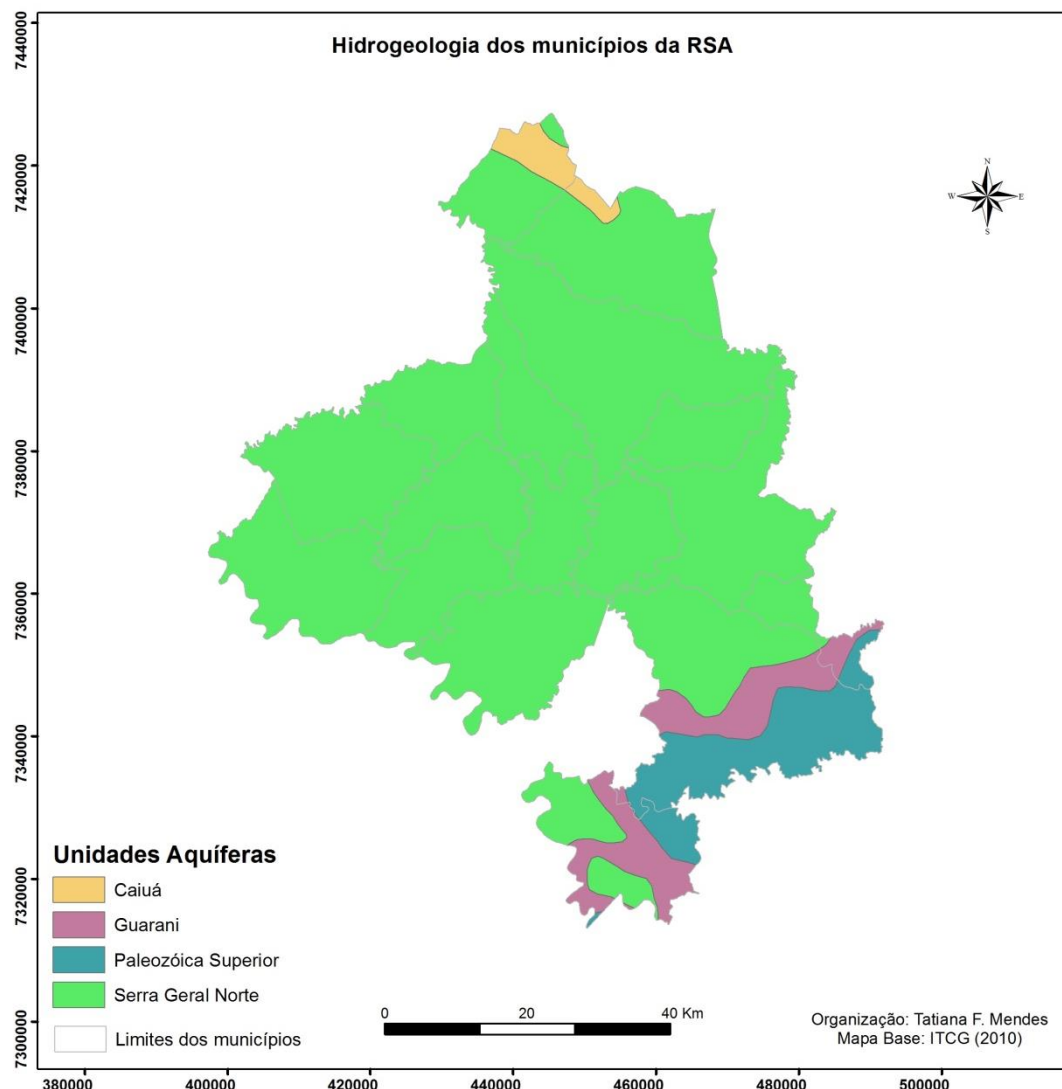


Figura 8: Hidrogeologia da RSA. Fonte: SUDERHSA (2008) e ITCG (2008).

O Sistema Aquífero Guarani corresponde aos arenitos da Formação Botucatu. Segundo Mendes et al. (2002, p. 8) abrange uma área de aproximadamente 138.000 km² no Estado do Paraná, encontrando-se em sua maior parte confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral (80% da área de ocorrência), com uma zona de recarga restringindo-se a uma estreita faixa aflorante, com largura média de 10 km, situada na porção oriental do Terceiro Planalto Paranaense. Todavia, o referido aquífero não é escopo deste trabalho.

O Aquífero Caiuá “constitui-se em um sistema aquífero poroso livre em toda a sua extensão, em virtude de suas características intrínsecas de rochas sedimentares e da sua boa porosidade” (CELLIGOI & DUARTE, 1998).

A Unidade Aquífera Paleozóica Superior, que abrange uma pequena região sul da RSA, compreende as rochas das Formações Terezina e Rio do Rasto, representada principalmente por argilitos, folhelhos, lamitos, siltitos, calcários e arenitos e calcarenitos. Além destes aquíferos, nas interfácies de regolito/rocha encontra-se o aquífero freático.

Os recursos hídricos no Paraná enfrentam um grande problema com relação à qualidade das águas para abastecimento das áreas urbanas, tanto dos sistemas superficiais como subterrâneos. Essas águas têm recebido o despejo de esgotos domésticos não tratados, lixo sem destino adequado e descarga de substâncias tóxicas industriais que comprometem o abastecimento público e aumentam os custos do tratamento. Os rios de áreas rurais estão sujeitos a outros impactos, diretamente relacionados ao lançamento de agrotóxicos e fertilizantes, a poluição por dejetos de animais, construção de barragens, erosão de solos, fatores estes que implicam na redução da biodiversidade aquática e afetam a saúde humana (BESSA JR, 2010).

3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS

Ao se analisar o contexto geográfico da RSA, deve-se conhecer os principais tipos de solos que predominam na região, pois as propriedades físico-químicas dos tipos de solos podem estar relacionadas de alguma maneira com os resultados das análises químicas das águas.

Os principais tipos de solos nos municípios da região da RSA segundo Bhering & Santos (2008) são: ARGISSOLOS, LATOSSOLOS, NEOSSOLOS e NITOSSOLOS (Figura 9).

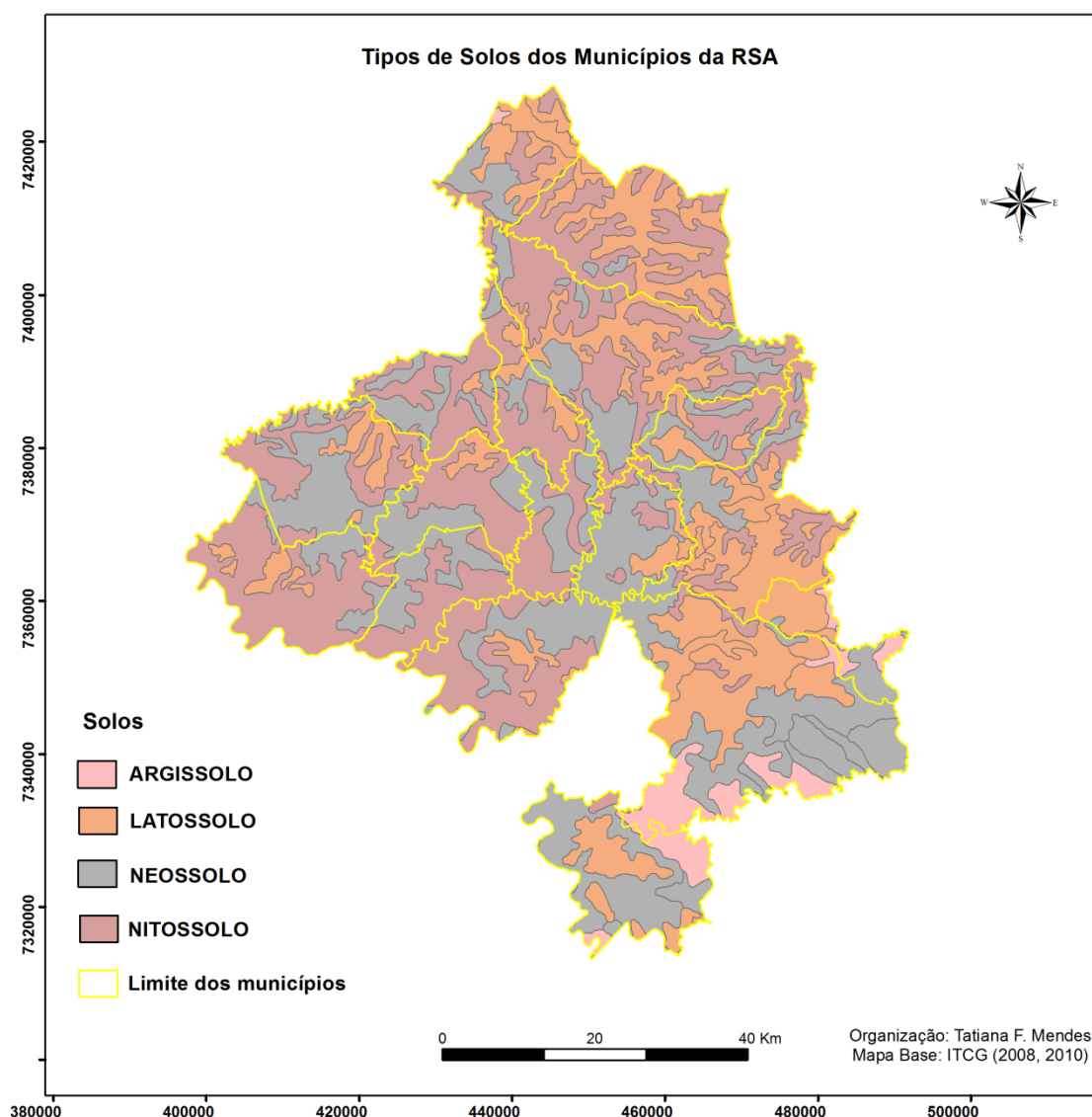


Figura 9: Tipos de solos dos municípios da RSA. Fonte: Bhering & Santos (2008).

Os ARGISSOLOS presentes nos municípios da RSA são do tipo VERMELHO e VERMELHO-AMARELOS, com variedades distróficas típicas, distróficas abruptas e álicas, respectivamente, com a textura variando de arenosa/média a média/argilosa (BHERING & SANTOS, 2008). Os ARGISSOLOS são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, imediatamente abaixo do A ou E, com argila tanto de atividade baixa quanto alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico (STIPP, 2000a, p.67; EMBRAPA, 2006). A transição dos horizontes A e B são bastante nítidas. Segundo Stipp (2000b, p.71) esses solos ocorrem tanto nas partes baixas da paisagem acompanhando os canais de drenagem natural, como também em alguns casos nas partes altas. Predominam em relevo suave ondulado a ondulado.

Um dos tipos de solos que abrange vários municípios da área investigada são os LATOSSOLOS VERMELHOS, com variedades distroférica, que predomina, eutroférica, e distrófica e textura argilosa (BHERING & SANTOS, 2008). Os LATOSSOLOS são solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo do horizonte A. São solos muito evoluídos, em função de enérgicas transformações sofridas pelo material de origem. Em consequência, predominam na sua constituição os óxidos de ferro e de alumínio e, minerais de argila do grupo da caulinita (1:1). Devido a estes solos terem uma alta estabilidade, juntamente com uma alta porosidade, boa permeabilidade e o relevo suave ondulado, eles possuem uma elevada resistência à erosão (BOGNOLA et al., 2002).

Outro tipo de solo que ocorre na área de estudo são os NEOSSOLOS LITÓLICOS, com variedades eutroférica, que predomina, e distroférica, com textura média a argilosa (BHERING & SANTOS, 2008). Esta classe de solos é constituída por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso. São solos jovens e rasos de espessura, possuindo horizonte A diretamente sobre a rocha consolidada, ou um horizonte C pouco espesso. Ocorrem tanto em relevo suave ondulado e escarpado, como em relevo fortemente ondulado e montanhoso. São originados de diferentes materiais, sendo que no Paraná são formados principalmente por rochas eruptivas básicas e intermediárias, rochas ígneas ácidas, folhelhos, filitos e arenitos (STIPP, 2002).

Os NITOSSOLOS VERMELHOS do tipo Eutroféricos, ou seja, com alta fertilidade natural, se destacam na área de estudo, ocorrendo em vários municípios. Em poucas áreas ocorre a variedade distroférica. São solos minerais, não hidromórficos, bem drenados, profundos, com presença de horizonte B nítico, ou seja, apresenta cerosidade com pequeno gradiente textural, com sequência de horizontes A, Bt, C e textura argilosa (BOGNOLA et al., 2002). São solos ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio e derivados de rochas eruptivas básicas (STIPP, 2000a).

3.6 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Segundo Mendonça (2000a, p.29) a área de estudo está situada numa zona de transição climática entre os climas dominados por sistemas inter-tropicais

ao norte e sistema extra-tropical ao sul. Segundo Mendonça (2000a, p.29) esta característica de área de transição climática no Norte do Paraná, é

[...] um reflexo da intensidade dos mecanismos frontogenéticos normalmente observáveis no âmbito regional. Na altura de sua posição latitudinal e também por influência do relevo do continente, o ar polar que se desloca genericamente de sul/sudeste, disputa intensamente com o ar tropical/equatorial, de deslocamento norte/nordeste, o domínio da atmosfera da região (Mendonça, 2000a, p.29).

Na área de estudo os agentes controladores da dinâmica atmosférica regional e local são os seguintes:

Tabela 3: Dinâmica atmosférica da área de estudo.

Centro de ação	Sistema atmosférico
Doldum – Amazônia	MEa - Massa/Sistema Equatorial Continental
Anticiclone do Atlântico	MTa - Massa/Sistema Tropical Atlântica
Depressão do Chaco	MTc - Massa/Sistema Tropical Continental
Anticiclone Migratório Polar	MPa - Massa/Sistema Polar Atlântica
Anticiclone do Atlântico	FQ - Frente Quente
Anticiclone Migratório Polar	FF – Frente Fria

Fonte: adaptado de Mendonça (2000b, p.97).

Segundo Mendonça (2000b, p. 98) o principal controlador da dinâmica atmosférica na área de estudo é a Mta (Massa/Sistema Tropical Atlântica), tendo a MPa (Massa/Sistema Polar Atlântica) associada a última, como segundo sistema mais importante a agir no clima da região, principalmente no inverno, quando ocorre redução pluviométrica, higrométrica e térmica.

O tipo de clima que prevalece é o Cfa - subtropical mesotérmico com verão quente, geadas pouco frequentes, úmido em todas as estações, conforme a classificação climática de W. KOPPEN (MENDONÇA, 2000b; MENDONÇA, 2002; FRANÇA, 2002). Segundo Mendonça (2000, p. 146) o mês de julho, o mais frio desta área, apresenta uma temperatura média mínima mensal entre 10° e 13°, ocorrendo também temperaturas negativas. O mês mais quente do ano corresponde ao de Fevereiro, apresentando temperatura média máxima entre 28°C e 31°C, alcançando, as vezes, os 40°C. Há uma distribuição de chuvas pelo ano todo, com relativa estiagem nos meses de inverno, no entanto sem uma estação seca definida, apresentando uma concentração pluviométrica no verão, período esse cujas

temperaturas médias mensais encontram-se maiores que 28° C. A média anual de precipitação na área de estudo varia entre 1400 e 1800 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). Segundo Rosa Filho et al. (2010, p.99) “a principal fonte de recarga dos aquíferos paranaenses é a precipitação sob a forma de chuvas”.

4 MÉTODO E METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos dessa pesquisa buscaram uma articulação entre ambiente e saúde, por meio da identificação de indicadores integrados, em um modelo denominado Matriz, desenvolvida por CORVALAN et al. (2000). Esse modelo leva em consideração o ciclo de relacionamento no processo entre dinâmica econômica e social, e a resposta ambiental e saúde humana.

É necessário um estudo que permita observar a distribuição desigual de situações de risco e dos problemas de saúde, para compreender e atuar sobre as condições de saúde da população, com dados demográficos, socioeconômicos e ambientais, promovendo a integração dessas informações. Uma abordagem integrada considera os indicadores como elementos interdependentes, já que, na prática, estão referidos a uma realidade dinâmica, em que diversos aspectos interagem (BARCELLOS, 2002).

Os principais objetivos do uso do sistema de informação sobre meio ambiente e saúde são monitorar a saúde ambiental, verificar a qualidade da gestão da saúde ambiental, servir de referência para definir áreas de priorização, fornecer um retrato coerente da situação e melhorar o acesso do público à informação (BRIGGS, 2000).

O modelo ecológico orientou o estudo na Regional de Saúde de Apucarana. Nos estudos ecológicos, compara-se a ocorrência da doença relacionada à saúde e a exposição de interesse entre agregados de indivíduos para verificar a possível existência de associação entre elas (LIMA-COSTA & BARRETO, 2003).

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos, foi realizada uma caracterização da qualidade das águas que servem de consumo à população da Regional de Saúde de Apucarana, bem como o estudo da distribuição das neoplasias e a construção de indicadores de saúde ambiental.

A análise dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas e superficiais teve como objetivo avaliar os riscos ambientais para a saúde humana, provocados por possíveis anomalias hidrogeoquímicas, assim como correlacionar os padrões de anomalias hidrogeoquímicas com os padrões de incidência de neoplasias da população local.

Foi realizado um levantamento da área de estudo através de mapas e cartas topográficas da Região Norte do Paraná, abrangendo os municípios de Apucarana, Arapongas, Bom Sucesso, Borrazópolis, Califórnia, Cambira, Faxinal, Grandes Rios, Jandaia do Sul, Kaloré, Marilândia do Sul, Marumbi, Mauá da Serra, Novo Itacolomi, Rio Bom, Sabáudia e São Pedro do Ivaí. Posteriormente, foram confeccionados mapas representando as características físicas da RSA:

➤ Confeção do mapa das Formações geológicas, hidrografia, hidrogeologia, geomorfologia e tipos de solos dos municípios da RSA: foram usados mapas do Paraná que estão em formato shapefile (*.shp), disponíveis no site do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG), utilizando-se o software ArcView (9.x) da ESRI. Para tanto, foi realizada uma sobreposição dos layers:

- Municípios da RSA e Unidades Geológicas do Paraná, para a confecção do mapa das Formações geológicas.
- Municípios da RSA, Hidrografia e Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná, para a confecção do mapa de hidrografia.
- Municípios da RSA, Unidades Aquíferas do Estado do Paraná, para a confecção do mapa de hidrografia.
- Municípios da RSA e Unidades Geomorfológicas do Estado do Paraná, para a confecção do mapa geomorfológico.
- Municípios da RSA e Tipos de Solos do Estado do Paraná, para a confecção do mapa de solos.

4.1 PROCEDIMENTOS DAS COLETAS E ANÁLISES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS NA RSA

4.1.1 Trabalho de Campo

As amostras de águas superficiais e subterrâneas foram coletadas no mês de agosto e início de setembro de 2018, portanto em um período com índices pluviométricos menores. No total foram coletadas 85 amostras de águas, 23 superficiais e 62 subterrâneas na RSA (Figura 10).

As amostras de águas coletadas são utilizadas para consumo humano na área urbana e rural, ofertada à população pela Companhia de Saneamento do

Paraná (SANEPAR) em sua grande maioria. Somente nos municípios de Kaloré e Marumbi há a atuação do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) no abastecimento de água para a população. Em alguns municípios da RSA, mesmo com a atuação da Sanepar, há distritos que não são operados pela mesma, ficando a gestão (ou não) dos poços e/ou minas com as prefeituras.

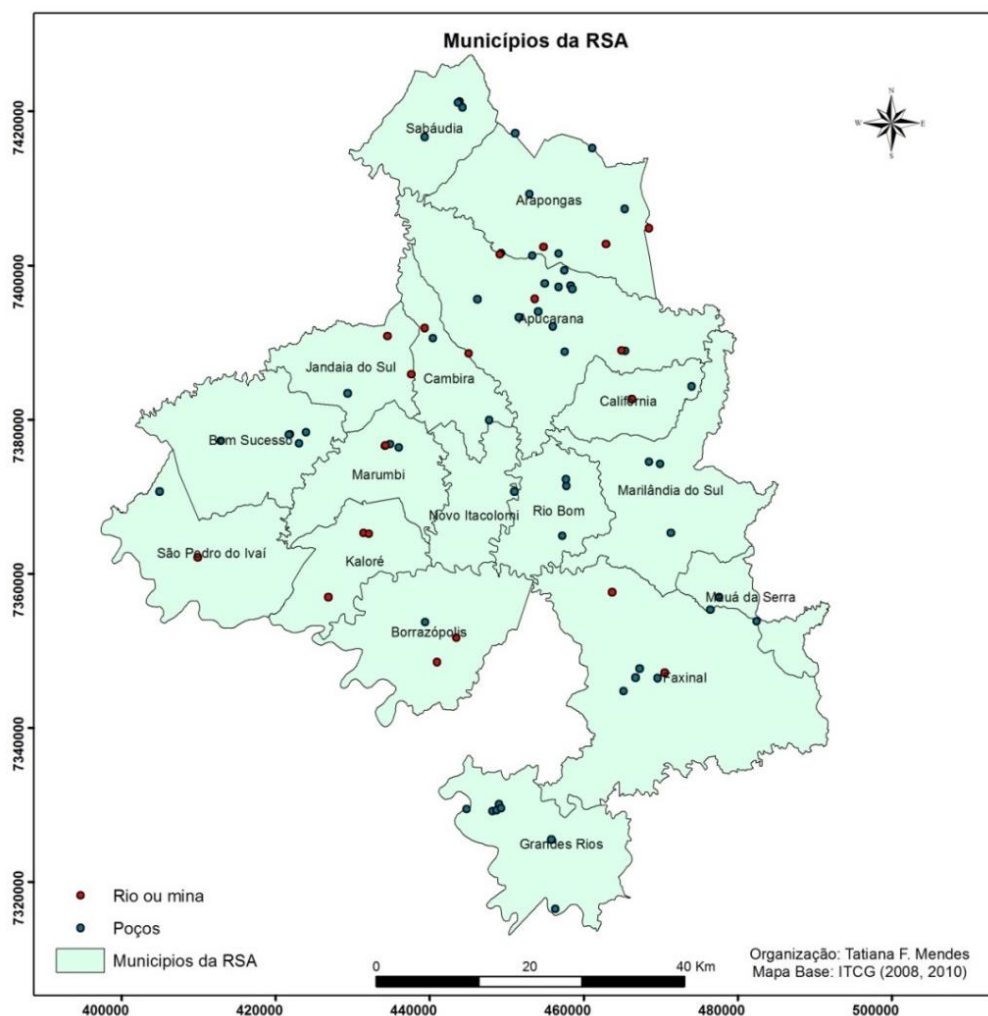


Figura 10: Localização dos municípios e das amostras de águas superficiais e subterrâneas coletadas na RSA.

Para a coleta sistemática de amostras de água, que é utilizada para abastecimento público, nos poços de água subterrânea, nos rios e minas, foram utilizados os seguintes materiais:

- Recipientes de polietileno incolor de 1000 ml;
- Aparelho GPS para a obtenção das coordenadas geográficas dos pontos amostrados;

- Medidor multiparâmetro Horiba para a obtenção dos seguintes parâmetros físico-químicos da água *in situ*: pH, temperatura, condutividade, turbidez e sólidos totais dissolvidos;

- Máquina digital para o registro de cada ponto amostrado.

Para tanto, foi necessário seguir algumas técnicas conforme Santos (1997, p.82):

- Foi identificada cada garrafa de polietileno com um código na tampa e no próprio recipiente, para facilitar as análises laboratoriais;

- Os frascos foram lavados várias vezes com a água a ser coletada;

- Na coleta d'água, foi retirado um volume d'água correspondente, no mínimo, a três vezes o volume d'água dentro da obra de captação, porque parte da coluna d'água contém uma mistura de água estagnada e água do aquífero.

Foram anotadas as características do local, como a geologia, tipo de solo e vegetação, registro fotográfico, bem como quaisquer anormalidades com a amostra coletada e, identificado a estação de amostragem no campo para facilitar verificações e possíveis reamostragens.

4.1.2 Análises Químicas Multielementares das Águas Subterrâneas e Superficiais

Após a coleta, foi adicionado HNO_3 10% nas amostras de água para manter o pH menor do que 2, preservando os elementos químicos nas amostras, que foram acondicionadas em uma geladeira no Laboratório de Geologia da UEL. Posteriormente, foi realizada a filtração por empuxo em membrana de celulose Millipore de 0,45 μm de poro, fazendo-se o uso de um Becker de 500 ml e de um Kitasato. As amostras filtradas foram colocadas em frascos de polietileno incolor de 10 ml, previamente descontaminados com HNO_3 10% e lavados com água deionizada e descontaminada através do sistema Mili-Q. Em seguida, as amostras foram analisadas no MP-AES (Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma por Microondas), no Laboratório Espectroscopia da Central Multiusuária de Laboratórios de Pesquisa (CMLP) da PROPPG/Uel no departamento de Química da UEL, para a determinação da concentração de: alumínio (Al), bário (Ba), cádmio (Cd), cálcio (Ca), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), estrôncio (Sr), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni), potássio (K) e zinco (Zn) [veja Apêndice 1].

Os elementos Cádmio, Cobre e Níquel não foram determinados nas amostras das águas, devido às concentrações estarem abaixo do limite de detecção

do equipamento utilizado, não podendo, desta forma, ocorrer a espacialização destes elementos.

4.1.3 Interpretação dos Dados Hidrogeoquímicos

A análise espacial dos dados hidrogeoquímicos, foi realizada por meio de mapas de interpolação de dados. Para tal, foi utilizado o software *Surfer 11*, adotando-se no cálculo da interpolação, o método geoestatístico de krigagem ordinária. A geoestatística calcula estimativas dentro de um contexto regido por um fenômeno natural com distribuição no espaço e, desse modo, supõe que os valores das variáveis, consideradas como regionalizadas, sejam espacialmente correlacionados. Por essa metodologia é possível efetuar estimativas e simulações de variáveis em locais não amostrados (LOURENÇO & LANDIM, 2005).

A krigagem é um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, e/ou no tempo, a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma (LANDIM, 2003).

A análise estatística permitiu definir os valores mínimos, máximos, as médias e o desvio padrão das 85 amostras para cada elemento químico para as águas superficiais e subterrâneas.

A análise das frequências dos valores encontrados de cada elemento químico foi obtida por meio de histogramas confeccionados no *Statistica 10*.

4.2 PROCEDIMENTOS REFERENTES AOS DADOS DE NEOPLASIAS E INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL NA RSA

A Coleta dos dados de saúde da população dos municípios da área de estudo teve como objetivo identificar os tipos de neoplasias de maior ocorrência, ligadas ao excesso ou carências de elementos químicos no organismo e/ou a fatores socioambientais, que afetam a população local.

4.2.1 Neoplasias na RSA

Foram confeccionados tabelas, gráficos e mapas sobre a incidência de neoplasias na Regional de Saúde de Apucarana coletados no site do DATASUS no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM):

- Tabela com o total de óbitos por neoplasias, por faixa etária e por sexo, dos municípios da RSA, no período de 2008 a 2017.
- Percentual de óbitos por neoplasias entre os municípios da RSA, Brasil e Paraná, no período de 2008 a 2017.

Método de cálculo:

$$\frac{\text{Número de óbitos de residentes por grupo de causas}}{\text{Número total de óbitos de residentes}} \times 100$$

Deste modo, tem-se medida a participação relativa dos grupos de causas de morte no total de óbitos.

- Taxa de mortalidade específica por neoplasias dos municípios da RSA, Brasil e Paraná, no período de 2008 a 2017.

Método de cálculo:

$$\frac{\text{Número de óbitos de residentes por neoplasias}}{\text{População total residente do ano considerado}} \times 100.000$$

Deste modo, tem-se o número de óbitos por neoplasias, por 100 mil habitantes, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado. Esta taxa retrata a incidência dessas doenças na população e estima o risco de morte por neoplasias, dimensionando a sua magnitude como problema de saúde pública (RIPSA, 2008).

- Mapas mostrando a espacialização da taxa de mortalidade por neoplasias dos municípios da RSA, para os anos de 2008, 2012 e 2017.

- Mapa da taxa de mortalidade média por neoplasias, para o período de 2008 a 2017 da RSA.
- Mapa da taxa de mortalidade média por neoplasias dos tipos de maior ocorrência na RSA, no período de 2008 a 2017.
- O mapa com a divisão política administrativa da RSA foi obtida por meio da utilização do mapa do Paraná, disponível no site do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG).
- A análise estatística permitiu definir o valor mínimo, o percentil 25, a mediana, o percentil 75, e o valor máximo das taxas de mortalidade por neoplasias dos municípios da regional.
- Os mapas foram confeccionados no software ArcView (9.x) da ESRI.

4.2.2 Indicadores de Saúde Ambiental

A construção dos indicadores de saúde ambiental da RSA foi elaborada conforme a matriz “FPSEEA” (BRASIL, 2011), segundo a proposta em CORVALÁN et al. (1996), CORVALÁN et al. (2000) e CARNEIRO (2006), a saber.

➤ **Força Motriz:**

Para este componente da matriz se utilizou o Índice de Gini, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM), a proporção de vulneráveis à pobreza, taxa de crescimento populacional, a taxa de urbanização, renda média domiciliar *per capita* (R\$ 1,00). O Índice de Gini e a proporção de vulneráveis à pobreza foram obtidos na base de dados (BDEweb) do IPARDES, do ano de 2010. A taxa de crescimento populacional, a taxa de urbanização e a renda média domiciliar *per capita* estão de acordo com o Censo Demográfico IBGE 2010.

➤ **Indicadores de pressão:**

Foram utilizadas as taxas por 100.000 habitantes referentes aos seguintes indicadores: à frota de veículos de 2017, conforme o IBGE cidades; estabelecimentos agropecuários que produzem lavoura permanente e/ou temporária de acordo com o Censo Agropecuário de 2017, disponibilizado no site do IBGE cidades; indústrias extrativas e de transformação, obtido no site da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), Ministério da Economia, para o ano de 2017.

➤ **Indicador de exposição:**

Nesse componente se utilizou a taxa do volume de agrotóxico comercializado para cada município. Esses dados são expressos em toneladas, provenientes do Sistema de Controle do Comércio e Uso de Agrotóxicos no Estado do Paraná – SIAGRO, pelo qual as empresas comerciantes declaram as vendas destes insumos para os produtores paranaenses. Os dados são referentes ao ano de 2017, pois no site não estão disponibilizados dados dos anos anteriores.

➤ **Indicadores de efeito:**

Foram utilizados o percentual de óbitos por neoplasias, a taxa média de mortalidade por neoplasias e a taxa média de mortalidade dos tipos de maior mortalidade, a saber, neoplasia dos brônquios e pulmões, estômago, próstata e mama, dos municípios da RSA, no período de 2008 a 2017.

➤ **Indicador de situação:**

Não foi possível a correlação dos dados sobre a geoquímica da água dos municípios com os outros indicadores por não haver uma constante que pudesse resultar em um valor médio por município de cada elemento químico, com a diferenciação por água subterrânea e superficial.

➤ **Indicador de ação:**

A existência de Centros de Saúde/Unidades básica de Saúde (UBS) foi utilizada para esse indicador de ação. A UBS realiza atendimentos de atenção básica e integral da população. As assistências oferecidas nesses centros de saúde são importantes ferramentas que podem contribuir para a promoção da saúde, oferecendo serviços auxiliares de diagnose e terapia. Os dados foram obtidos na base de dados (BDEweb) do IPARDES, do ano de 2017.

A análise estatística permitiu definir o percentil 25, a mediana, o percentil 75, o valor máximo e o desvio padrão dos indicadores de saúde ambiental dos municípios da RSA.

4.2.3 Análise Espacial - Estatística de Moran

Em análise geoespacial, o espaço pode ser concebido também como um conjunto de vizinhanças. Quando a vizinhança é avaliada quantitativamente, ela tem o significado de distância, se avaliada qualitativamente, tem o significado de contiguidade (FERREIRA, 2014). Segundo o autor o grau de dependência espacial entre valores de uma variável geográfica é avaliado pelo coeficiente de autocorrelação espacial, ou seja, mede o grau de organização espacial de uma variável disposta em um mapa. O coeficiente é uma medida estatística utilizada para a avaliação de dependência entre dados de uma superfície.

Os indicadores locais de autocorrelação espacial produzem um valor específico para cada área, permitindo assim a identificação de agrupamentos. Para cada área, calcula-se o índice local, e depois permuta-se aleatoriamente o valor das demais áreas, até obter uma pseudo-distribuição para a qual possa computar os parâmetros de significância (CÂMARA et al, 2002).

Essa estatística permite comparar o valor de cada município com seus vizinhos. Uma vez determinada a significância estatística de Moran (I_i) é muito útil gerar um mapa indicando as regiões que apresentam correlação local significativamente diferente do resto dos dados. Esse mapa é denominado por Anselin (1995) de “LISA MAP”. Na geração do LISA MAP, os índices locais I_i são classificados como: não significantes e com significância de 95%, 99% e 99,9% (BRASIL, 2007).

O índice de Moran pode ser utilizado em diversas situações, tais como: estabelecimentos comerciais, crimes, acidentes, entre outras variáveis (FERREIRA, 2014).

4.2.4 Correlação Linear de Pearson

O grau de relação entre duas variáveis pode ser estimado a partir de coeficientes numéricos que indicam se há relação entre ambas e qual a intensidade e a significância desta relação. O coeficiente de correlação de Pearson (r) avalia a dependência entre variáveis cujos valores são em números reais. O princípio do cálculo do coeficiente de Pearson baseia-se na regressão linear entre uma série de dados X e uma série de dados Y (FERREIRA, 2014).

O coeficiente de correlação Pearson (r) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Os valores de r segundo Ferreira (2014) podem ser agrupados em sete categorias, conforme a magnitude da correlação:

- $0,1 < r < 0,4$ = fracamente positiva.
- $0,4 < r < 0,8$ = moderadamente positiva.
- $0,8 < r < 1,0$ = altamente positiva.
- $-0,2 < r < -0,4$ = fracamente negativa.
- $-0,4 < r < -0,8$ = moderadamente negativa.
- $-0,8 < r < -1,0$ = altamente negativa.
- $r = 0$ = não há correlação.

4.2.5 Estudo em Escala Municipal

O município de Apucarana, por ser a sede da Regional de Saúde, foi escolhido para o estudo em escala municipal, da distribuição dos tipos de neoplasias de maior ocorrência e suas possíveis correlações com fatores socioambientais.

Os dados sobre a mortalidade por neoplasias do município de Apucarana foram obtidos na Secretaria de Saúde de Apucarana, no período de 2011 a 2015. Com essas informações foi possível visualizar a incidência de câncer por bairros, uma vez que os óbitos foram disponibilizados por endereço.

Os dados de Apucarana, por setor censitário, que compreendem características dos domicílios particulares e das pessoas que foram investigadas para a totalidade da população, foram obtidos por meio da Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Para tanto foram utilizados as seguintes informações:

- Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral e os com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade.
- Número de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial; com esgotamento sanitário via fossa séptica e com esgotamento sanitário via fossa rudimentar.

- Número de domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1/4 a 1/2 salário mínimo; com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 5 a 10 salários mínimos.
- Número de domicílios particulares permanentes sem arborização; sem asfalto; sem calçada; sem iluminação pública.

Os dados e a malha digital de setores censitários estão disponibilizados no site do IBGE.

A malha urbana com as informações de logradouros de Apucarana foi obtida no Instituto de Desenvolvimento, Pesquisa e Planejamento de Apucarana.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS NA REGIONAL DE SAÚDE DE APUCARANA

Os resultados físico-químico e hidrogeoquímicos dos 85 pontos coletados na RSA estão apresentados no Apêndice 1. Os valores hidrogeoquímicos encontrados foram analisados, baseando-se nas Resoluções do CONAMA nº 357/2005 (água superficial) e 396/2008 (água subterrânea) e no Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde de Outubro de 2017, para a verificação de possíveis anomalias hidrogeoquímicas, procurando discriminar as de origem natural do meio (geogenéticas) das causadas por alterações antrópicas e/ou tecnogenéticas.

5.1.1 Temperatura (°C)

Os parâmetros físico-químicos são importantes no diagnóstico da qualidade das águas. A temperatura influencia uma grande parte de outros parâmetros físicos da água como densidade, condutividade elétrica, e solubilidade dos gases (BENETTI & BIDONE, 2004, p. 859). A amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2°C) e independe da temperatura atmosférica. Em profundidade, depende do grau geotérmico, que é o aumento de 1°C a cada 30 m, em média (SANTOS, 1997, p. 87).

A origem do aquecimento das águas dos rios pode decorrer de processos naturais, como os geotérmicos, variações sazonais da temperatura ambiente e da insolação, e da redução de vazão, ou de processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes ou indiretamente, pelo represamento das águas e desmatamentos na área de drenagem (PERCEBON et al., 2005).

As temperaturas das águas subterrâneas na RSA apresentaram uma média de 22, 8°C, com um mínimo de 18,5°C e um máximo de 26,9°C, e um desvio padrão de 1,46°C. Os intervalos de classe de maior frequência estão entre 22 e 24°C (Figura 11).

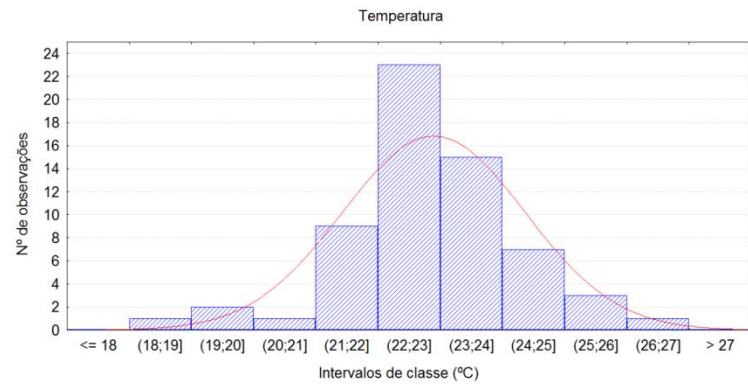


Figura 11: Frequência dos valores de temperatura nas águas subterrâneas.

Os maiores valores de temperatura foram encontrados nos poços 12, 14, 15, 30, 33, 50, 51, 52, 54, 55, 59, 70 e 75. Os poços 28, 64 e 85 foram os que apresentaram as menores temperaturas (Figura 12).

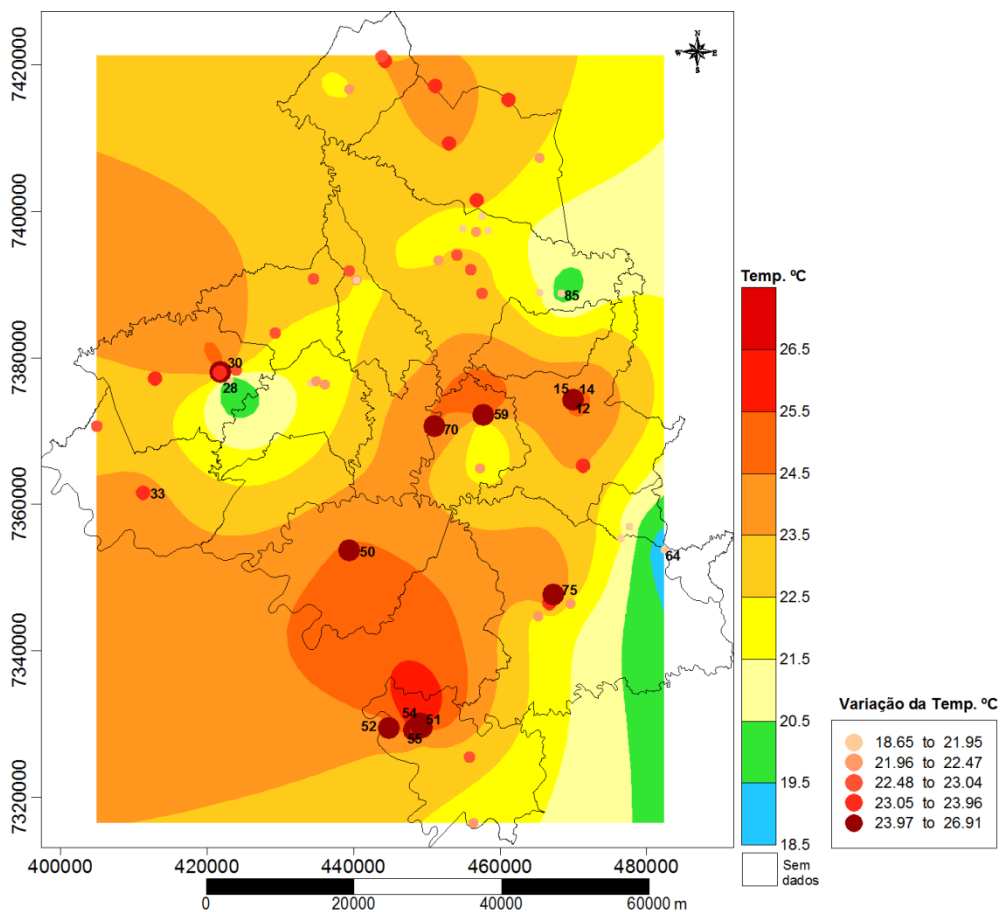


Figura 12: Mapa da temperatura das águas subterrâneas na RSA.

Nas águas superficiais as temperaturas das águas apresentaram uma média de 20,4°C, com um mínimo de 15,6°C e um máximo de 23,8°C, e um desvio padrão de 2,4°C. Os intervalos de classe de maior frequência estão entre 18 e 19°C e 22 e 24 °C (Figura 13).

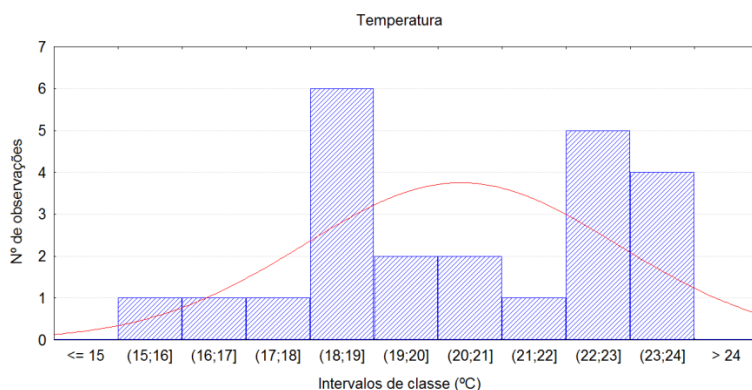


Figura 13: Frequência dos valores de temperatura nas águas superficiais.

Os maiores valores de temperatura nas águas superficiais foram encontrados nos pontos 40, 43 e 49. Os rios Água Seis e Cambira, amostras 11 e 1, foram os que apresentaram as menores temperaturas, 15,7 e 16,2°C, respectivamente (Figura 14).

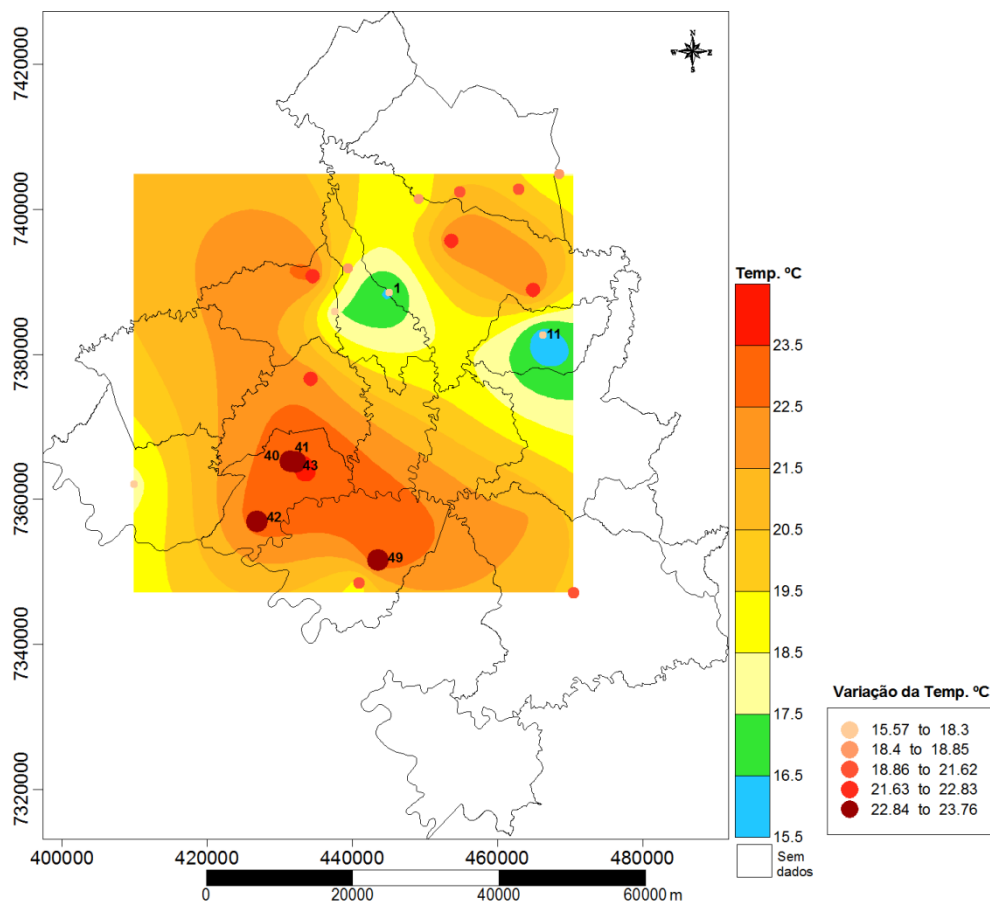


Figura 14: Mapa da temperatura das águas superficiais na RSA.

5.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é uma variável dos ambientes hídricos que exerce grande controle sobre a solubilidade de metais. Na maioria dos casos, em águas ácidas os metais são mais solúveis, como por exemplo, o Fe, Mn, Co, Ni e Pb (BITTENCOURT & TUBBS FILHO, 2007, p. 316). O silício é um metal que apresenta solubilidade aumentando com o pH, sendo extremamente solúvel em pH superior a 10.

A Portaria MS nº 5/2017 recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

O pH da água subterrânea da RSA apresentou uma média de 9, com um mínimo de 6,5, um máximo de 11,6 e um desvio padrão de 0,91. Entre os intervalos de 8 a 9,5 encontram-se a maior frequência de ocorrência de pH (Figura 15).

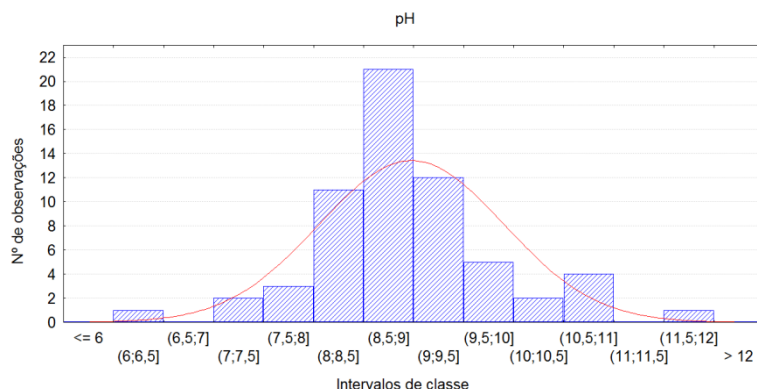


Figura 15: Frequência dos valores de pH nas águas subterrâneas.

Observando-se a figura 16, que apresenta a variação do pH da água subterrânea da RSA na área de estudo, constata-se que o valor de pH de alguns pontos amostrados estão acima do valor recomendado para água potável pela Portaria MS nº 5/2017, destacando-se os poços 12, 13, 14, 17, 33, 50, 51, 54, 59, 61 e 65, sendo o poço 50 o que apresentou o mais alto valor de pH, que foi de 11,58, ou seja, alcalino (Figura 16). Estes altos valores de pH encontrados caracterizam uma anomalia positiva, pois apresentam valores anormalmente acima da média da área de estudo. Todos estes poços com altos valores de pH estão localizados em áreas de intensa atividade agrícola. O valor de pH mais baixo encontrado, abaixo da média, que apresentou uma anomalia negativa, foi o poço 64, com pH de 6,5, localizado no distrito de Flor da Serra no município de Mauá da Serra.

Os valores de pH anormalmente altos verificados nas águas subterrâneas da RSA estão acima dos valores encontrados em águas do aquífero Serra Geral em outras regiões do Paraná, como por exemplo, nos trabalhos de Celligoi (1983), Buchmann Filho (2002) e Mendes (2013). Segundo Rosa Filho et al. (1987), as águas do SASG que apresentam pH acima de 8, teriam uma mistura com as águas de aquíferos subjacentes, principalmente do aquífero Guarani.

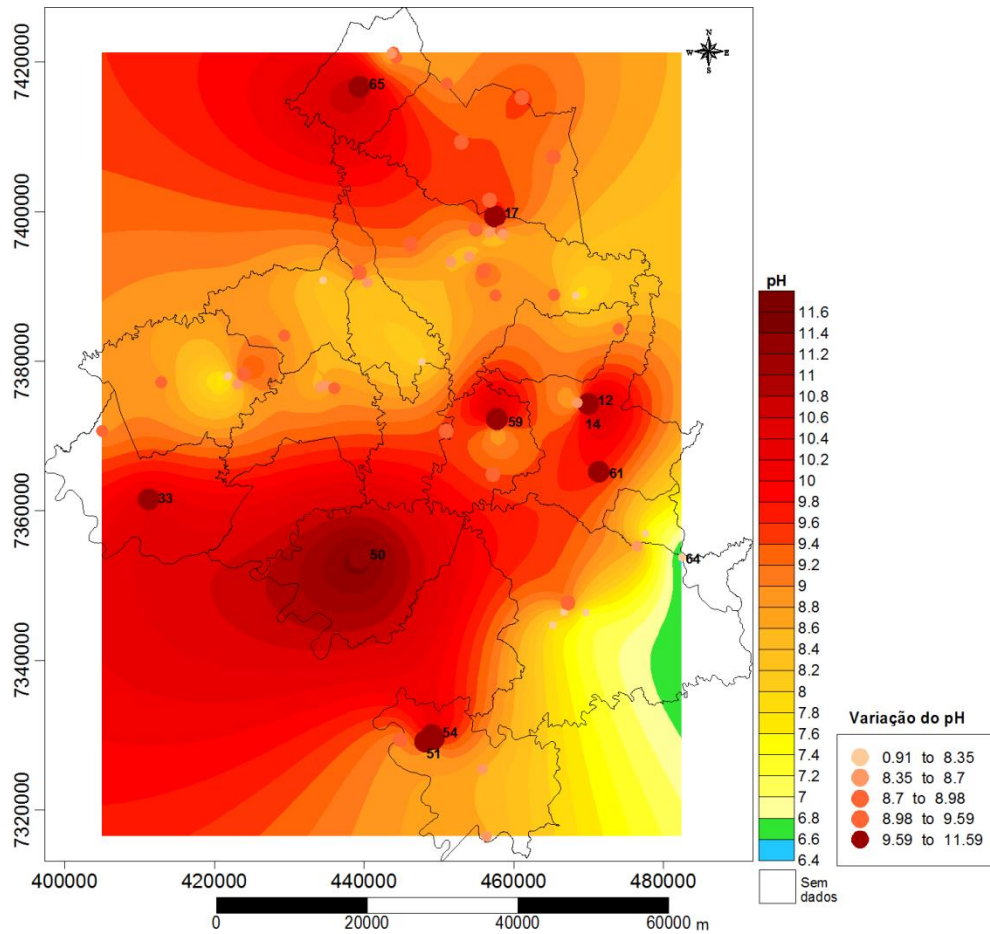


Figura 16: Mapa do pH das águas subterrâneas na RSA.

O pH das águas superficiais da RSA apresentou uma média de 8,3, com um mínimo de 7,5, um máximo de 9,6 e um desvio padrão de 0,6. Entre os intervalos de 7,6 a 7,8 e 8,2 a 8,4 encontram-se a maior frequência de ocorrência de pH (Figura 17).

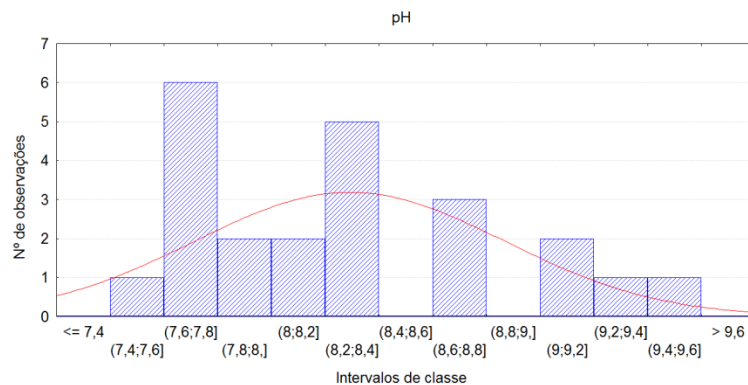


Figura 17: Frequência dos valores de pH nas águas superficiais.

Nas águas superficiais o pH apresentou valores um pouco acima do recomendado pela Portaria MS nº 5/2017 e Resolução 357/2005 do CONAMA nos pontos 32, 46, 48 e 80 (Figura 18). Nas águas superficiais, segundo Licht (2001, p. 117), no Terceiro Planalto Paranaense, as regiões de pH alcalino são oriundas do processo de calagem (adição de calcário magnesiano em pó), promovido pela agricultura, visando a neutralização da acidez do solo e a imobilização do alumínio trocável.

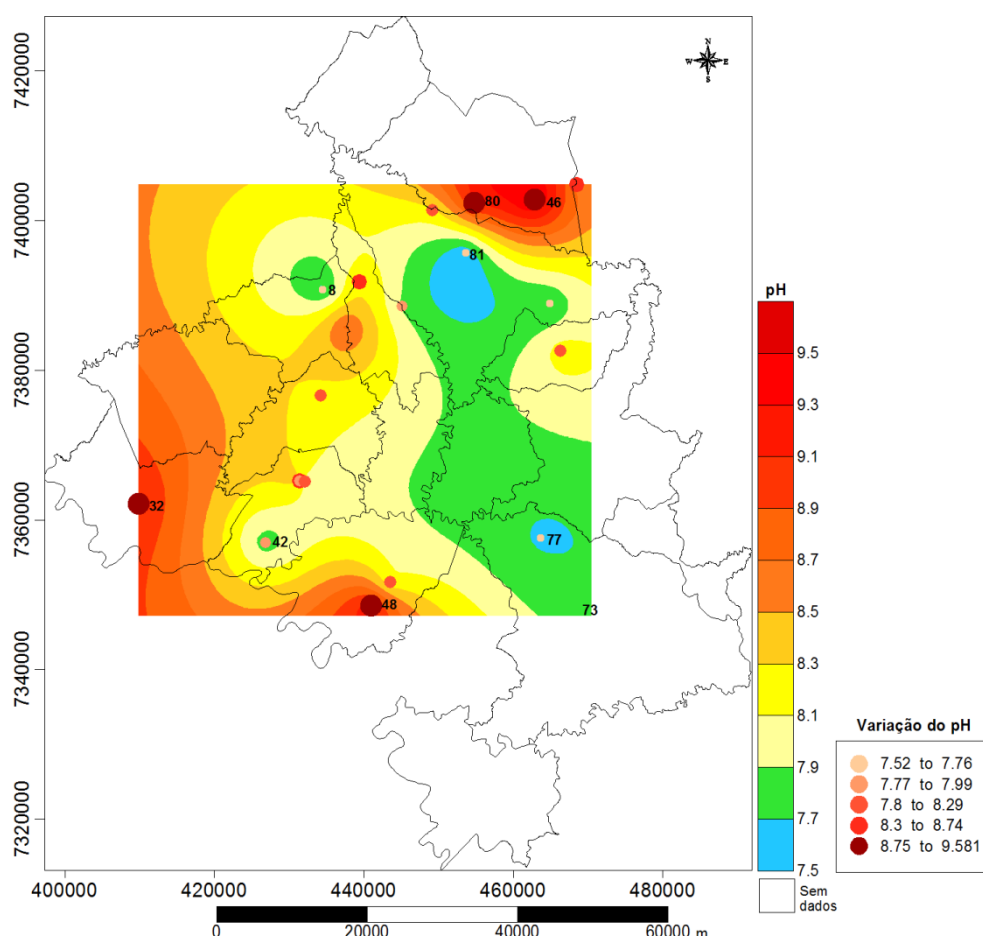


Figura 18: Mapa do pH das águas superficiais na RSA.

5.1.3 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica representa a capacidade de condução da energia elétrica pela água à 25°C, expressa em micro-Siemens/cm. Tem origem a partir dos sais dissolvidos na água na forma de íons dissociados eletroliticamente. Os íons podem ter origem antropogênica (descargas industriais, esgotos domésticos provenientes de residências e do comércio) ou geogênica (decomposição de

rochas). A carga de sais na água é composta por cátions (Sódio, Cálcio, Magnésio e Potássio) e ânions (Cloreto, Sulfato, Bicarbonato, Carbonato e Nitrato) segundo IAP (2005).

Os valores de CE das águas subterrâneas na RSA apresentaram uma média de 214,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com um mínimo de 16 $\mu\text{S}/\text{cm}$, um máximo de 443 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e um desvio padrão de 105,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Entre os intervalos de 100 e 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de condutividade elétrica (Figura 19).

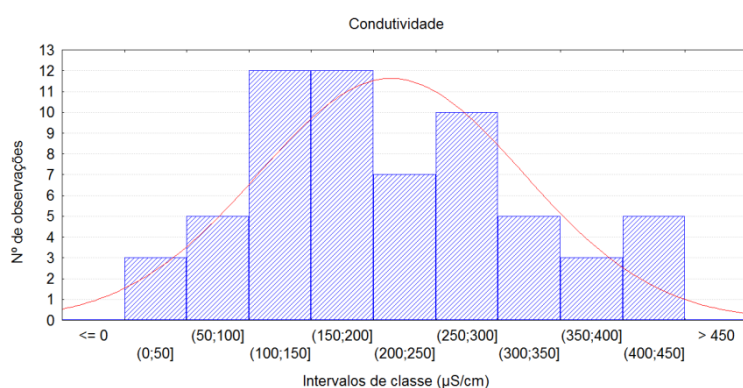


Figura 19: Frequência dos valores de condutividade elétrica nas águas subterrâneas.

Os valores mais altos de CE, que estão acima da média, caracterizando uma anomalia positiva, ocorreram nos poços 13, 24, 51, 52, 53. Os valores mais baixos de CE, que estão abaixo da média, caracterizando uma anomalia negativa, foram verificados nos poços 63, 64, 74, 76 (Figura 20).

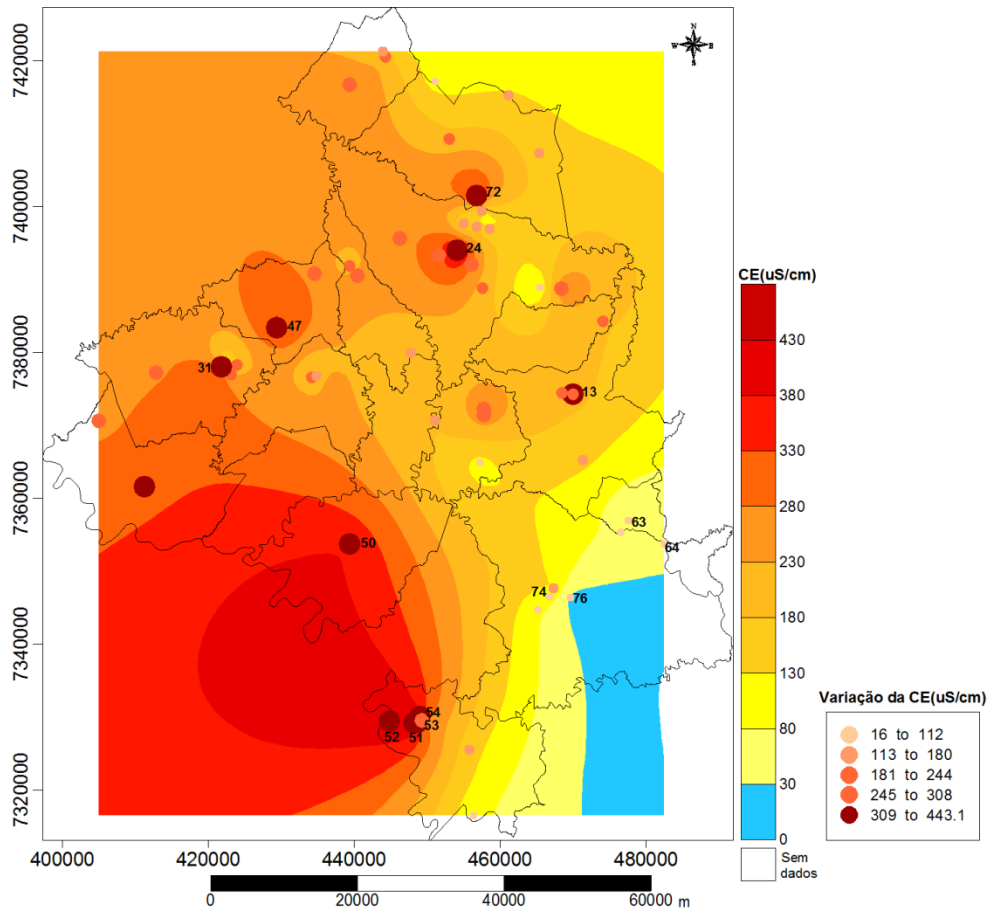


Figura 20: Mapa da condutividade elétrica nas águas subterrâneas na RSA.

Os valores de CE das águas superficiais na RSA apresentaram uma média de $186,3 \mu\text{S/cm}$, com um mínimo de $6 \mu\text{S/cm}$, um máximo de $760 \mu\text{S/cm}$ e um desvio padrão de $157,8 \mu\text{S/cm}$. Entre os intervalos de 100 e $200 \mu\text{S/cm}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de condutividade elétrica (Figura 21).

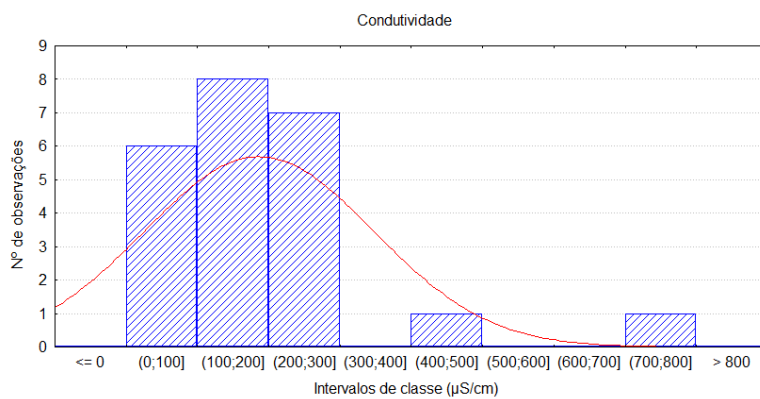


Figura 21: Frequência dos valores de condutividade elétrica nas águas superficiais.

Os valores mais altos de CE, que estão acima da média, caracterizando uma anomalia positiva, ocorreram nos pontos 04 e 48 (Rios). O P04 é um rio que recebe descarga direta de um frigorífico de suínos e de efluentes de uma indústria de tintas no município de Cambira. O P48, Rio Laranja Doce, apresenta no seu entorno extensas áreas de lavouras.

Os valores mais baixos de CE, que estão abaixo da média, caracterizando uma anomalia negativa, foram verificados nos pontos 73 e 77 (Minas), sendo esse último, o local que apresentou o menor valor de CE (Figura 22).

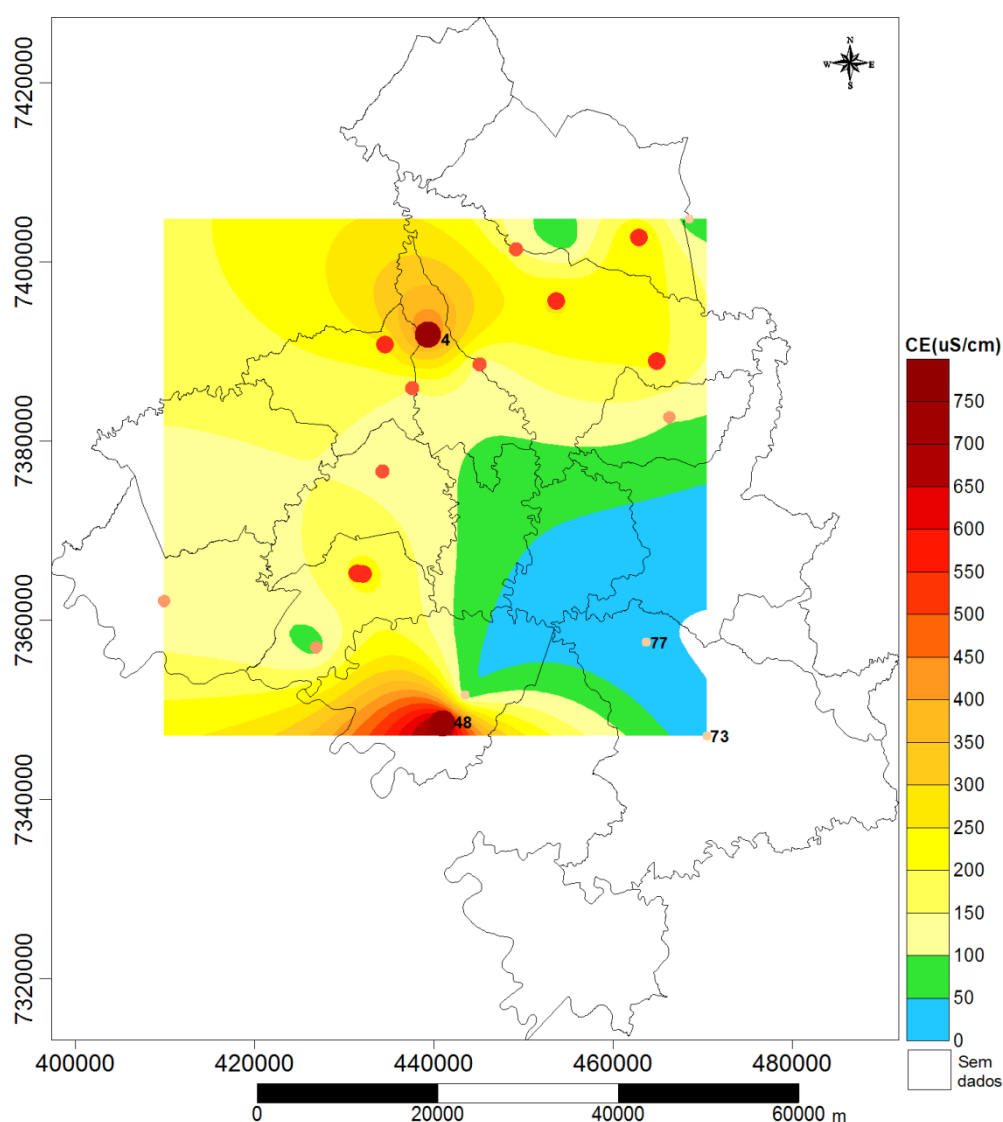


Figura 22: Mapa da condutividade elétrica nas águas superficiais na RSA.

5.1.4 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os sólidos totais dissolvidos representa a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil, é o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume (SANTOS, 1997, p. 90).

A Portaria 5/2017 estabelece o valor padrão de aceitação para consumo humano em 1000 mg/L de STD na água potável. A Resolução 396 de 2008 do CONAMA também estabeleceu como valor máximo permitido (VMP) nas águas subterrâneas, para consumo humano, 1000 mg/L de STD.

Os valores de sólidos totais dissolvidos das águas subterrâneas da RSA apresentaram uma média de 153,2 mg/L, com um mínimo de 10 mg/L, um máximo de 990 mg/L e um desvio padrão de 127 mg/L. Entre os intervalos de 0 e 200 mg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de STD (Figura 23). Somente o poço 26 apresentou um valor de STD muito próximo do VMP estabelecido pela Portaria 5/2017 do MS e pela Resolução 396/2008 do CONAMA. Os valores dos STD nas águas subterrâneas do SASG estão dentro da média encontrada no trabalho de Rosa Filho e Hindi (2006), onde os teores de sólidos totais dissolvidos, nas águas do aquífero Serra Geral, no Estado do Paraná, estão entre 100 e 150 mg/L (apud ATHAYDE, 2008, p. 29).

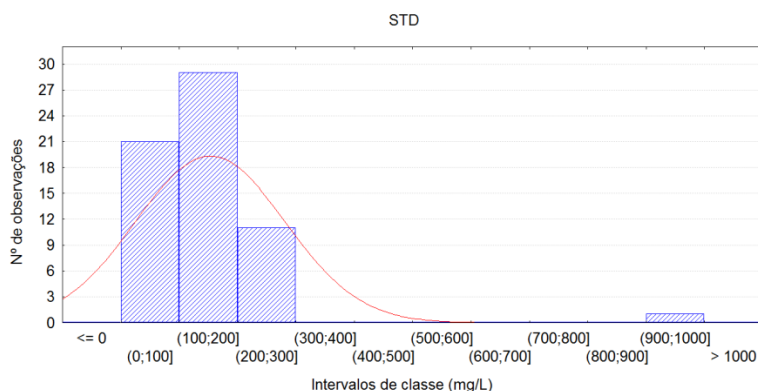


Figura 23: Frequência dos valores de sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas.

Os valores mais altos de STD encontrados, que estão acima da média, caracterizando uma anomalia positiva, foram nos poços 13, 24, 26, 51, 52, 53, 54, 72, com destaque para o poço 26, em Arapongas, que apresentou o mais alto valor de STD verificado nas águas do SASG. Os valores de STD mais baixos verificados,

que estão abaixo da média, assinalando uma anomalia negativa, nos poços 62, 63, 64, 83 e 76 (Figura 24).

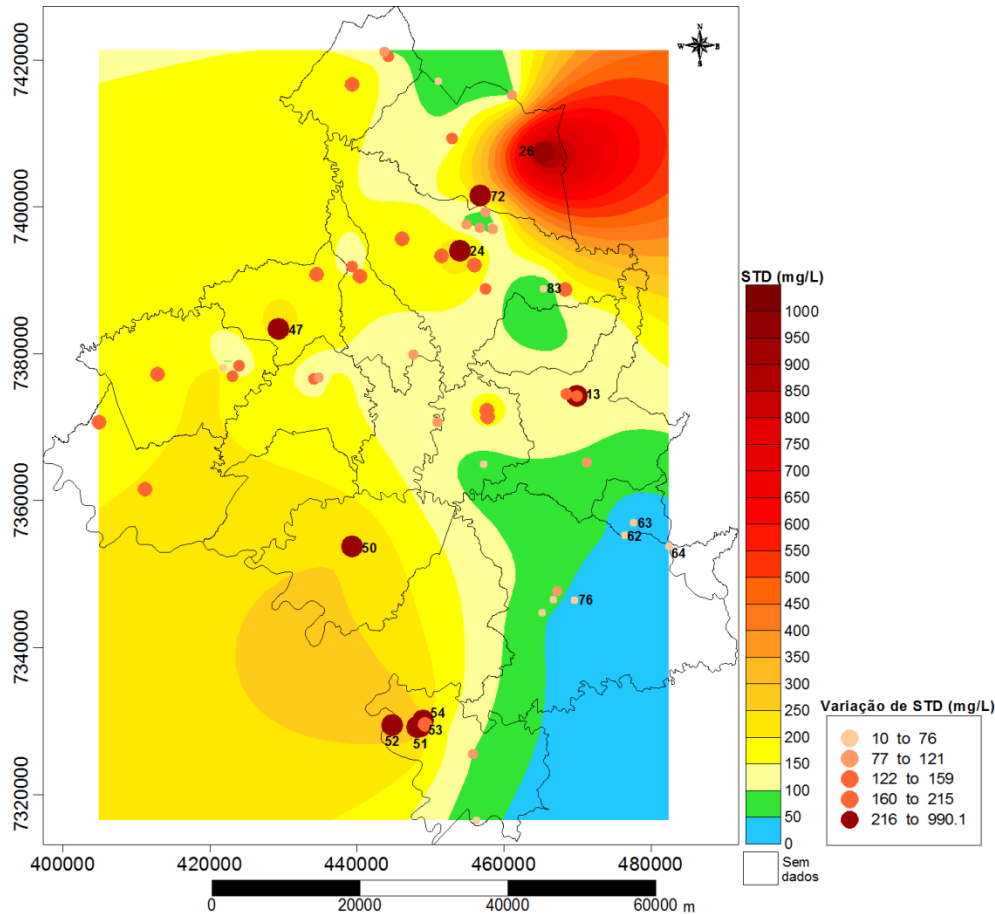


Figura 24: Mapa dos sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas na RSA.

Os valores de sólidos totais dissolvidos das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 102,1 mg/L, com um mínimo de 4 mg/L, um máximo de 309 mg/L e um desvio padrão de 66,1 mg/L. Entre os intervalos de 50 e 100 mg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de STD (Figura 25).

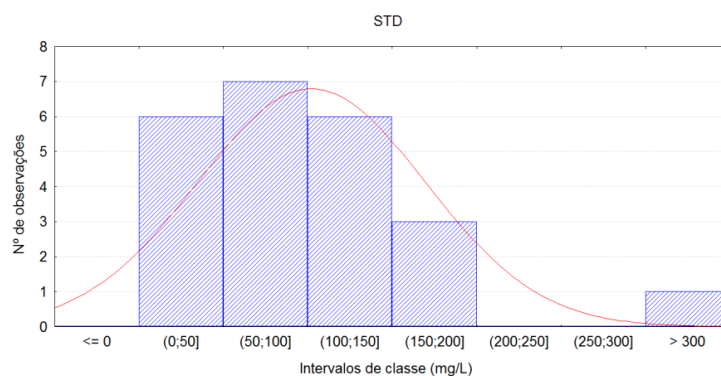


Figura 25: Frequência dos valores de sólidos totais dissolvidos nas águas superficiais.

Os valores mais altos de STD encontrados, que estão acima da média, caracterizando uma anomalia positiva, foram nos pontos 04, 08, 46 e 81, com destaque para o ponto 04, que apresentou o mais alto valor de STD verificado nas águas superficiais, em Cambira. Os valores de STD mais baixos verificados, que estão abaixo da média, assinalando uma anomalia negativa, ocorreram nos pontos 73 e 77, que correspondem a minas, sendo a mina P77, o ponto que apresentou o menor valor, 4 mg/L (Figura 26).

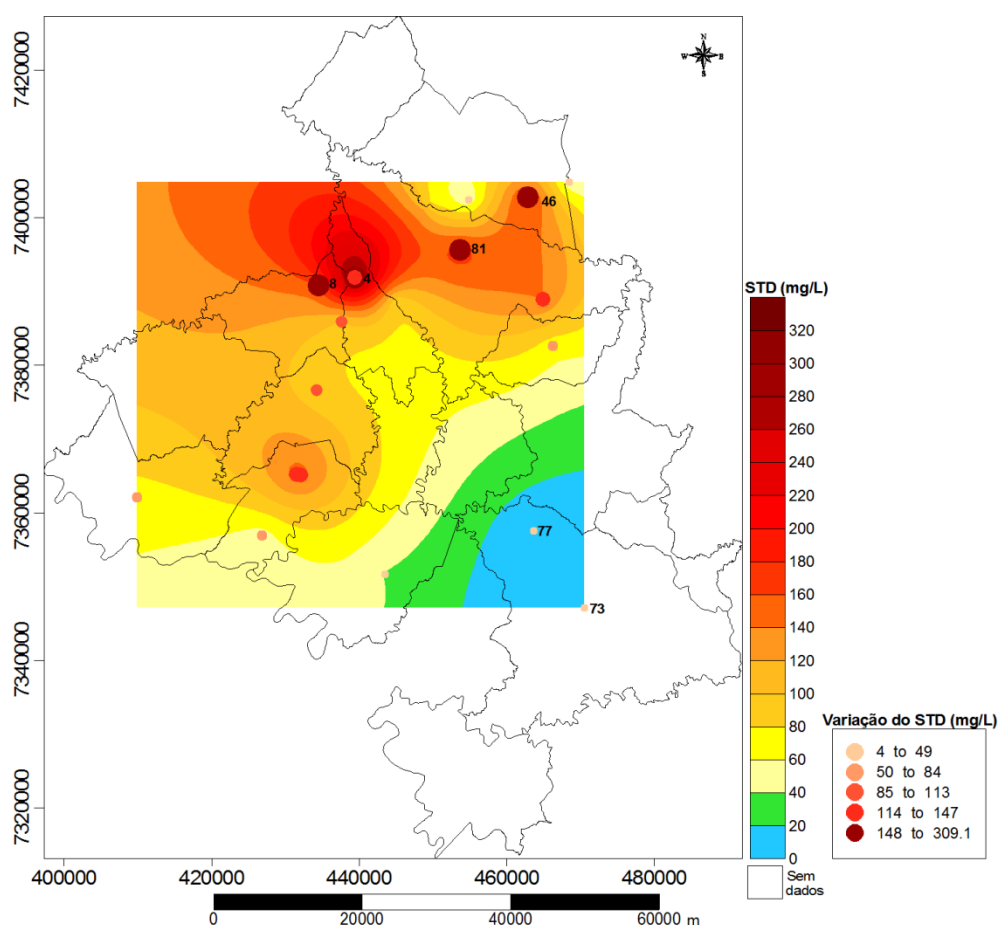


Figura 26: Mapa dos sólidos totais dissolvidos nas águas superficiais na RSA.

5.1.5 Alumínio (Al)

Os teores de alumínio das águas subterrâneas da RSA apresentaram uma média de 15,3 µg/L, com um mínimo de 0,3 µg/L, um máximo de 635,5 µg/L e um desvio padrão de 81,7 µg/L. O intervalo de classe de maior frequência situa-se entre 0 e 100 µg/L (Figura 27).

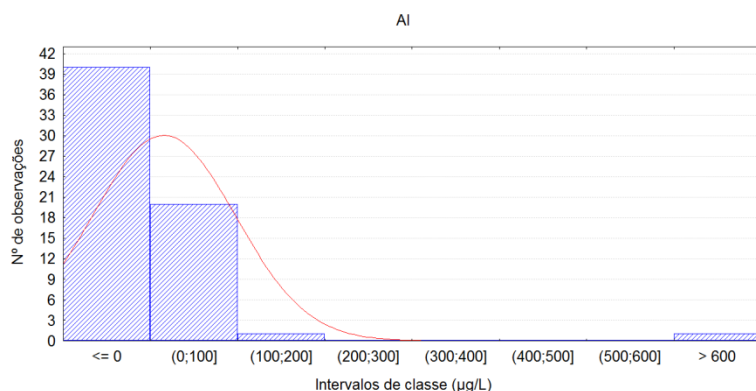


Figura 27: Frequência dos valores de alumínio nas águas subterrâneas.

Os pontos que apresentaram os mais altos teores de alumínio, quando comparados com a média encontrada nas águas subterrâneas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva nestes locais, foram os poços 64 e 72, sendo esse último o poço que apresentou o mais alto teor de alumínio encontrado (635,5 µg/L), e que inclusive, ultrapassou o VMP determinado pela Portaria 5/2017 do MS e pela Resolução 396 do CONAMA, para consumo humano, que é de 200 µg/L (Figura 28). O poço 72 está próximo de uma área industrial, que produz agrotóxico.

Os menores teores de Al detectados, que estão abaixo da média, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica negativa, ocorreram nos poços 44, 47, 55, 63, 66, 74, 75 e 79, com a maioria deles localizados na área rural, sendo verificado o menor teor de Al no poço 75 (Figura 28).

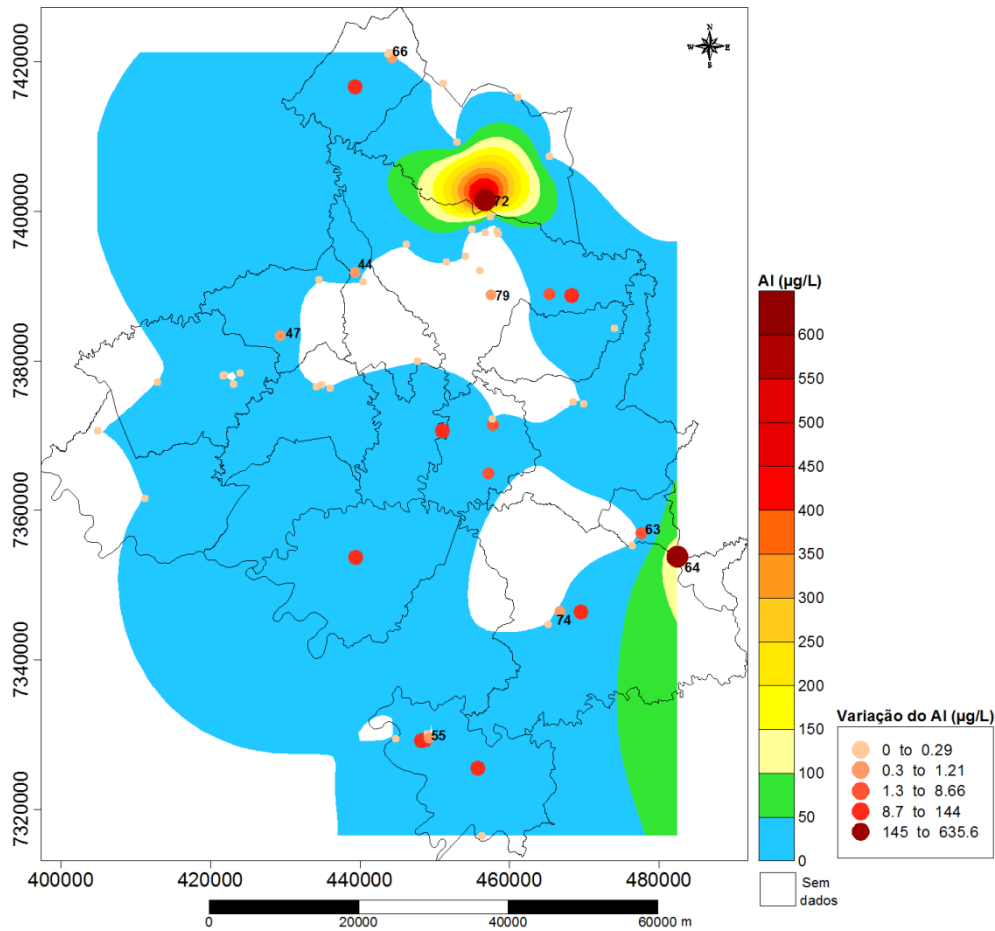


Figura 28: Mapa geoquímico do alumínio nas águas subterrâneas na RSA.

Os teores de alumínio das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 36 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 3 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 96 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 34 $\mu\text{g/L}$. O intervalo de classe de maior frequência situa-se entre 0 e 20 $\mu\text{g/L}$ (Figura 29).

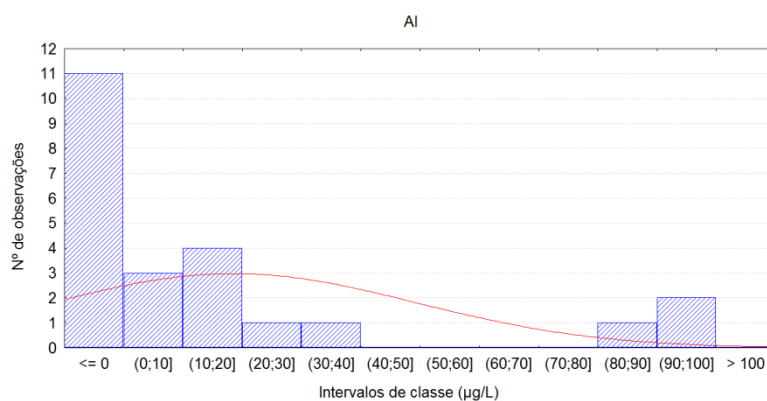


Figura 29: Frequência dos valores de alumínio nas águas superficiais.

Nas águas superficiais, os pontos de 5, 16, 32, representados por rios, apresentaram os teores mais elevados (Figura 30), ficando próximos do VMP de 100 $\mu\text{g/L}$ determinados pela Resolução 357/2005 do CONAMA para águas doces de classe I e II. O ponto 5, afluente do Rio Pirapó no município de Cambira, que apresentou um valor alto, quando comparado com o restante das amostras, recebe os efluentes de um frigorífico de suínos, localizado na vertente direita do rio, e efluentes de uma indústria de tintas a montante do ponto amostrado. Os pontos 11, 73 e 77 apresentaram os menores valores de Al detectados nas águas superficiais.

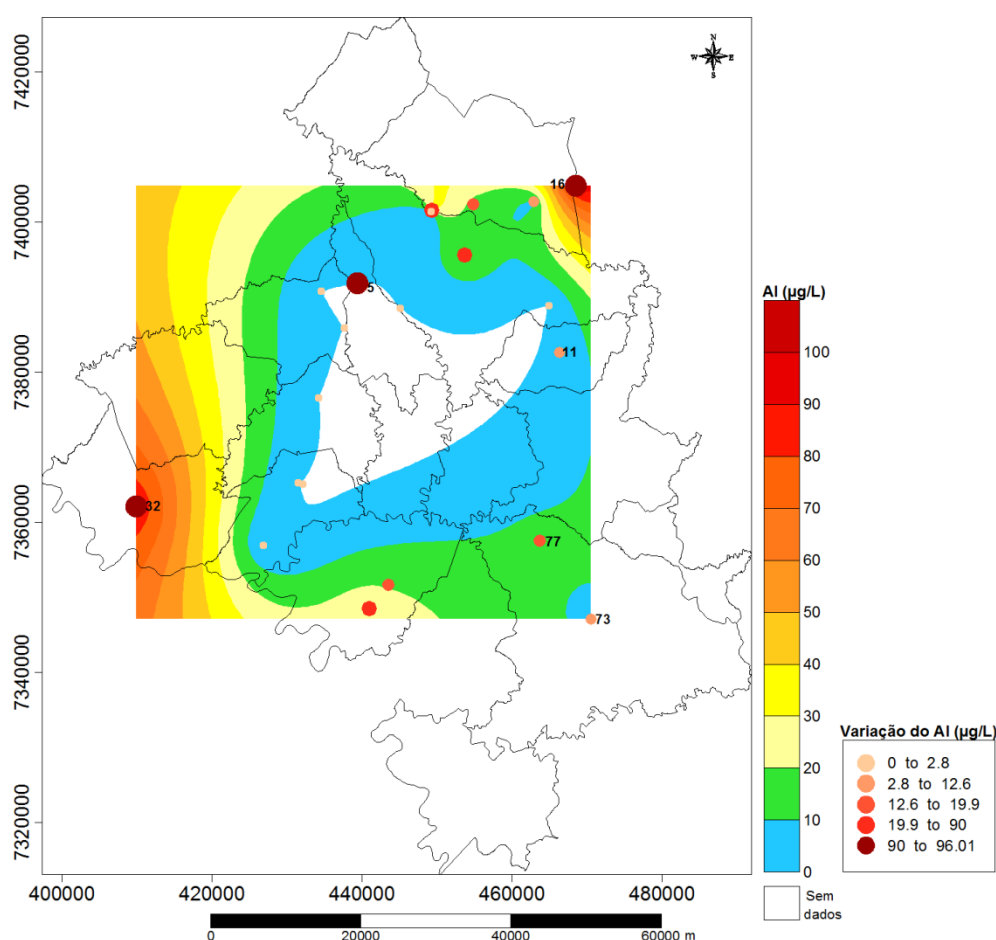


Figura 30: Mapa geoquímico do alumínio nas águas superficiais na RSA.

5.1.6 Bário (Ba)

Os teores de bário das águas da RSA apresentaram uma média de 40,8 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 0,43 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 113,4 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 37,4 $\mu\text{g/L}$. Entre os intervalos de 0 e 40 $\mu\text{g/L}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de bário (Figura 31). Portanto, os valores encontrados não

ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 5/2017 MS e pela Resolução 396 do CONAMA, para consumo humano, que é de 700 $\mu\text{g/L}$.

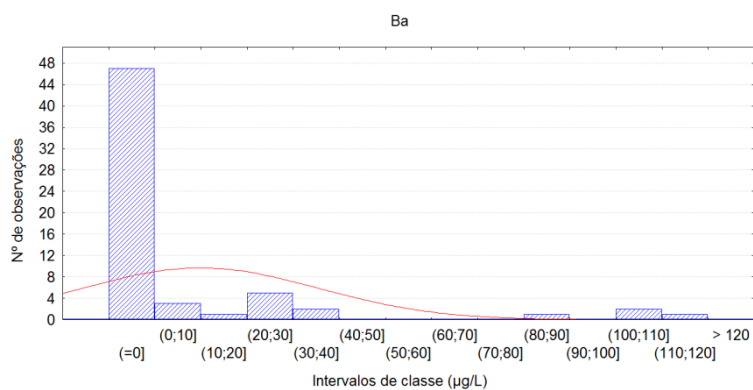


Figura 31: Frequência dos valores de bário nas águas subterrâneas.

Os poços 64, 66, 67, 68 apresentaram os mais altos teores de bário encontrados, quando comparados com a média encontrada nas águas subterrâneas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva (Figura 32).

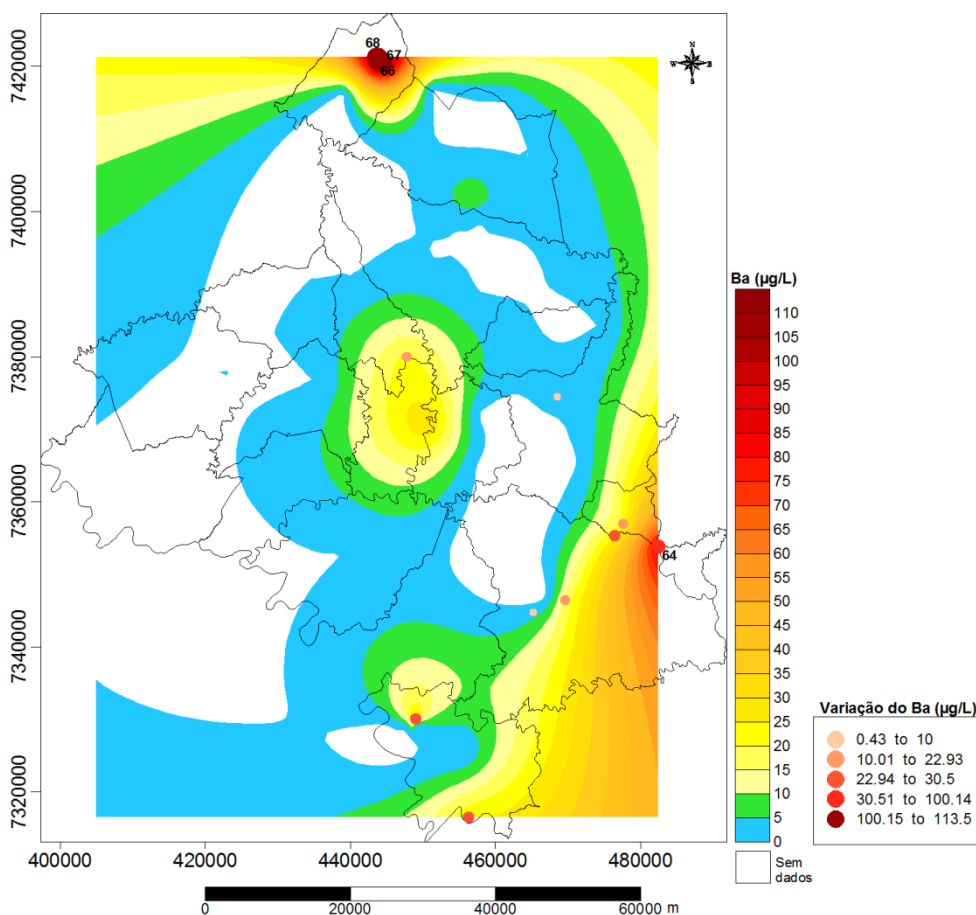


Figura 32: Mapa geoquímico do bário nas águas subterrâneas na RSA.

Estes teores mais altos de Ba podem estar associados a fontes naturais, provenientes de estruturas magnéticas associadas ao domo de Quatiguá ou a rochas sedimentares químicas dos Grupos Passa Dois e Guatá, descritas por Licht (2001) na análise geoquímica de águas superficiais no Estado do Paraná, onde o autor faz a delimitação de províncias e anomalias geoquímicas regionais.

Os teores de bário das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 25 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 0,8 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 252,7 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 52,4 $\mu\text{g/L}$. Entre os intervalos de 0 e 50 $\mu\text{g/L}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de bário (Figura 33). Portanto, os valores encontrados não ultrapassaram o VMP de 700 $\mu\text{g/L}$, valor esse determinado pela Portaria 5/2017 MS para consumo humano, e pela Resolução 357/2005 do CONAMA para águas doces de classe I e II.

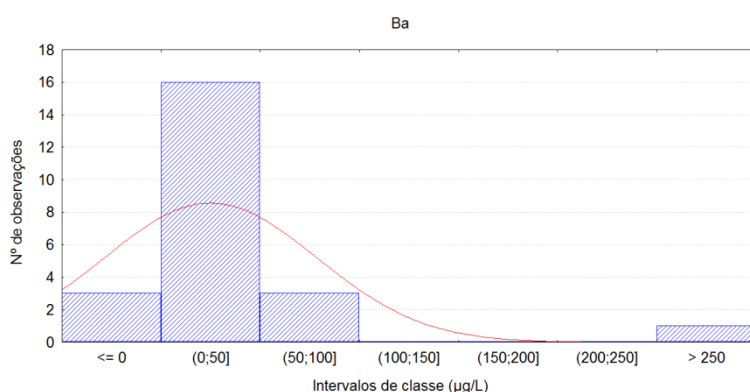


Figura 33: Frequência dos valores de bário nas águas superficiais.

Nas águas superficiais, os pontos 08, 40, 42 e 81, áreas de minas, apresentaram os maiores valores encontrados, com destaque para a nascente do Rio Pirapó, ponto 81, que apresentou o mais alto teor de Ba na área de estudo (Figura 34). No ponto 01, Rio Pirapó, e no ponto 73, mina, foram verificados os menores valores de Ba, quando comparados com a média encontrada nas águas superficiais da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica negativa (Figura 34).

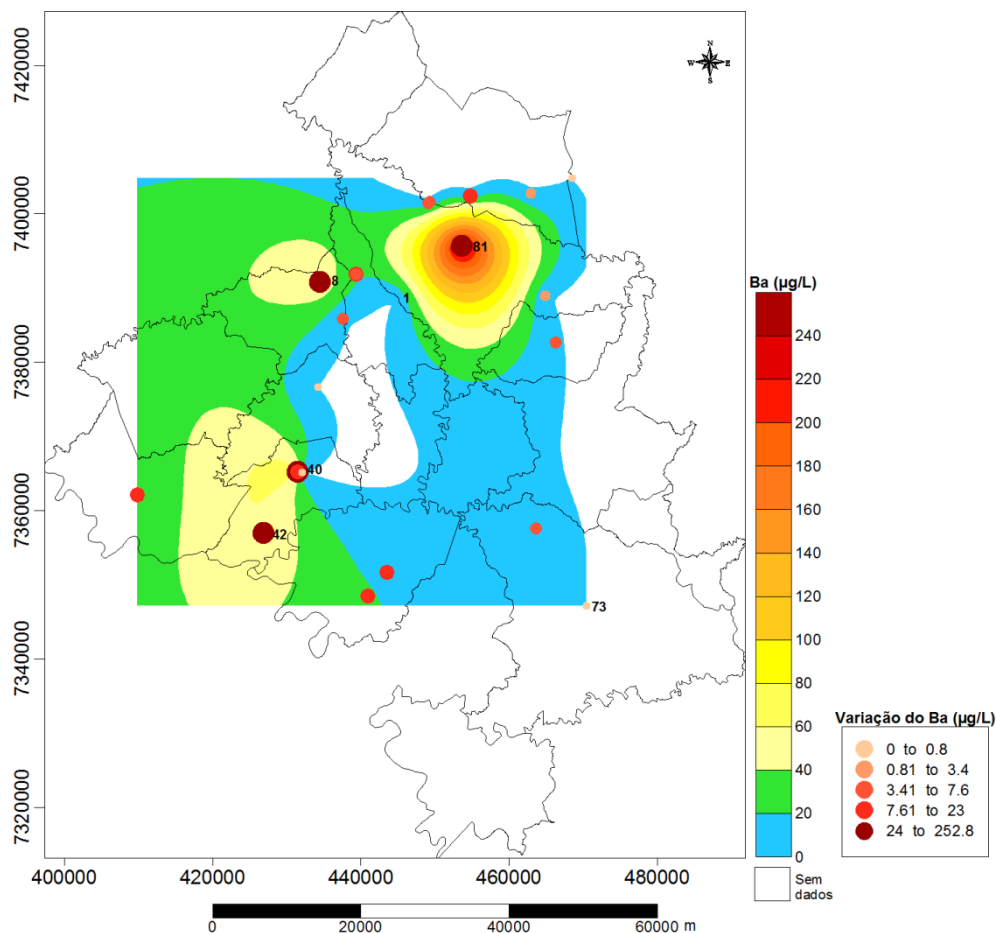


Figura 34: Mapa geoquímico do bário nas águas superficiais na RSA.

5.1.7 Cálcio (Ca)

Os teores de cálcio das águas subterrâneas da RSA apresentaram uma média de 6723,7 µg/L, com um mínimo de 289,6 µg/L, um máximo de 12850,2 µg/L e um desvio padrão de 3868,6 µg/L. O valor de maior frequência foi entre 0 e 12000 µg/L (Figuras 35 e 36). A Portaria nº 5/2017 do MS estabelece o VMP para dureza total na água potável em 500 mg/L.

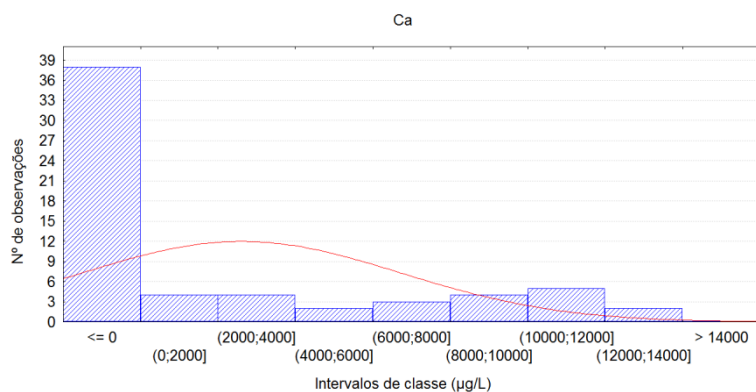


Figura 35: Frequência dos valores de cálcio nas águas subterrâneas.

Nos poços 15, 17, 18, 22, 33 e 66, ocorreram os maiores teores de cálcio, quando comparados com a média encontrada nas águas subterrâneas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva, com destaque para o poço 15, que apresentou o mais alto teor de Ca verificado nas águas subterrâneas da RSA (Figura 36). Os menores teores de Ca ocorreram nos poços 63, 64 e 76.

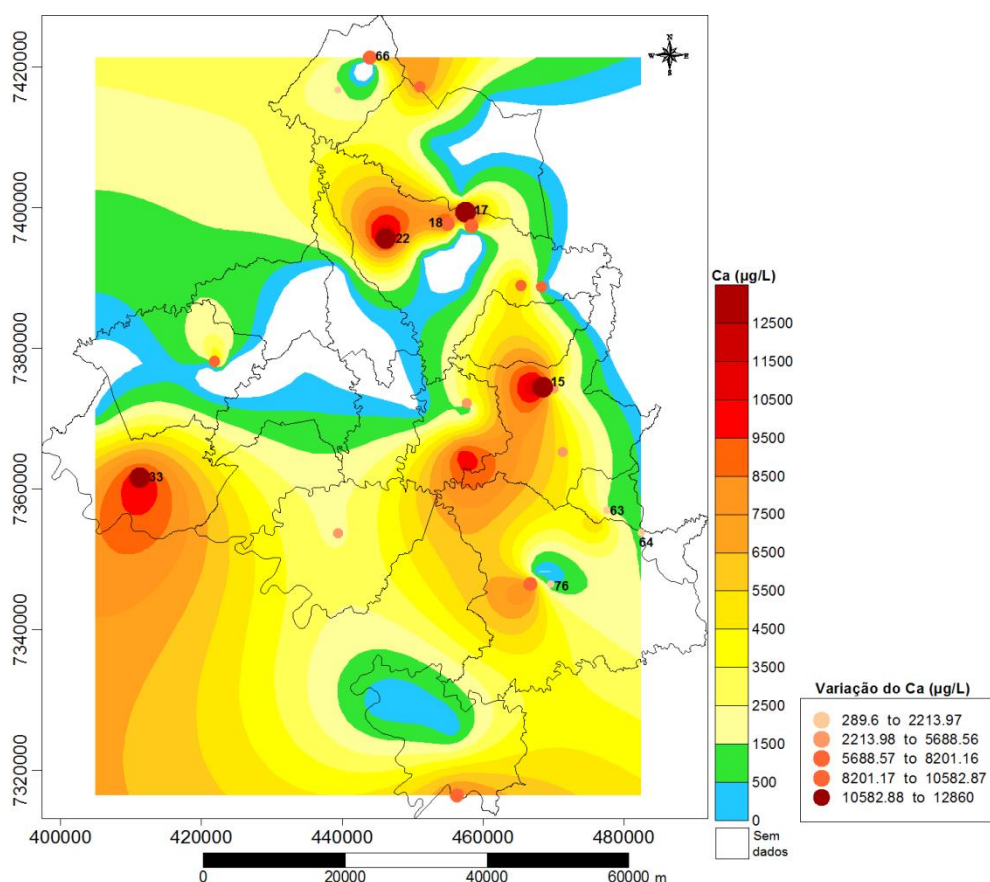


Figura 36: Mapa geoquímico do cálcio nas águas subterrâneas na RSA.

Os teores de cálcio das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 7063 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 454,6 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 12775,6 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 3961,6 $\mu\text{g/L}$. O valor de maior frequência foi entre 0 e 12000 $\mu\text{g/L}$ (Figura 37). Os valores nas águas superficiais também não ultrapassaram o VMP para dureza total na água potável em 500 mg/L, estabelecido pela Portaria nº 5/2017 do MS.

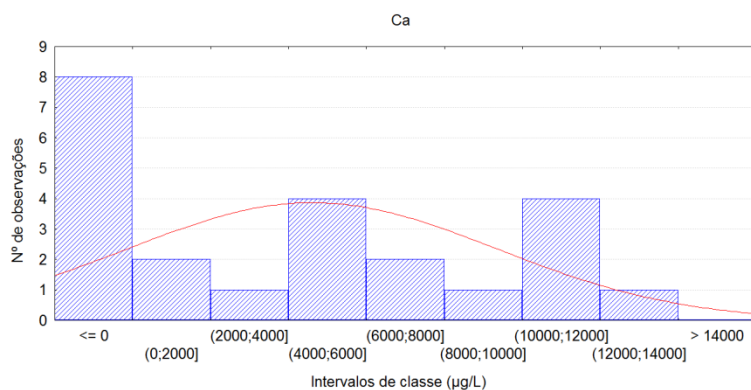


Figura 37: Frequência dos valores de cálcio nas águas superficiais.

Nos pontos localizados em rios, 01, 05, 06, 09 e 32 foram encontrados os maiores valores de cálcio, enquanto os menores teores de Ca foram detectados nas minas 73 e 77 (Figura 38).

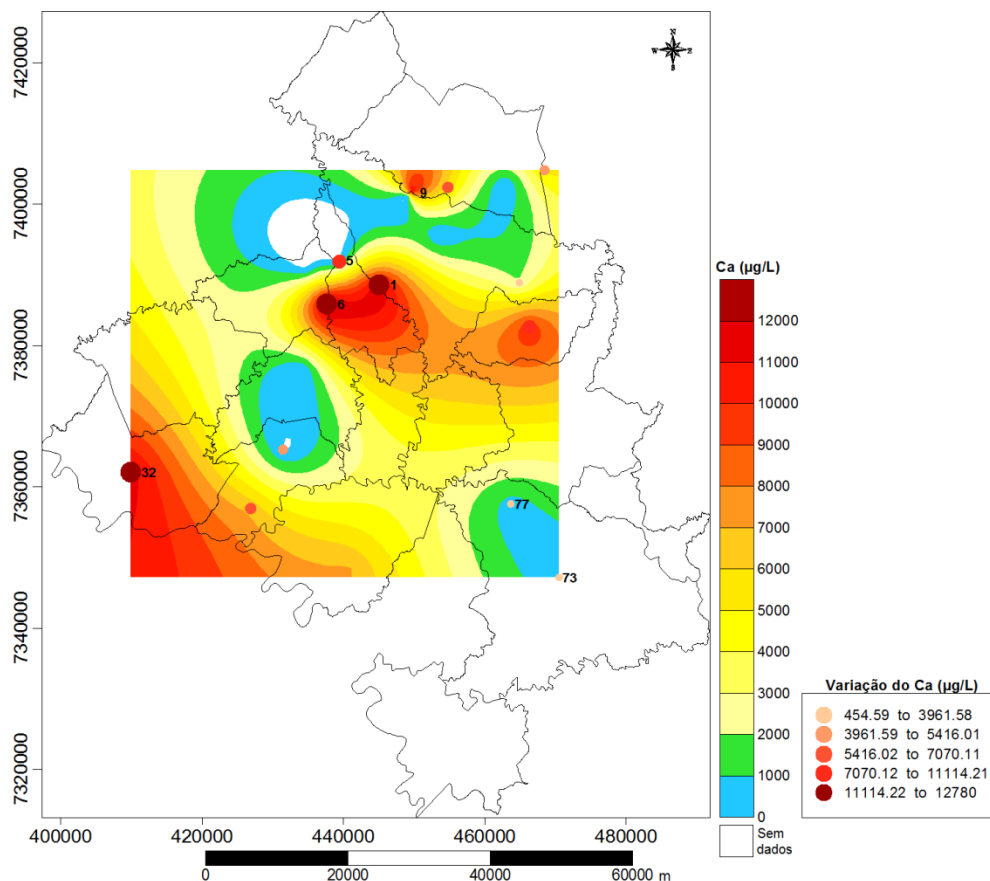


Figura 38: Mapa geoquímico do cálcio nas águas superficiais na RSA.

Os valores de cálcio encontrados nas águas superficiais estão de acordo com os verificados no mapeamento da Mineropar (2001) e Licht (1997) em águas superficiais do Norte do Paraná. Segundo os autores no compartimento Norte do Paraná, além da ocorrência de litotipos básicos e intermediários, a atividade agrícola vem sendo exercida a muitas décadas de forma extensiva. Dessa forma, grandes quantidades de calcário em pó, utilizado como corretivo da acidez do solo, vêm sendo repetidamente adicionadas ao ambiente, provocando uma elevação dos teores de cálcio.

5.1.8 Chumbo (Pb)

O elemento chumbo só foi detectado em uma amostra de água subterrânea, no poço 65, com um valor de 3 µg/L, localizado na área rural de Sabáudia, com atividades agrícolas no seu entorno. O valor encontrado não ultrapassou o VMP determinado pela Portaria 5/2017 e pela Resolução 396/2008 do

CONAMA, para consumo humano, que é de 10 µg/L. Não foram detectados teores de chumbo nas águas superficiais da RSA.

O chumbo é depositado na água proveniente da atmosfera ou da lixiviação do solo, de fontes naturais ou antropogênicas. O movimento do chumbo do solo para águas profundas por lixiviação é muito lento na maioria das condições naturais, exceto para situações de elevada acidez (PAOLIELO & DE CAPITANI, 2003, p. 364, 365).

5.1.9 Cromo (Cr)

Os teores de cromo das águas subterrâneas da RSA só foram detectados em quatro amostras, nos poços 02, 67, 68 e 69, apresentando uma média de 2,4 µg/L, com um mínimo de 0,5 µg/L, um máximo de 4,2 µg/L e um desvio padrão de 1,30. Os valores de Cr encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria nº 5/2017 do MS e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 50 µg/L.

O maior teor encontrado de cromo foi no poço 02, localizado na área rural município de Cambira, teor este acima da média encontrada nas águas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva (Figura 39). Não foram detectados teores de cromo nas águas superficiais da RSA.

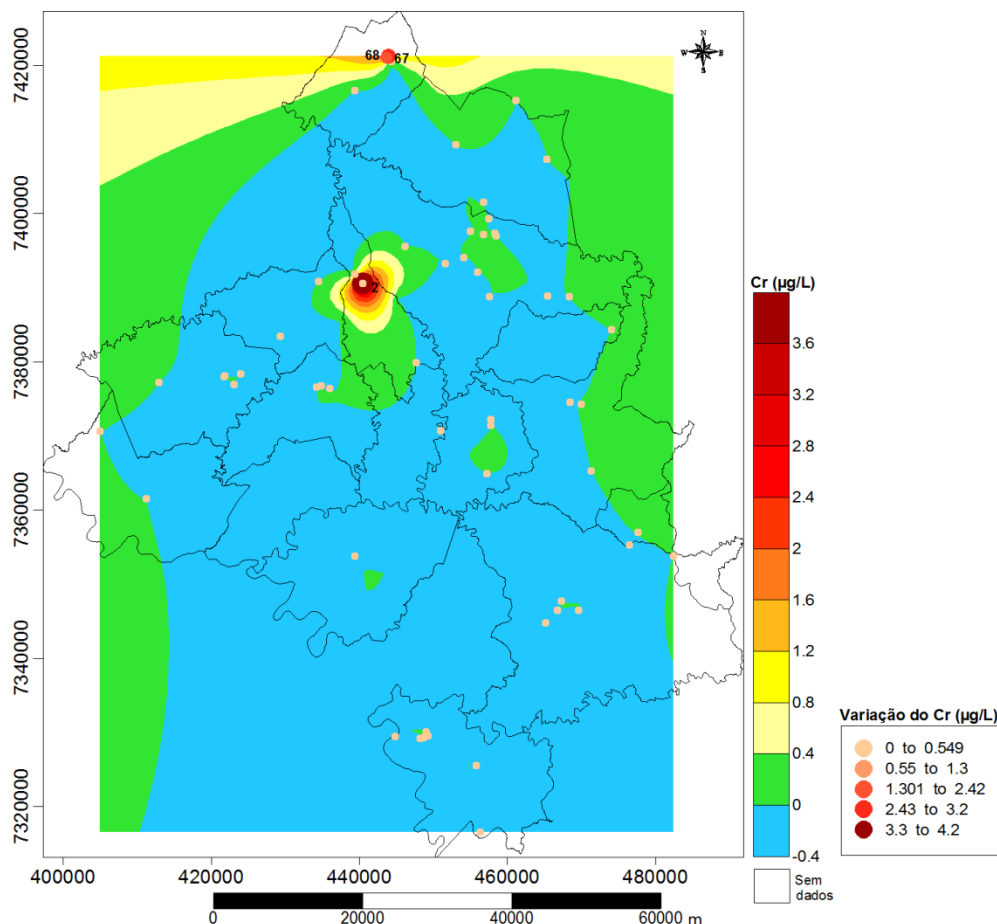


Figura 39: Mapa geoquímico do cromo nas águas subterrâneas na RSA.

5.1.10 Estrôncio (Sr)

Os teores de estrôncio das águas subterrâneas da RSA apresentaram uma média de 84,4 µg/L, com um mínimo de 2,3 µg/L, um máximo de 953,5 µg/L e um desvio padrão de 150,7 µg/L. Entre os intervalos de 0 e 100 µg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de estrôncio (Figuras 40 e 41). Não há um VMP estabelecido pela Portaria nº 5/2017 do MS e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, em águas subterrâneas para estrôncio, para consumo humano.

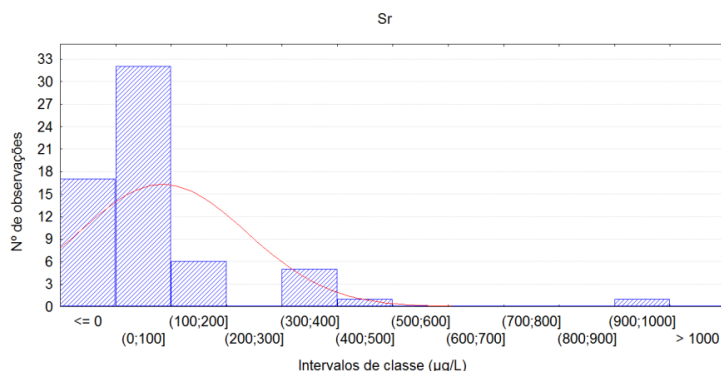


Figura 40: Frequência dos valores de estrôncio nas águas subterrâneas.

Os maiores teores de estrôncio ocorreram nos poços 13, 51, 52, 53, 54, 55, 67, 68, 70 e 72, valores estes acima da média encontrada nas águas subterrâneas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva, com destaque para o poço 54 que apresentou o mais alto valor verificado nas águas da RSA, localizado na área rural com pastagens (Figura 41). Os menores teores de Sr ocorreram nos poços 18, 22, 23 e 28, quando comparados com a média encontrada nas águas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica negativa.

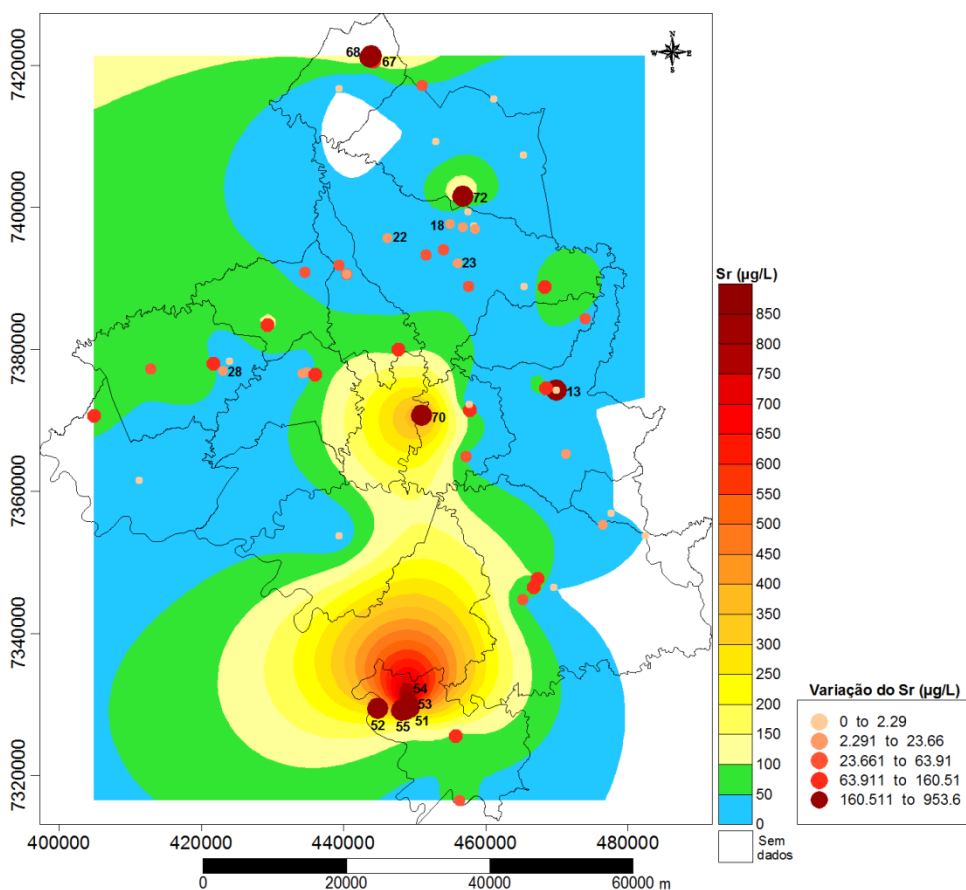


Figura 41: Mapa geoquímico do estrôncio nas águas subterrâneas na RSA.

Os teores de estrôncio das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 33,1 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 4,3 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 103 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 24,25 $\mu\text{g/L}$. Entre os intervalos de 20 e 30 $\mu\text{g/L}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de estrôncio (Figura 42).

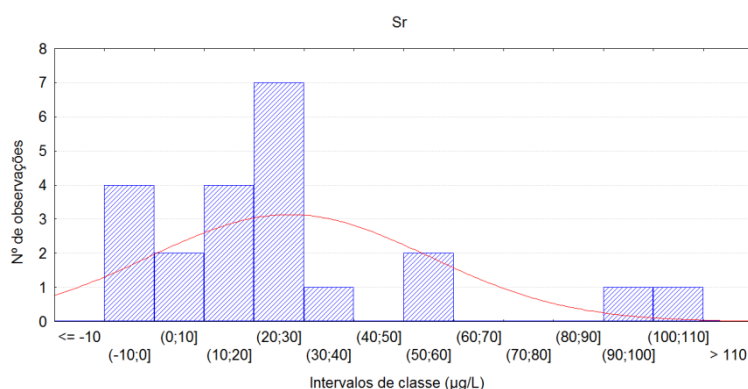


Figura 42: Frequência dos valores de estrôncio nas águas superficiais.

Nas águas superficiais os pontos 40 e 43, apresentaram os maiores valores encontrados, acima da média encontrada nas águas superficiais da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva. Os menores teores de Sr foram detectados nos pontos 49 e 80, representados por rios (Figura 43).

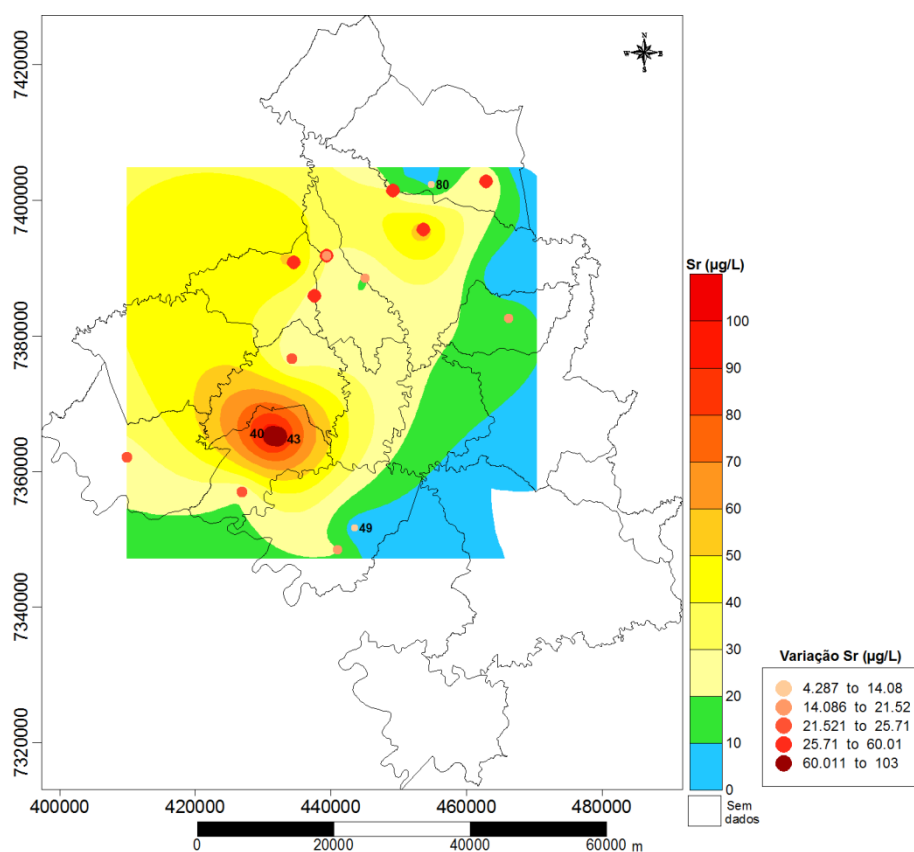


Figura 43: Mapa geoquímico do estrôncio nas águas superficiais na RSA.

Não há um VMP estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA, para águas doces de classes I, II e III.

5.1.11 Ferro (Fe)

Os teores de ferro das águas subterrâneas da RSA apresentaram uma média de 0,21 mg/L, com um mínimo de 0,02 mg/L, um máximo de 0,74 mg/L e um desvio padrão de 0,31 mg/L. Somente em quatro amostras de águas subterrâneas foi detectado o ferro (Figuras 44 e 45). O poço 72, localizado próximo a uma área industrial, apresentou o valor mais alto (0,74 mg/L), ultrapassando o VMP determinado pela Portaria nº 5/2017 do MS e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 0,3 mg/L.

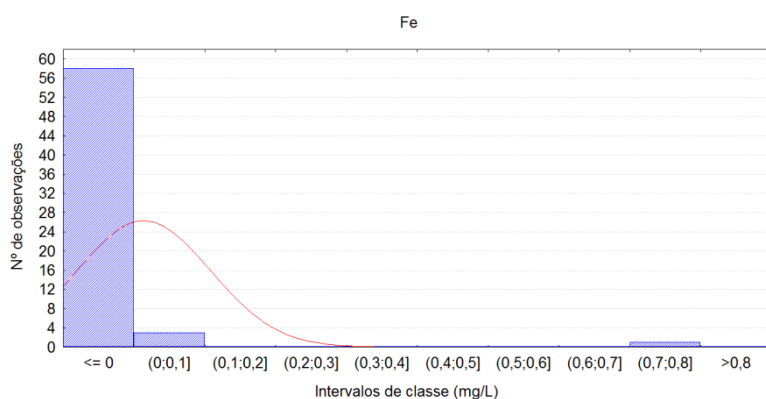


Figura 44: Frequência dos valores de ferro nas águas subterrâneas.

Os menor teor de Fe ocorreu no poço 65 (0,02 mg/L), quando comparado com a média encontrada nas águas subterrâneas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica (Figura 45).

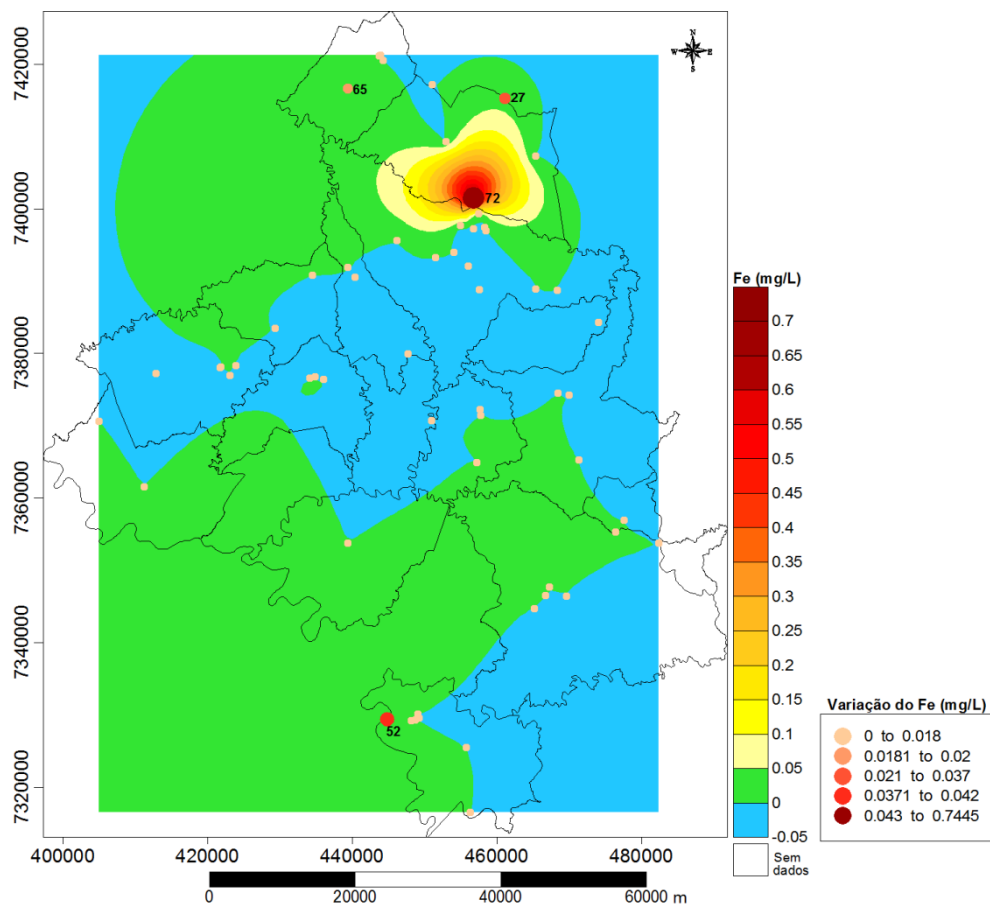


Figura 45: Mapa geoquímico do ferro nas águas subterrâneas na RSA.

Os teores de ferro das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 0,33 mg/L, com um mínimo de 0,03 mg/L, um máximo de 0,82 mg/L e um desvio padrão de 0,23 mg/L (Figura 46). Portanto, os valores médios das águas superficiais estão acima do VMP determinado pela Portaria nº 5/2017 do MS (0,3 mg/L para consumo humano), e pela Resolução 357/2005 do CONAMA (0,3 mg/L para águas doces de classes I e II) (Figura 47).

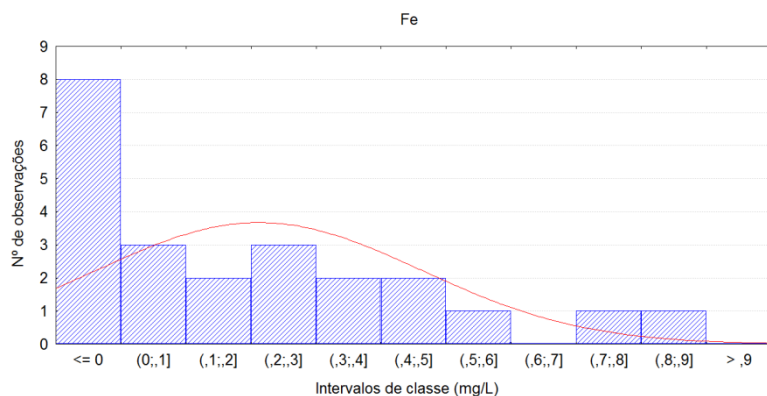


Figura 46: Frequência dos valores de ferro nas águas superficiais.

Os teores de ferro mais altos das águas superficiais ocorreram nos pontos 5, 11, 16, 41, 46, 48, e no ponto 32 (mina), quando comparados com a média encontrada nas águas superficiais da RSA, e acima do VMP, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva, destacando o ponto 11, Rio Água Seis, localizado na área rural de Califórnia, que apresentou o maior valor encontrado de Fe (0,82 mg/L), nas águas superficiais da RSA (Figura 47). Os menores valores de ferro foram detectados nos pontos 04, 06, e 84 (mina).

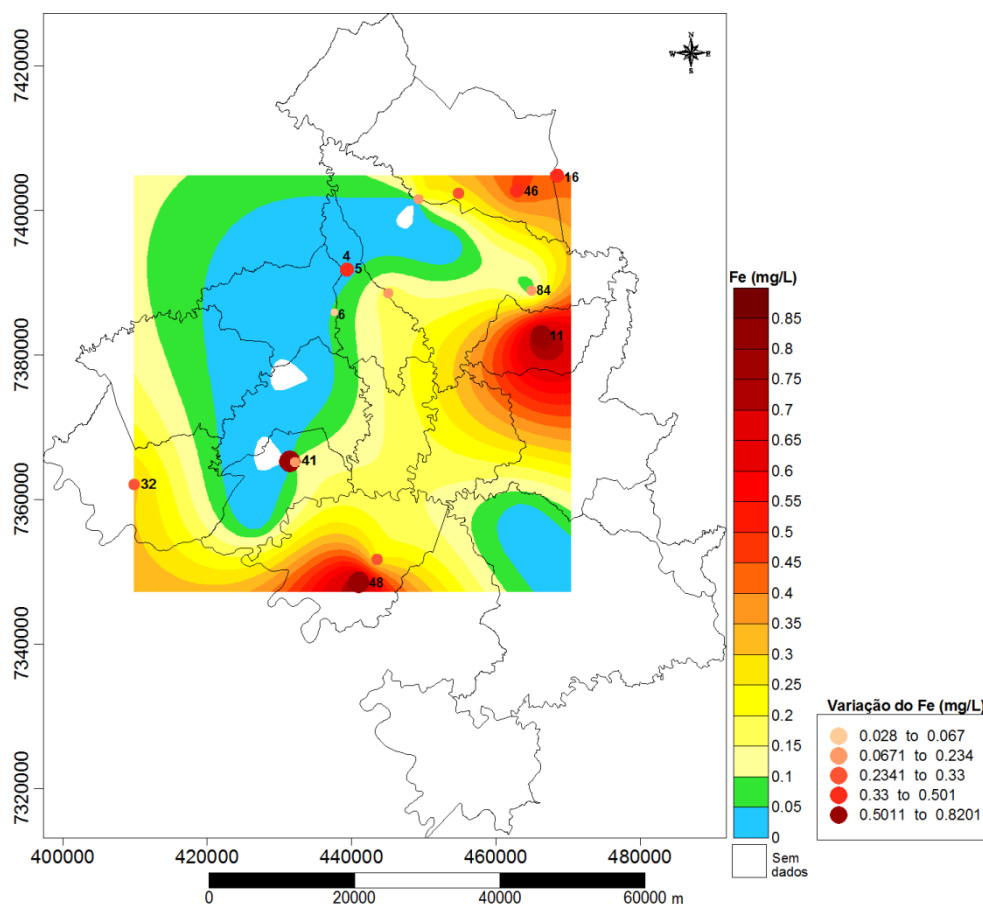


Figura 47: Mapa geoquímico do ferro nas águas superficiais na RSA.

Os altos teores de Fe verificados nas águas da RSA estão relacionados à Geologia da região, que é formada por rochas basálticas da Formação Serra Geral, constituídas essencialmente por plagioclásios e piroxênios, que tem o ferro como principal constituinte. Segundo Piccirillo & Melfi (1988), a análise da composição química das rochas basálticas da Bacia do Paraná mostrou que o óxido de ferro representa 13,4% do peso total.

5.1.12 Manganês (Mn)

Os teores de manganês das águas subterrâneas da RSA apresentaram uma média de 39,3 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 80,4 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 32,3 $\mu\text{g/L}$ (Figura 48).

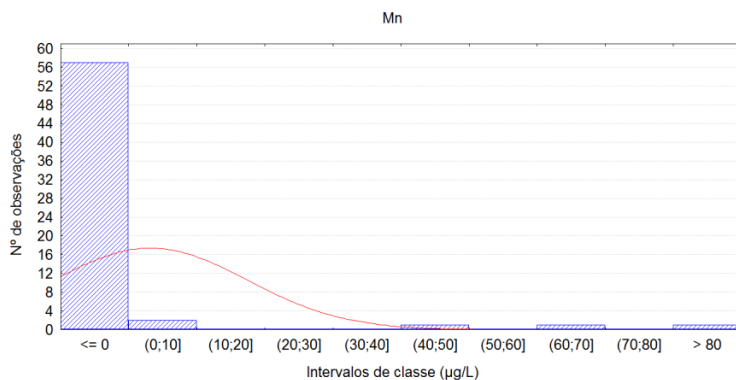


Figura 48: Frequência dos valores de manganês nas águas subterrâneas.

Somente em cinco amostras de águas subterrâneas foi detectado o manganês, com destaque para o poço 64, que apresentou o teor mais elevado encontrado (Figuras 48 e 49).

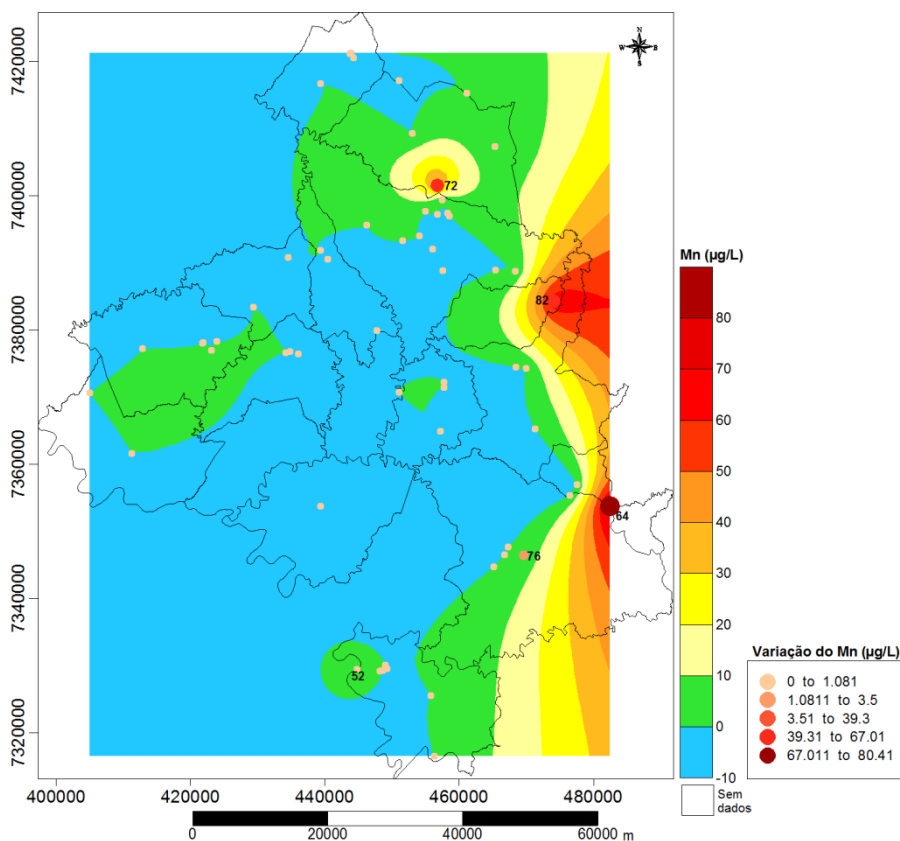


Figura 49: Mapa geoquímico do manganês nas águas subterrâneas na RSA.

Os teores de manganês das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 56,7 µg/L, com um mínimo de 2 µg/L, um máximo de 286,6 µg/L e um desvio padrão de 72,6 µg/L. Entre os intervalos de 0 e 50 µg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de manganês (Figura 50). Dois pontos amostrados em rios (11 e 81), apresentaram valores de Mn acima do VMP determinado pela Portaria nº 5/2017 do MS (100 µg/L para consumo humano) e pela Resolução 357/2005 do CONAMA (100 µg/L para águas doces de classes I e II).

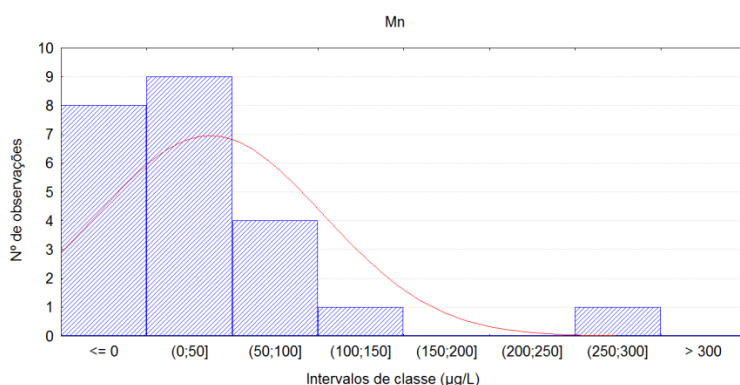


Figura 50: Frequência dos valores de manganês nas águas superficiais.

Os maiores teores de manganês nas águas superficiais ocorreram nos pontos 05, 11, 48, 81, quando comparados com a média encontrada nas águas superficiais da RSA, com destaque para o ponto 81, nascente do Rio Pirapó, que apresentou o maior valor de Mn verificado nas águas superficiais da RSA, localizado na área urbana (Figura 51). As menores concentrações de manganês ocorreram no ponto 41 e no poço 52.

Segundo Licht (2001, p. 117) a presença de Mn nas águas superficiais no Terceiro Planalto Paranaense é coerente com as rochas ígneas de filiação básica da Bacia do Paraná. Existe uma forte correlação entre o Mn e o Fe (ferroso) na maioria das rochas ígneas, com razões Fe/Mn situando-se na faixa 0,015 - 0,02 (MINEROPAR, 2001, p. 40).

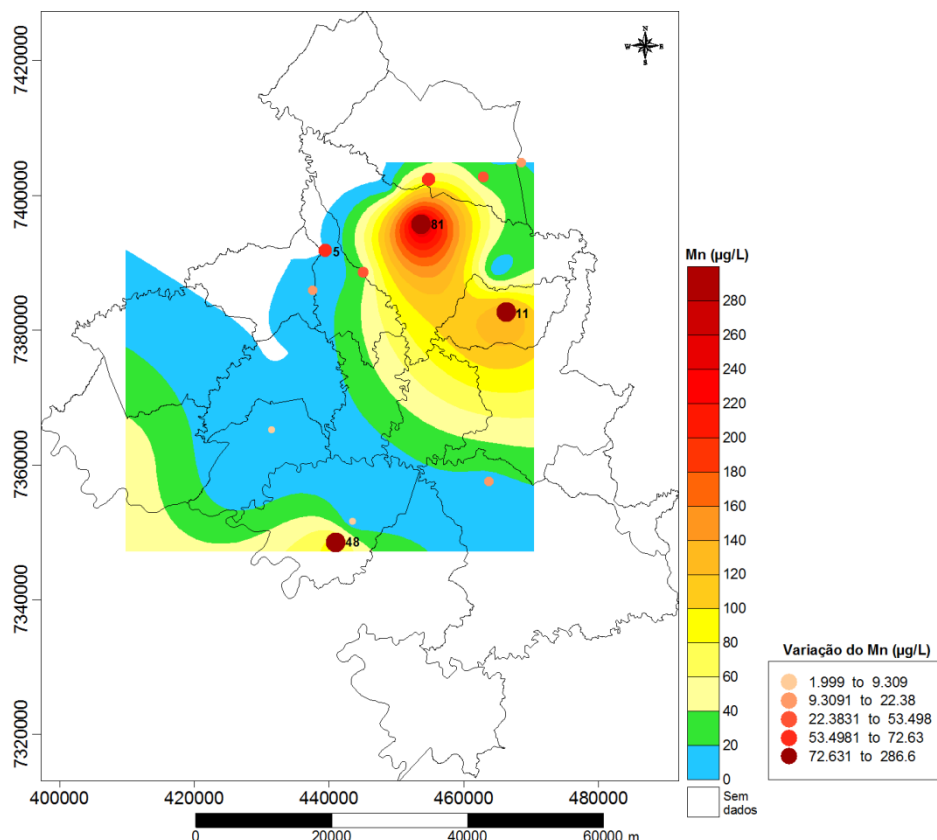


Figura 51: Mapa geoquímico do manganês nas águas superficiais da RSA.

5.1.13 Sódio (Na)

Os teores de sódio das águas subterrâneas da RSA apresentaram uma média de 6623,71 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 1314,9 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 21083 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 4847 $\mu\text{g/L}$. Entre os intervalos de 2000 e 12000 $\mu\text{g/L}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de sódio (Figuras 52 e 53). Os valores de Na encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria nº 5/2017 do MS e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 200 mg/L.

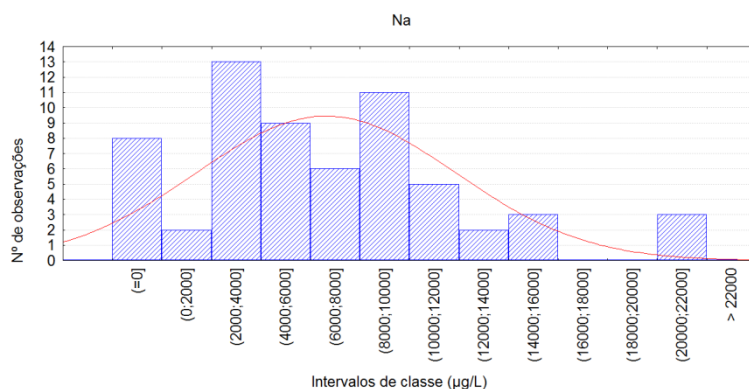


Figura 52: Frequência dos valores de sódio nas águas subterrâneas.

Os maiores teores de Na ocorreram nos poços 13, 25, 23, 45, 51, 55, 61 e 70, quando comparados com a média encontrada nas águas subterrâneas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva (Figura 53). Nos poços 12, 14, 24, 33, 50, 54, 59, 65 não foram detectados sódio.

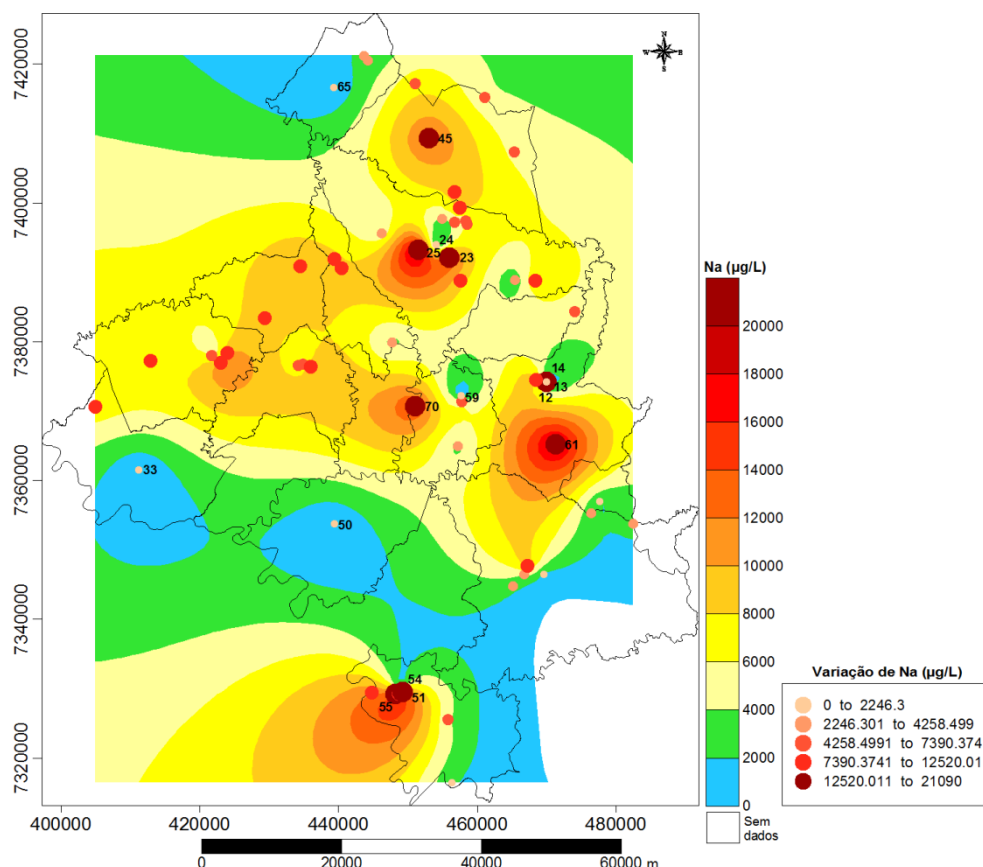


Figura 53: Mapa geoquímico do sódio nas águas subterrâneas na RSA.

Os teores de sódio das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 4890,5 µg/L, com um mínimo de 413,2 µg/L, um máximo de 17913,5 µg/L e um desvio padrão de 4733,4 µg/L. Entre os intervalos de 2000 e 4000 µg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de sódio (Figuras 54 e 55).

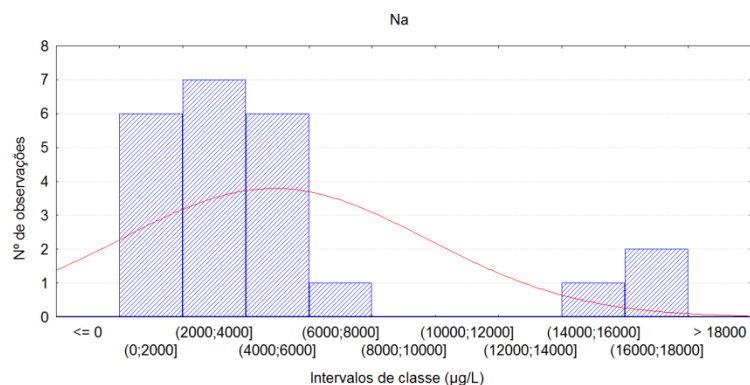


Figura 54: Frequência dos valores de sódio nas águas superficiais.

Nas águas superficiais os teores de sódio mais elevados foram nos pontos 5, 46 e 81. Os menores teores de Na foram ocorreram nos pontos 41, 49, 73, 77 e 84, quando comparados com a média encontrada nas águas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica nesses locais (Figura 55).

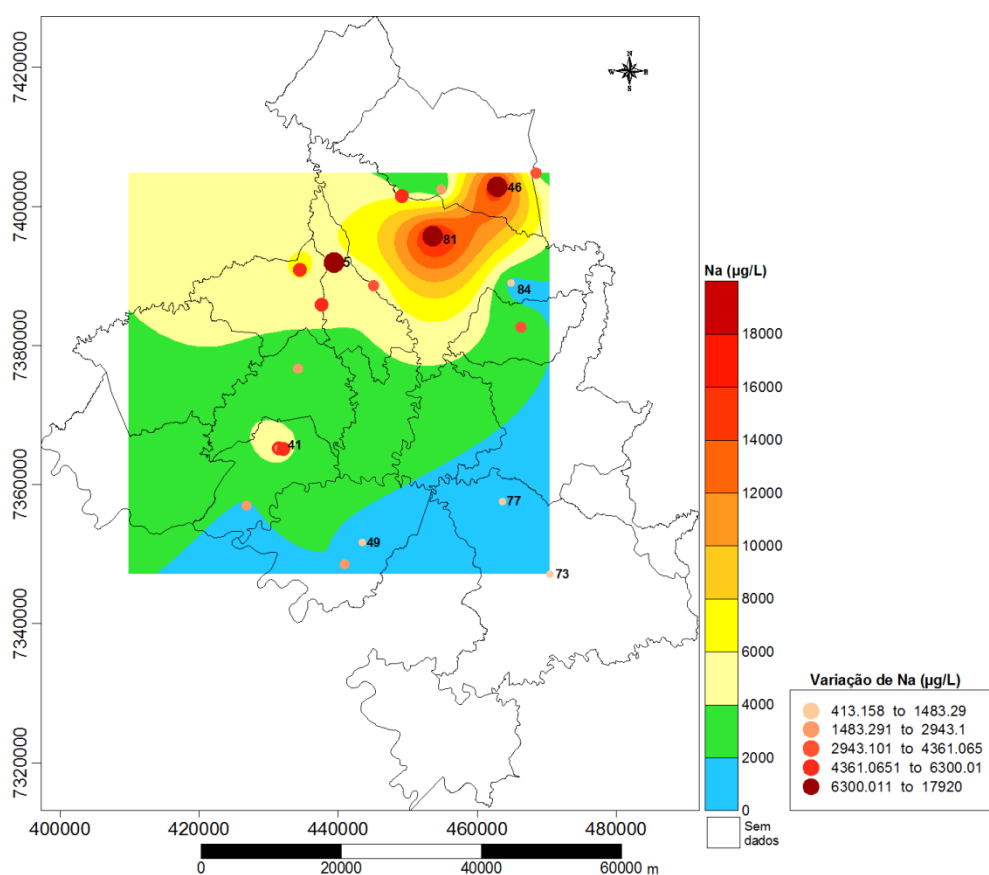


Figura 55: Mapa geoquímico do sódio nas águas superficiais na RSA.

5.1.14 Potássio (K)

Os teores de potássio das águas subterrâneas da RSA apresentaram uma média de 762,4 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 86,2 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 2171 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 468,7 $\mu\text{g/L}$. Entre o intervalo de 400 e 800 $\mu\text{g/L}$ encontra-se a maior frequência de ocorrência de potássio (Figuras 56 e 57). Tanto a Portaria nº 5/2017 do MS, quanto a Resolução 396 de 2008 do CONAMA não estabeleceram um valor máximo permitido nas águas para consumo humano.

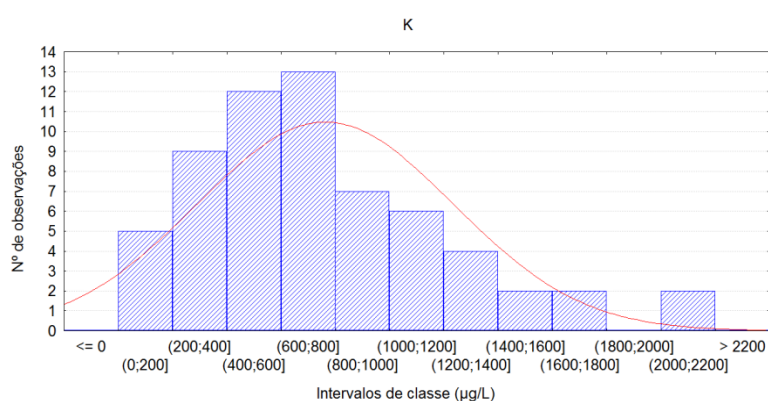


Figura 56: Frequência dos valores de potássio nas águas subterrâneas.

Os maiores valores encontrados nas águas da RSA foram nos poços 53, 54, 56, 57, 62, 63, 64, 72, 74 e 75. Os menores teores de potássio ocorreram no poço 59 e 65, quando comparados com a média encontrada nas águas subterrâneas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica nesses locais (Figura 57).

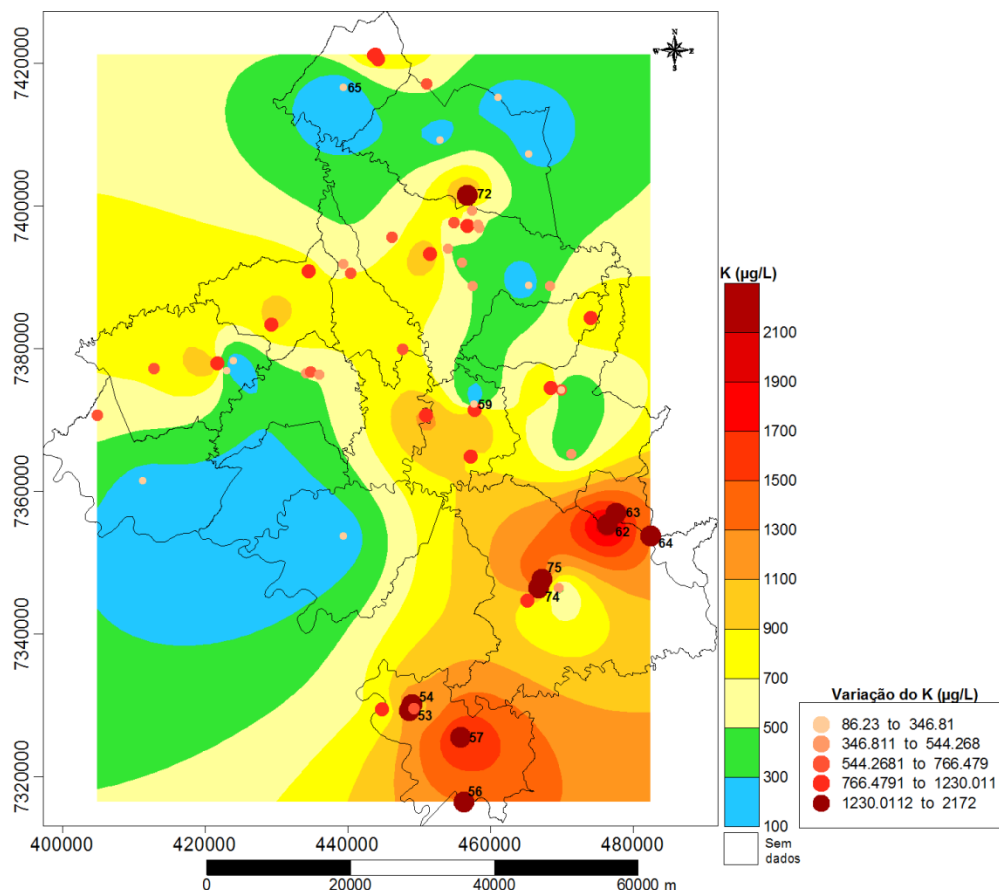


Figura 57: Mapa geoquímico do potássio nas águas subterrâneas na RSA.

Os teores de potássio das águas superficiais da RSA apresentaram uma média de 1218,1 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 94,6 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 7504,6 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 1408 $\mu\text{g/L}$. Entre o intervalo de 0 e 2000 $\mu\text{g/L}$ encontra-se a maior frequência de ocorrência de potássio (Figuras 58 e 59).

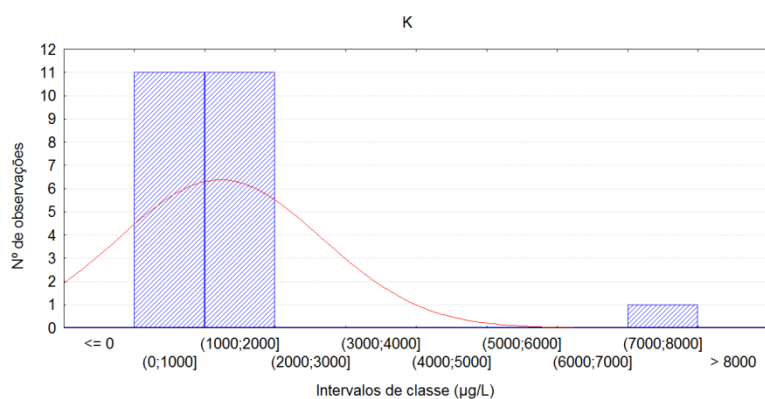


Figura 58: Frequência dos valores de potássio nas águas superficiais.

Nas águas superficiais os teores mais elevados foram nos pontos 05 e 81, com destaque para o ponto 05, afluente do Rio Pirapó, que apresentou a maior concentração de potássio verificada nas águas da RSA (Figura 59). O potássio tem amplo uso na produção de fertilizantes agrícolas. Os menores teores de potássio encontrados foram nas minas 73, 77 e 84.

Não há um VMP para o K, estabelecido pela Portaria nº 5/2017 do MS, e pela Resolução 357/2005 do CONAMA.

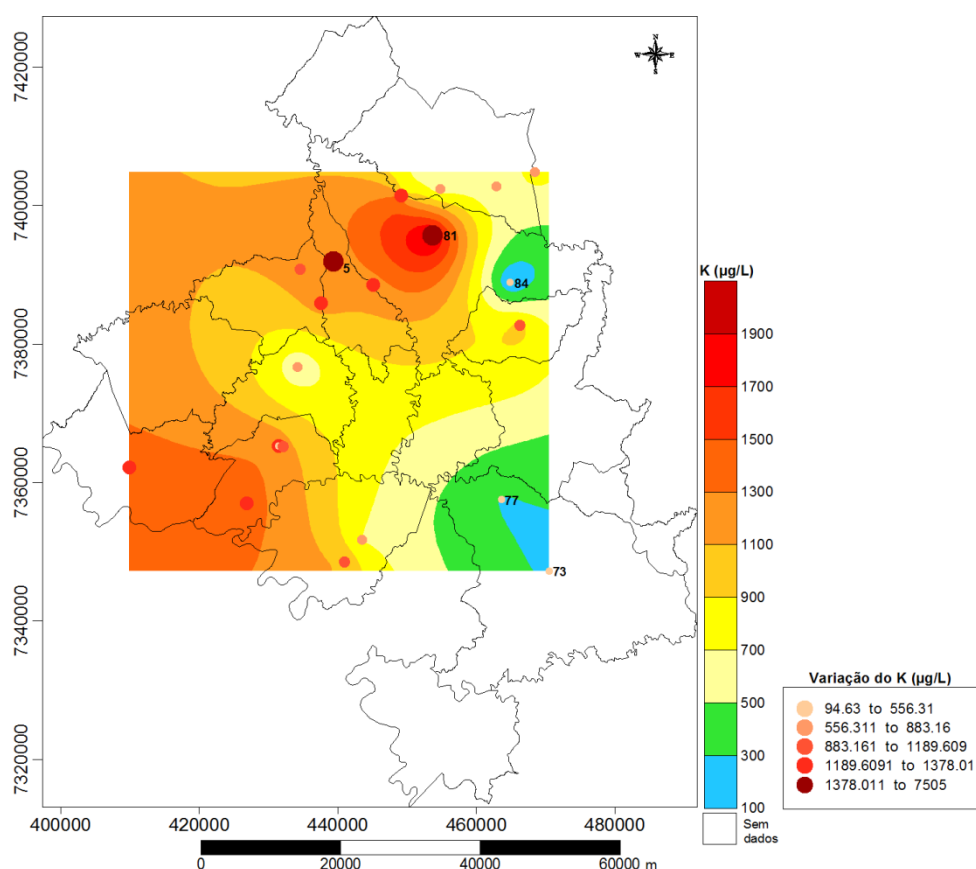


Figura 59: Mapa geoquímico do potássio nas águas superficiais na RSA.

5.1.15 Zinco (Zn)

Os teores de zinco nas águas subterrâneas da RSA foram detectados em apenas seis amostras, com uma média de 100,5 µg/L, com um mínimo de 2,7 µg/L, um máximo de 495,3 µg/L e um desvio padrão de 163,9 µg/L (Figuras 60 e 61). Os valores de Zn encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria nº 5/2017 do MS e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 5000 µg/L.

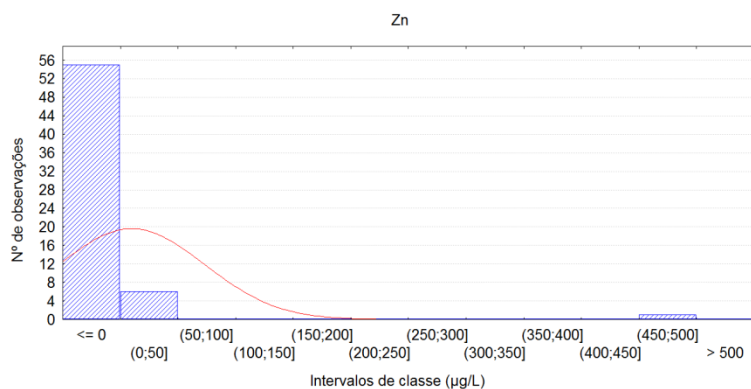


Figura 60: Frequência dos valores de zinco nas águas subterrâneas.

O maior teor de zinco ocorreu no poço 56, com um valor de 495,3 µg/L quando comparado com a média encontrada nas águas subterrâneas da RSA, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica positiva. O nível de zinco dissolvido na água pode aumentar à medida que a acidez da água aumenta (SILVA, 2003).

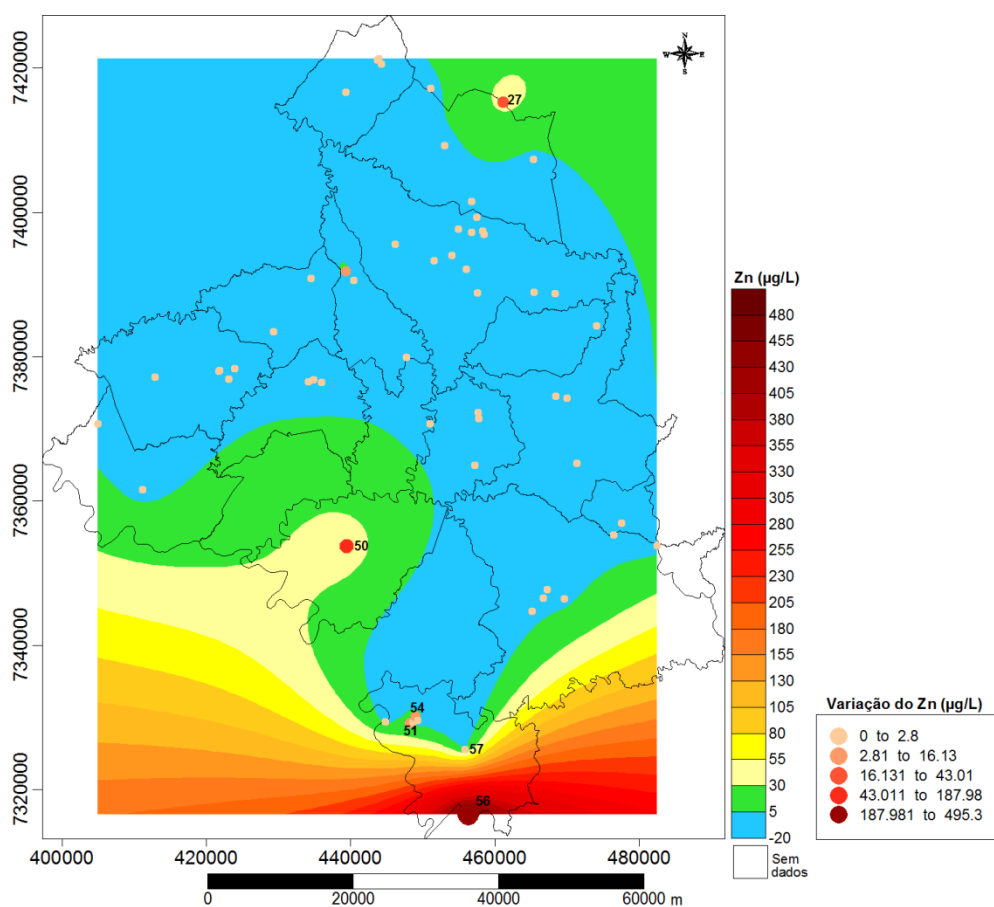


Figura 61: Mapa geoquímico do zinco nas águas subterrâneas na RSA.

O zinco foi detectado em somente uma amostra de água superficial, no ponto 49, com um valor de 111,6 µg/L, na nascente do Rio Laranja Doce em Borrazópolis.

5.2 A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS NEOPLASIAS E OS INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL NA RSA

5.2.1 Incidência de Neoplasias na RSA

Houve um aumento de 53% na incidência de câncer, em todas as idades, no período de 2008 a 2017. A faixa etária predominante para todo o período foi de 70 a 79 anos de idade (24,6%), seguida pela faixa etária de 60 a 69 anos (23,5%), e 80 anos e mais com 19,7% (Tabela 4).

Tabela 4: Número total de óbitos por neoplasias, por faixa etária, dos municípios da RSA (2008 a 2017).

Faixa Etária	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
< 1 ano	-	2	1	-	-	-	-	1	-	-
1 a 4 anos	3	2	-	1	-	-	1	1	3	-
5 a 9 anos	1	1	1	2	1	2	-	-	1	2
10 a 14 anos	-	1	1	1	-	1	-	1	1	2
15 a 19 anos	2	2	6	1	1	-	-	2	4	-
20 a 29 anos	4	4	5	4	7	10	4	9	5	7
30 a 39 anos	5	4	15	8	13	6	16	14	17	14
40 a 49 anos	37	40	43	42	43	50	34	38	33	36
50 a 59 anos	49	59	84	60	76	78	70	79	83	89
60 a 69 anos	87	94	92	85	101	115	98	89	105	113
70 a 79 anos	65	84	99	107	103	109	110	120	115	115
80 anos e mais	55	69	75	68	92	93	89	70	116	93

Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2017).

Analisando-se a distribuição geral por sexo e faixa etária, observou-se que 56,6% dos casos de óbitos foram do sexo masculino, predominando em quase todas as faixas etárias (Tabela 5).

Tabela 5: Distribuição por sexo e faixa etária de óbitos por neoplasias na RSA (2008 a 2017).

Faixa Etária	Sexo			
	Masculino		Feminino	
	N	(%)	N	(%)
< 1 ano	3	75	1	25
1 a 4 anos	8	73	3	27
5 a 9 anos	8	73	3	27
10 a 14 anos	6	75	2	25
15 a 19 anos	12	67	6	33
20 a 29 anos	33	56	26	44
30 a 39 anos	44	39	68	61
40 a 49 anos	175	44	221	56
50 a 59 anos	406	56	321	44
60 a 69 anos	611	62	368	38
70 a 79 anos	586	57	441	43
80 anos e mais	470	57	350	43

Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2017).

A maioria dos municípios da RSA apresentou um percentual do total de óbitos por neoplasias, maior que o do Brasil e alguns municípios um percentual maior que o do Paraná, no período 2008 - 2017. Os municípios Jandaia do Sul, Apucarana, Novo Itacolomi, Marumbi, Arapongas e Sabáudia apresentaram os maiores percentuais de óbitos por neoplasias da RSA. Os municípios de Grandes Rios e Faxinal apresentaram os menores percentuais de óbitos por neoplasias da regional (Tabela 6).

Tabela 6: Comparação do percentual de óbitos por neoplasias entre os municípios da RSA, Brasil e Paraná, no período de 2008 a 2017.

Municípios da RSA	% de Óbitos por Neoplasias	% de Óbitos por Neoplasias do Brasil	% de Óbitos por Neoplasias do Paraná
Apucarana	17,6	16,2	18,2
Arapongas	17,1		
Bom Sucesso	14,8		
Borrazópolis	15,4		
Califórnia	16,5		
Cambira	15,4		
Faxinal	12,8		
Grandes Rios	9,3		
Jandaia do Sul	19,0		
Kaloré	14,5		
Marilândia do Sul	14,9		
Marumbi	17,2		
Mauá da Serra	13,3		
Novo Itacolomi	17,5		
Rio Bom	13,9		
Sabáudia	17,0		
São Pedro do Ivaí	14,9		

Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2017).

Ao se analisar o período de 2008 a 2017, verifica-se que houve um crescimento da taxa de óbitos por neoplasias na regional, ocorrendo taxas superiores a taxa brasileira e paranaense em metade dos municípios. O município de Bom Sucesso foi o que apresentou a maior taxa de mortalidade por neoplasias (228), seguido pelos municípios de Marumbi (188,9) e Jandaia do Sul (187,4), no ano de 2017 (Tabela 7 e Figura 62).

Tabela 7: Taxa de mortalidade por neoplasias na RSA (2008-2017).

Municípios	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média
Apucarana	74,9	99,8	119,1	116,5	115,5	140,6	126,9	101,97	130,7	125,1	115,1
Arapongas	81,8	109,7	136,3	96,6	128,06	120,32	107,2	103,98	120,6	134,2	113,9
Bom Sucesso	75,4	134,8	45,7	91	196,4	102	101,4	100,81	100,3	228	117,6
Borrazópolis	155,6	109,3	203,1	116	196,3	168,3	131,4	133,39	121,8	109,9	144,5
Califórnia	103	128,7	75	123,5	209,1	95	118,1	141,09	117	128,2	123,9
Cambira	140,7	112	124,4	109,9	95,6	65,8	52,2	64,87	219,1	102,5	108,7
Faxinal	143,7	106	91,9	110	79,2	117,6	81,9	110,72	133,5	92,5	106,7
Grandes Rios	51	63,8	60,4	137,8	124,3	61,4	62,3	60,27	80	48,6	75,0
Jandaia do Sul	124,2	148,8	118,4	132,9	171,9	128,2	189,3	188,65	136,3	187,4	152,6
Kaloré	84,2	84,8	88,8	156,8	90,4	199,5	156,5	135,2	272,6	68,7	133,8
Marilândia do Sul	119,7	54,4	158	113	147,2	99	165,1	143,2	66,1	66,2	113,2
Marumbi	47,62	120,4	152,1	108,6	21,7	168,6	42,1	168,24	210,1	188,9	122,8
Mauá da Serra	60,5	82,9	58,4	91,8	101,5	96,2	52,4	113,34	111,4	49,8	81,8
Novo Itacolomi	213,1	35,6	176,9	141,6	70,9	206,5	34,4	68,8	275,2	34,4	125,7
Rio Bom	150,6	91,1	60	90,4	212	118,2	118,6	148,81	119,5	119,9	122,9
Sabáudia	53,3	88,6	147,6	65,1	112,9	139,3	92	227,79	120,4	149,2	119,6
São Pedro do Ivai	111,3	100,8	78,7	68,5	68,1	103,2	65,2	101,86	101,3	54,9	85,4
Brasil	88,4	90,0	93,8	95,8	98,8	98,0	99,1	102,61	104,4	106,8	97,8
Paraná	103,4	104,4	114,2	115,6	118,3	116,4	115,8	121,97	123,4	124,2	115,8

Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2017).

As taxas por neoplasias nos municípios da RSA apresentaram um percentil 25 de 83,2, um percentil 50 de 111,7 e um percentil 75 de 137,4, com um valor máximo de 275,2.

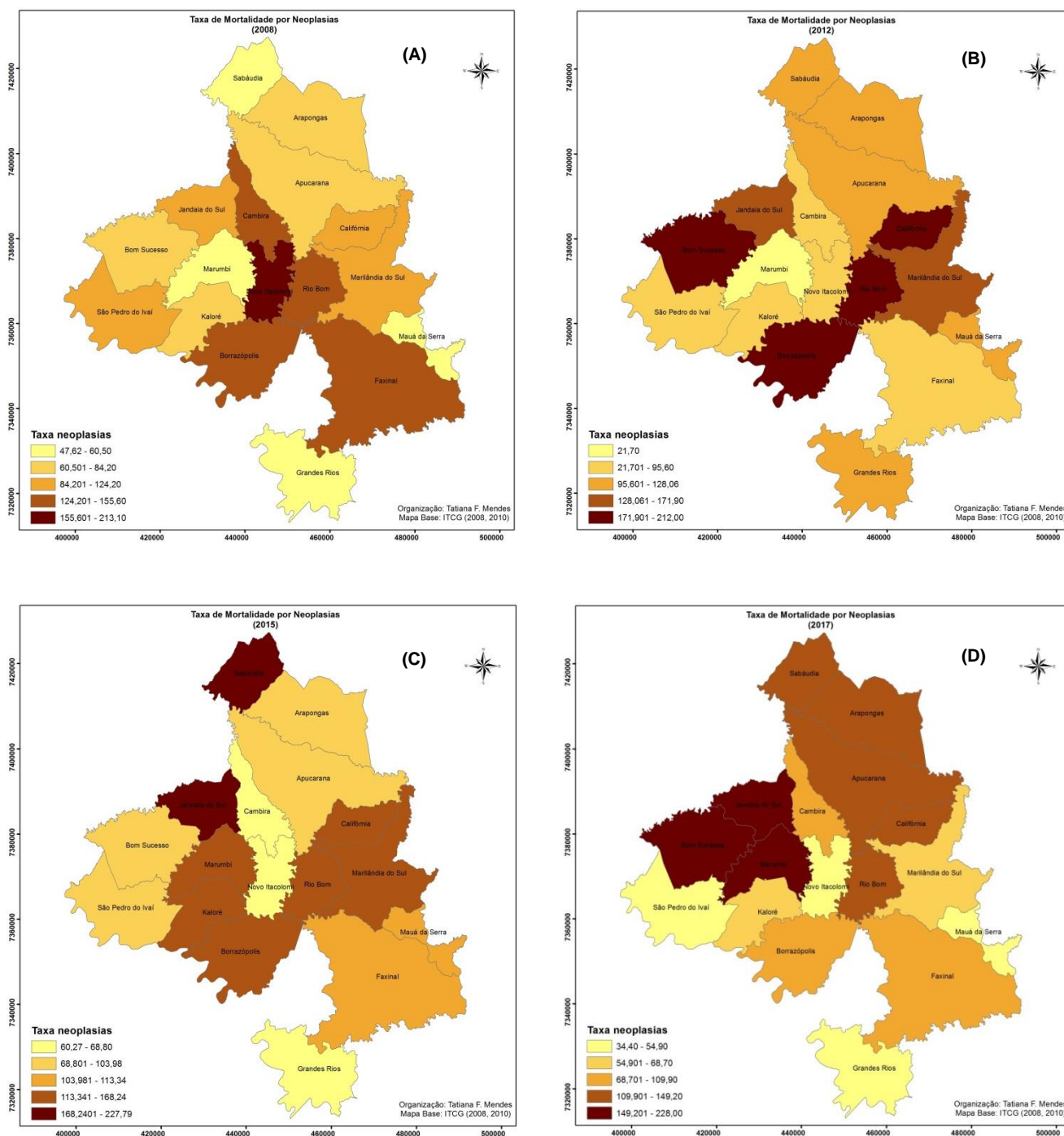


Figura 62 (A, B, C, D): Taxa de mortalidade por neoplasias dos municípios da RSA. Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2017).

A mediana das taxas médias de incidência de neoplasias foi de 117,6, com percentil 25 de 108,7, percentil 75 de 123,9 e valor máximo de 152,6.

Os municípios de Borrazópolis e Jandaia do Sul possuem as taxas médias de incidência de câncer mais elevadas da RSA (Tabela 7). Apesar de Apucarana apresentar o maior número total de óbitos por neoplasias (1.454 óbitos), no período de 2008 a 2017, são os municípios de Jandaia do Sul, Borrazópolis,

Kaloré, Novo Itacolomi, Califórnia, Rio Bom e Sabaúdia que possuem a maior incidência dessas doenças na população, ou seja, o maior risco de morte por essas doenças da RSA, evidenciado na Figura 63, pela formação de uma área bolsão de maior incidência de neoplasias na RSA. É possível observar que na Figura 62, mesmo com algumas flutuações no tempo, esses municípios apresentaram um agrupamento com taxas mais elevadas da RSA.

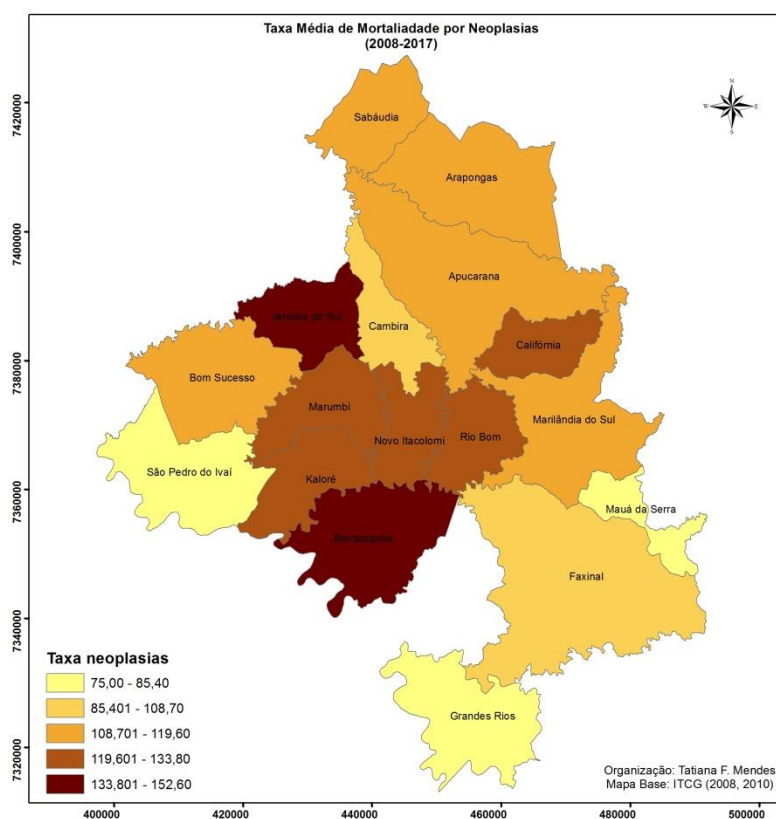


Figura 63: Taxa média de mortalidade por neoplasias dos municípios da RSA. Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2017).

Analisando-se as taxas médias de mortalidade pelos principais tipos de neoplasias da RSA, no período de 2008 a 2017, observa-se que as maiores taxas são por neoplasia maligna dos brônquios e pulmões, neoplasia maligna do estômago, neoplasia maligna da próstata e neoplasia maligna da mama (Figura 64).

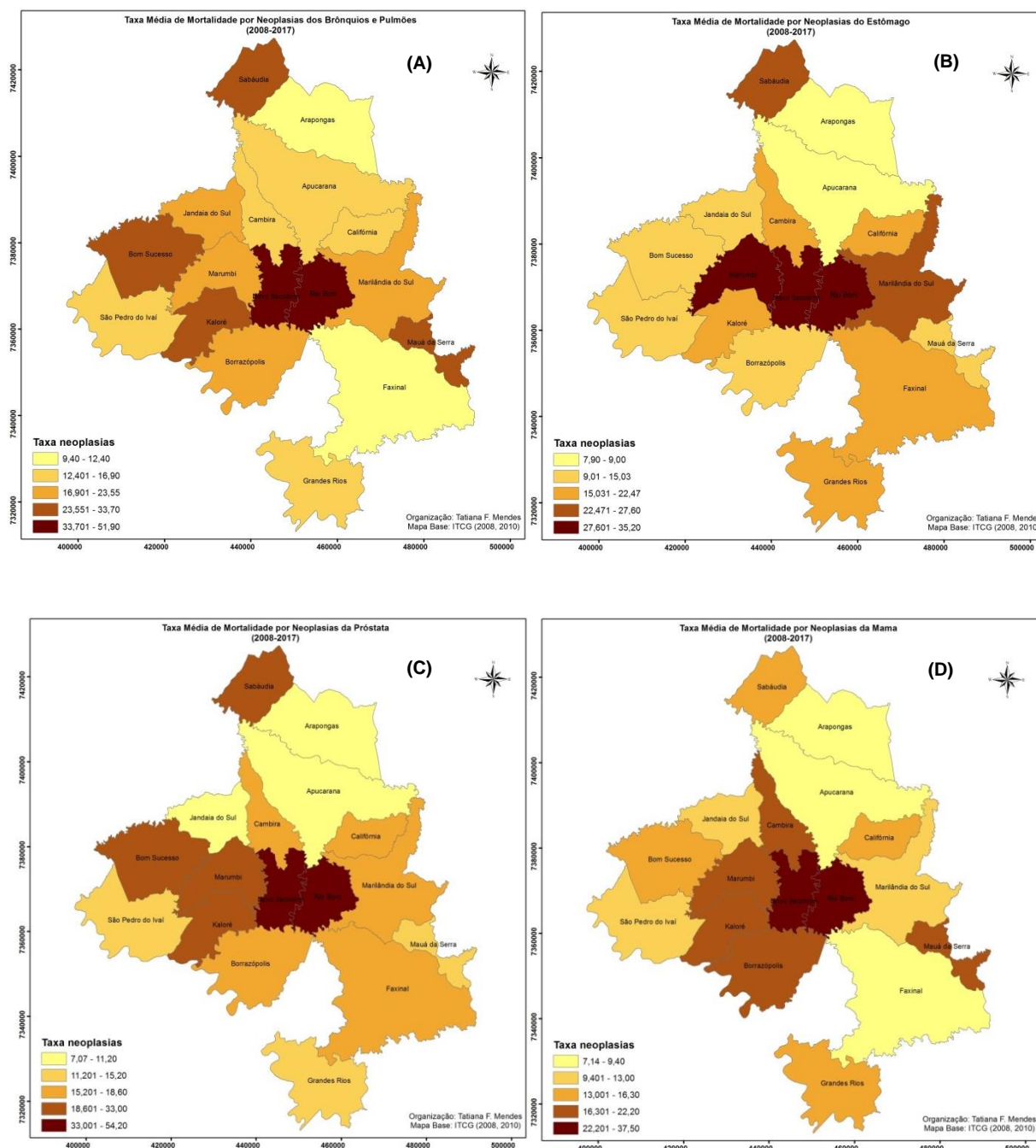


Figura 64 (A, B, C, D): Taxa de mortalidade pelos principais tipos de neoplasias nos municípios da RSA. Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2017).

O bolsão identificado com o agrupamento dos municípios observados na Figura 63, também pode ser visualizado na Figura 64, com destaque para os municípios de Novo Itacolomi e Rio Bom, com as taxas mais elevadas da RSA para esses quatro tipos de câncer.

5.2.2 Análise Espacial da Incidência de Neoplasias na RSA

Na Figura 65 estão representadas as taxas de incidência média das neoplasias e taxa média pelos tipos de câncer de maior ocorrência na RSA de acordo com o Índice de Moran Local.

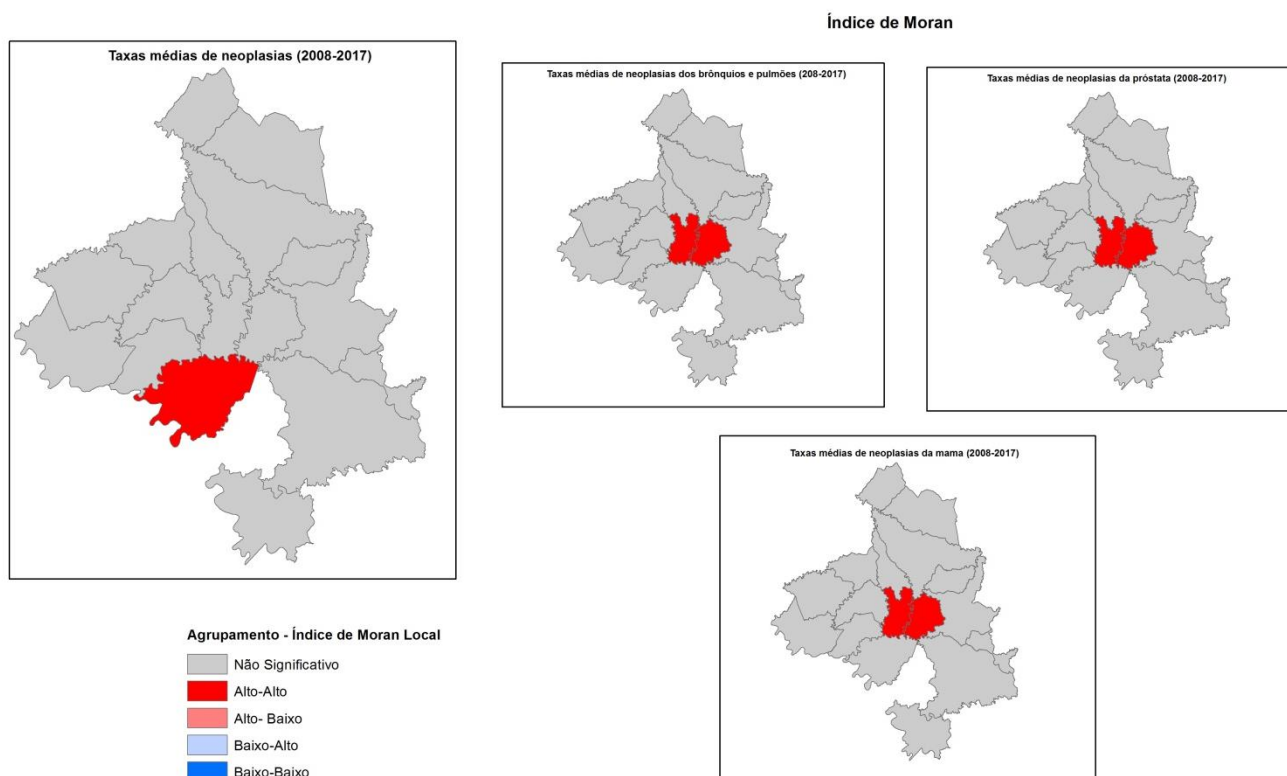


Figura 65: Municípios com significância no índice de Moran Local das taxas médias das neoplasias e pelos principais tipos de câncer na RSA (2008-2017).

Legenda: **Alto-Alto:** municípios com agrupamento de valores altos e média dos vizinhos alta.

Alto-Baixo: municípios com *outlier* de valores altos que não se agrupam, pois se encontram em meio a valores baixos.

Baixo-Alto: municípios com *outlier* de valores baixos que não se agrupam, pois se encontram em meio a valores altos.

Baixo-Baixo: municípios com agrupamento de valores baixos e média dos vizinhos baixa.

Não significativos: não se enquadram nos agrupamentos, pois apresentam níveis variados assim como os valores dos vizinhos.

Fonte: Elaborado pela autora.

Por meio do Índice de Moran Local foi identificado no mapa das taxas médias de neoplasias da RSA, que o município de Borrazópolis apresentou uma taxa de incidência alta e média dos municípios vizinhos alta (Figura 65). Os mapas que mostram o índice de Moran das taxas médias das neoplasias de brônquios e pulmões, próstata e mama apresentam a autocorrelação espacial entre os municípios de Novo Itacolomi e Rio Bom, também com altas taxas de incidência e

média alta dos municípios vizinhos. O Índice de Moran não identificou a presença de cluster espacial no mapa de taxas médias de neoplasias de estômago da RSA.

5.2.3 Indicadores de Saúde Ambiental da RSA

Com a análise dos indicadores de saúde ambiental da RSA (Tabela 8), buscou-se uma caracterização dos municípios da área de estudo: Índice de Gini, IDHM, proporção de vulneráveis à pobreza, crescimento populacional, urbanização, renda média domiciliar *per capita*, frota de veículos, número de estabelecimentos agropecuários, número de indústrias extrativas e de transformação, agrotóxico comercializado e unidades básicas de saúde (UBS).

Tabela 8: Variabilidade dos indicadores de saúde ambiental dos municípios da RSA.

	Desvio padrão	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Máximo
Índice de Gini	0,03	0,42	0,44	0,46	0,5
IDHM	0,03	0,691	0,721	0,729	0,748
Vulneráveis à pobreza	8,7	18,11	23,79	30,38	40,33
Crescimento pop.	1,17	-0,23	0,44	0,79	2,83
Urbanização	11,9	71,24	75,66	81,98	97,79
Renda média <i>per capita</i>	109,9	527,37	605,96	660,39	835,11
Taxa da frota de veículos	7667,5	56121,9	61519,6	68455,1	72605,2
Taxa estab. agrop.	3115,8	2052,4	4162,9	7646,5	10488,3
Taxa de indústrias	247,6	220,6	398,7	515,8	1089,2
Taxa de agrotóxico	1123	986,6	1629,1	2562,2	3980,1
% Óbitos por neoplasias	2,2	14,5	15,4	17,1	19,0
Taxa média neoplasias	19,8	108,7	117,6	123,9	152,6
Taxa média n. estômago	7,9	13,3	19,3	25,6	35,2
Taxa média n. brônquios	10,6	14,7	19,06	25,3	51,9
Taxa média n. mama	8,3	11,8	15,7	19,4	37,5
Taxa média n. próstata	13,1	14,1	16,4	24,9	54,2
UBS	9,3	2	2	3	32

Fonte: Elaborada pela autora.

O Índice de Gini, instrumento utilizado para medir o grau de concentração de renda, com um valor mínimo de 0,38 e valor máximo de 0,5 na RSA, mostrou que há uma desigualdade maior na distribuição de renda nos municípios de Califórnia, Faxinal, Mauá da Serra, Marumbi, Jandaia do Sul, Arapongas, Grandes Rios e Apucarana (Figura 66). O Índice de Moran não identificou a presença de cluster espacial com relação à distribuição do índice de Gini da RSA.

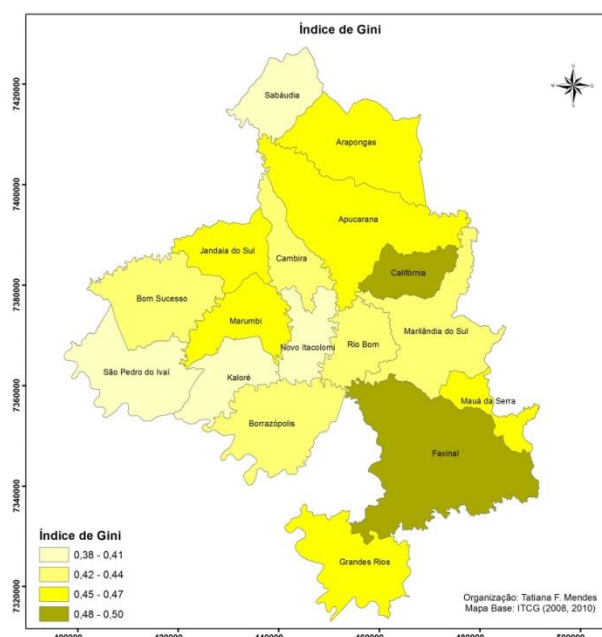


Figura 66: Índice de Gini dos municípios da RSA. Fonte: IBGE (2010).

Analisando-se o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) dos municípios da RSA, com valor mínimo de 0,652 e máximo de 0,748, percebe-se que os municípios de Apucarana, Arapongas, Jandaia do Sul e Sabáudia apresentaram os índices mais elevados (Figura 67). Os municípios de Mauá da Serra, Grandes Rios, Faxinal e Marilândia do Sul apresentaram os índices mais baixos. Por meio do Índice de Moran Local foi identificado no mapa do IDHM da RSA, um cluster entre os municípios de Apucarana e Arapongas, com uma taxa de incidência alta e média dos municípios vizinhos alta. O município de Faxinal apresentou um IDHM baixo e média dos municípios vizinhos baixa (Figura 67).

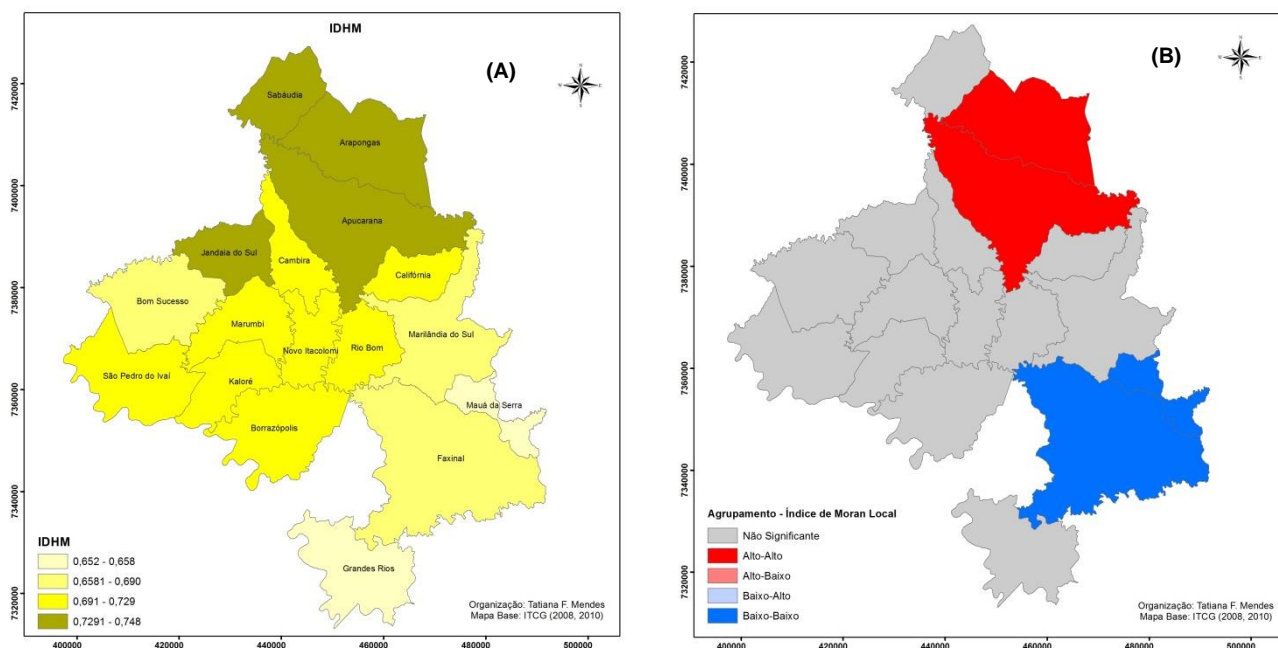


Figura 67: (A) IDHM dos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local. Fonte: IBGE (2010).

A proporção de vulneráveis a pobreza é maior no Sudeste da RSA, nos municípios de Grandes Rios, Mauá da Serra, Marilândia do Sul, Rio Bom e Faxinal (Figura 68). O município de Arapongas apresentou o menor valor, 10,9%. Foi identificado um cluster entre os municípios de Faxinal, Mauá da Serra e Marilândia do Sul com alta proporção de vulneráveis à pobreza e média dos vizinhos alta e uma baixa proporção de pobreza no município de arapongas com uma média dos municípios baixa.

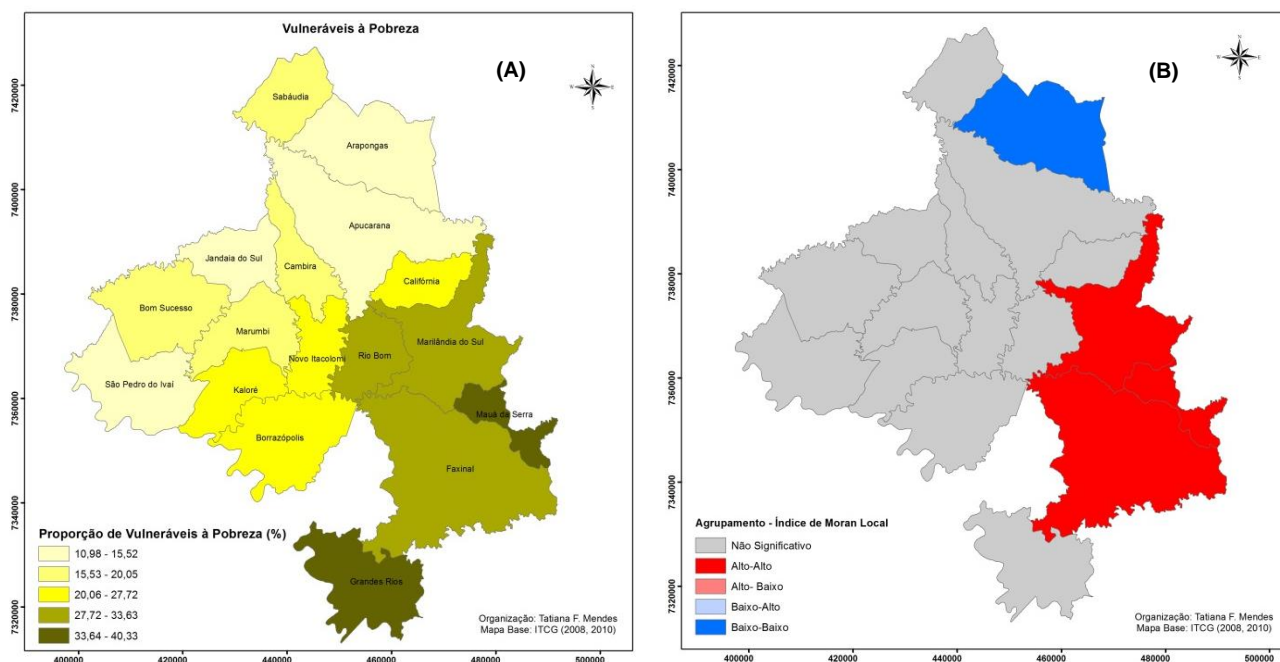


Figura 68: (A) Proporção de vulneráveis à pobreza s municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local. Fonte: IBGE (2010).

A taxa de crescimento populacional mais elevada foi encontrada nos municípios de Mauá da Serra, Arapongas, Sabáudia e Apucarana. Por outro lado, os municípios de Borrazópolis, Grandes Rios, Kaloré, Rio Bom, Marilândia do Sul, Novo Itacolomi e Marumbi apresentaram um crescimento negativo (Figura 69). Não foi identificada uma correlação espacial do crescimento populacional pelo índice de Moran.

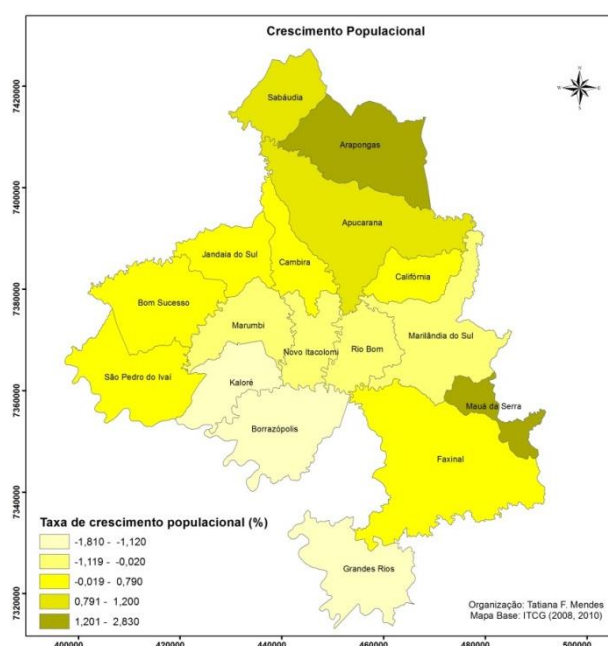


Figura 69: Crescimento populacional dos municípios da RSA. Fonte: IBGE (2010).

A taxa de urbanização, com um valor mínimo de 53,7% e um valor máximo de 97,8%, apresentou maior valor nos municípios de Arapongas, Apucarana e Jandaia do Sul. Uma menor taxa de urbanização foi encontrada em Grandes Rios, Novo Itacolomi e Rio Bom. Por meio do Índice de Moran Local foi identificado que o município de Arapongas apresentou uma taxa de urbanização alta e a média dos municípios vizinhos alta (Figura 70).

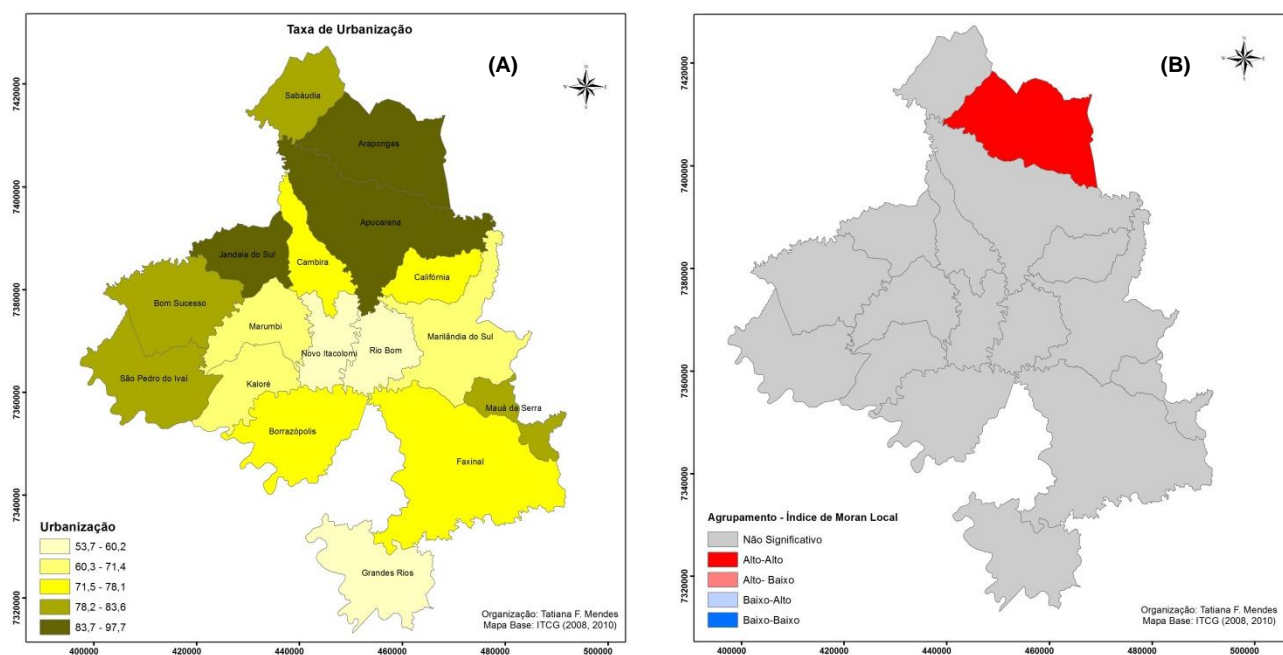


Figura 70: (A) Urbanização dos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local. Fonte: IBGE (2010).

A renda média domiciliar *per capita* (R\$ 1,00), com um valor mínimo de R\$ 452 e máximo de R\$ 835, mostrou que em Arapongas, Apucarana e Jandaia do Sul a população tem uma renda maior domiciliar *per capita*, enquanto que em Grandes Rios, Mauá da Serra, Marilândia do Sul, Rio Bom, Kaloré e Novo Itacolomi os valores de renda são os mais baixos da RSA. Foi identificado um cluster entre os municípios de Arapongas e Apucarana com alta renda e média dos vizinhos alta (Figura 71).

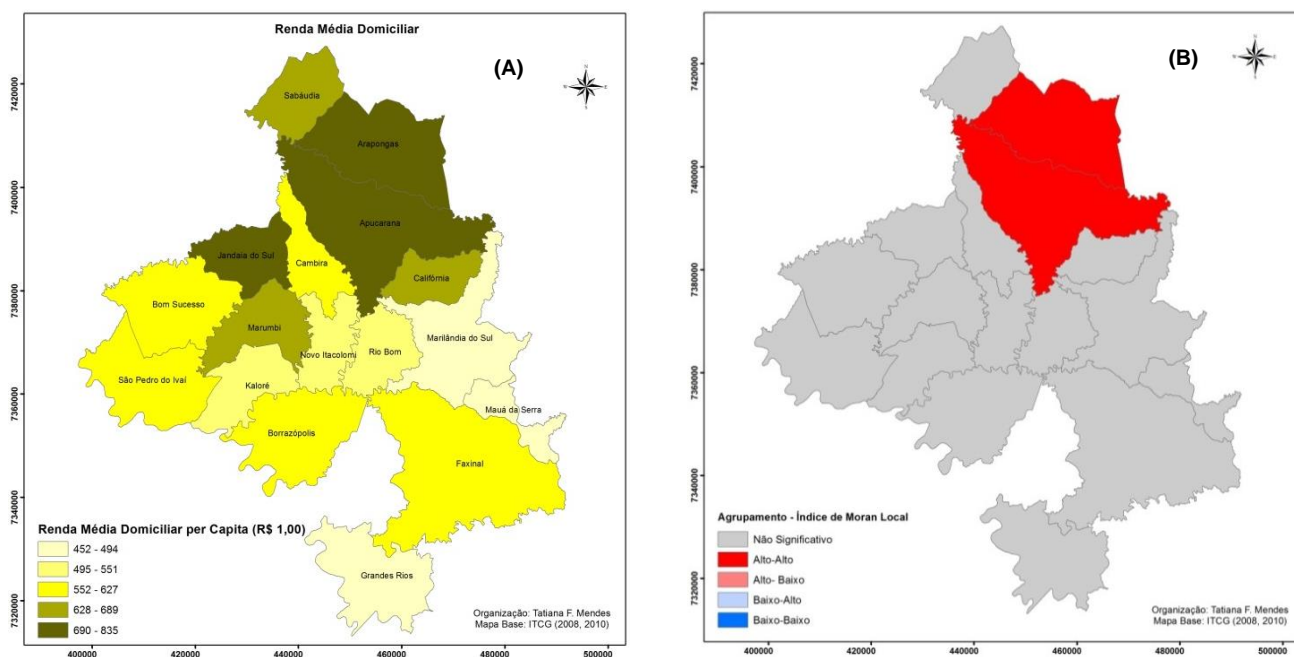


Figura 71: (A) Renda domiciliar *per capita* dos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local. Fonte: IBGE (2010).

A taxa da frota de veículos na RSA, com um valor mínimo de 45.718,8 e máximo de 72.605,2 veículos, apresentou uma maior taxa nos municípios de Arapongas e Sabáudia, e baixa taxa da frota em Bom Sucesso, Grandes Rios e Mauá da Serra (Figura 72). O Índice de Moran não identificou a presença de cluster espacial com relação à taxa da frota de veículos na RSA.

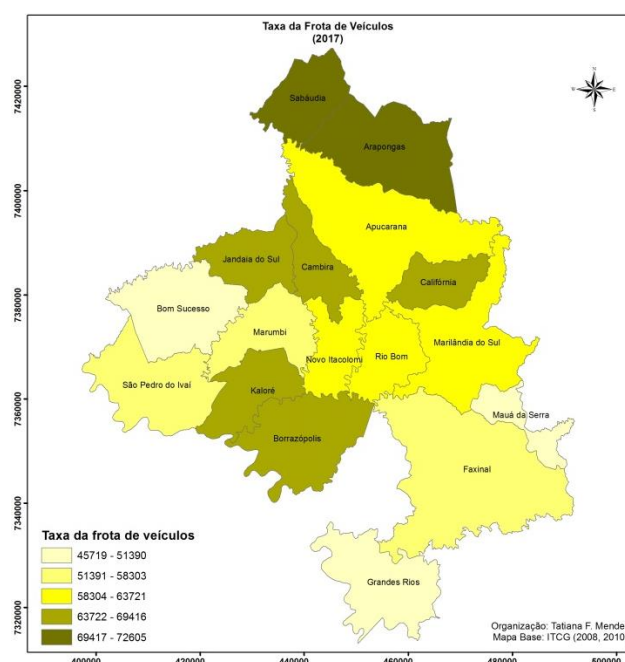


Figura 72: Frota de veículos dos municípios da RSA. Fonte: IBGE (2017).

A taxa de estabelecimentos agropecuários na RSA apresentou uma variabilidade elevada, com um mínimo de 477,7 e um máximo de 10.488,3 estabelecimentos. Os municípios de Novo Itacolomi, Grandes Rios e Marumbi apresentaram as maiores taxas, refletindo a diferença populacional e de estrutura fundiária entre os municípios da RSA (Figura 73).

O Índice de Moran mostrou essa diferença de estrutura fundiária na regional, pois, evidenciou a presença de um agrupamento entre Borrazópolis, Marumbi e Novo Itacolomi, com uma taxa alta de estabelecimentos agropecuários e uma média alta dos municípios vizinhos (Figura 73).

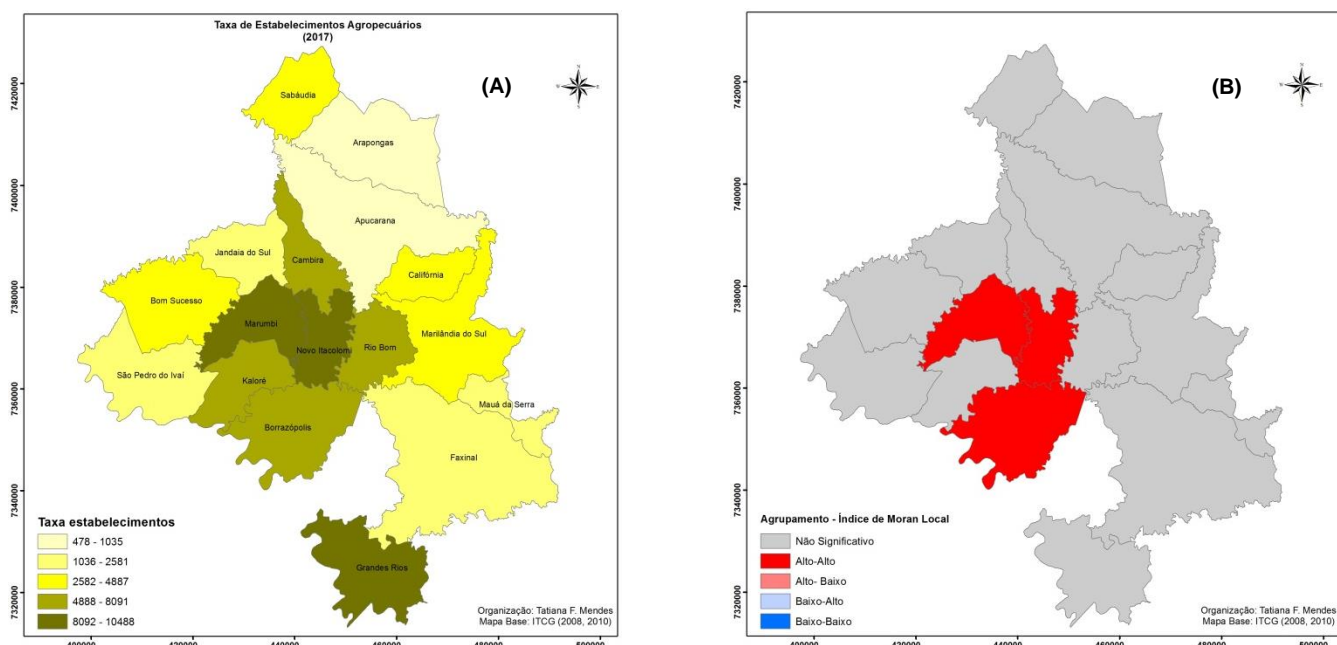


Figura 73: (A) Número de estabelecimentos agropecuários dos municípios da RSA; (B) Municípios com significância no índice de Moran Local. Fonte: IBGE (2017).

A taxa de indústrias extrativas e de transformação mostrou de forma bem evidente a desigualdade existente entre os municípios na RSA, com um valor mínimo de 114 e um máximo de 1089,2 indústrias. Sabáudia e Apucarana apresentaram as maiores taxas de indústria, enquanto os municípios de Bom Sucesso, Grandes Rios e São Pedro do Ivaí apresentam a menor taxa de indústrias na regional (Figura 74). O Índice de Moran não identificou a presença cluster espacial com relação à taxa de indústrias na RSA.

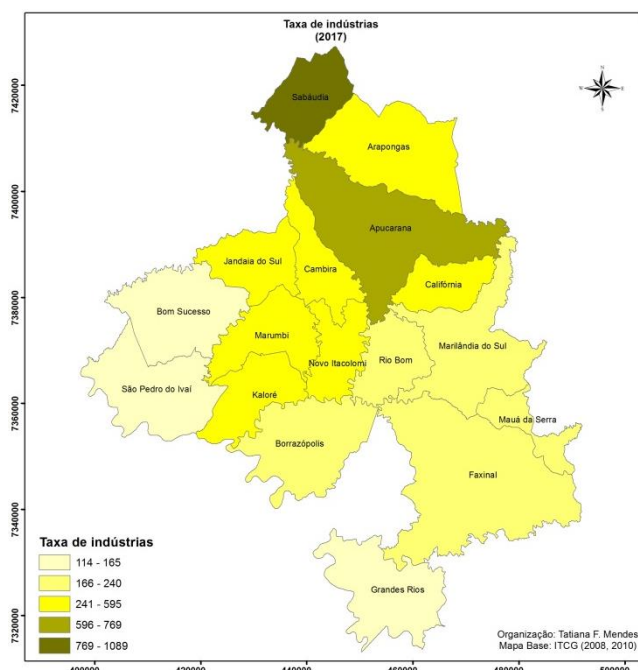


Figura 74: Taxa de indústrias extrativas e de transformação dos municípios da RSA. Fonte: RAIS (2017).

A taxa do volume de agrotóxico comercializado teve um valor mínimo de 2016,5 em Apucarana e um máximo de 3080,1 em Marilândia do Sul. A população mais exposta a essas substâncias químicas são as de Marilândia do Sul, Kaloré, Borrazópolis, Rio Bom e Sabáudia. Essa situação ficou evidenciada pelo índice de Moran, que identificou o município de Borrazópolis com uma alta taxa de agrotóxicos comercializados e uma média alta dos municípios vizinhos, e Apucarana com um agrupamento de valores baixos e média baixa dos municípios vizinhos (Figura 75).

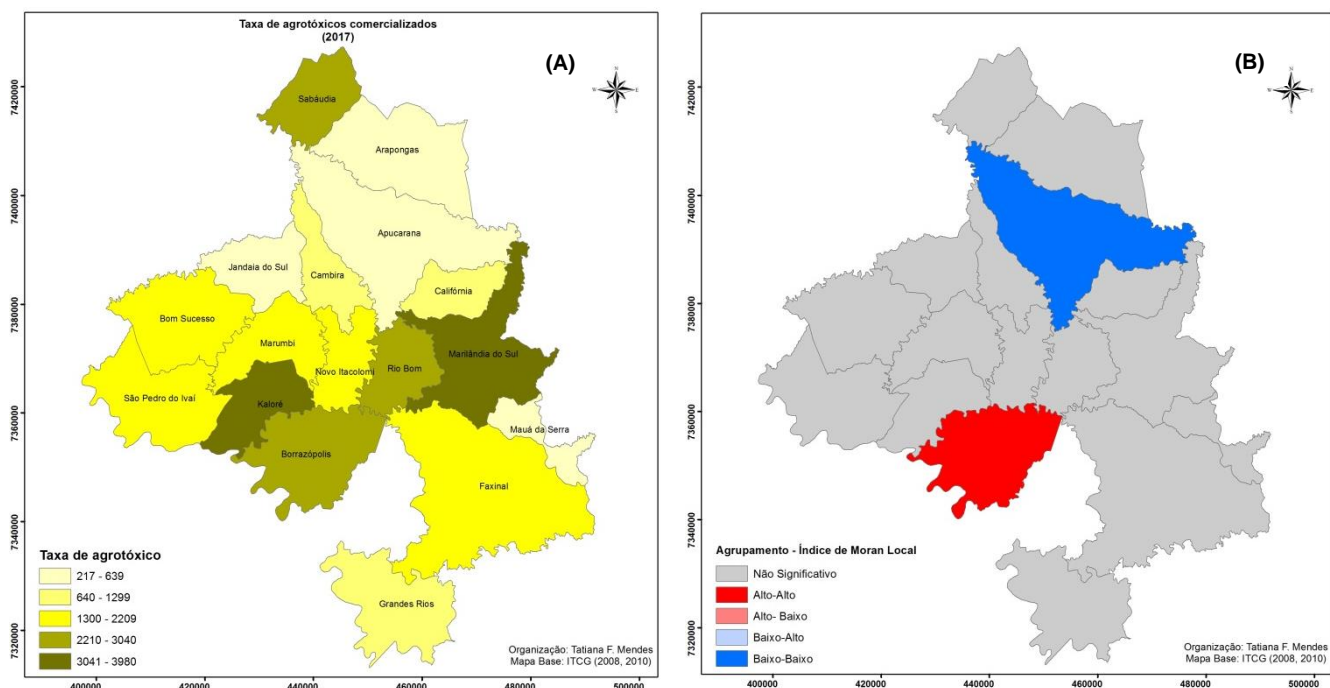


Figura 75: A - Taxa do volume de agrotóxico comercializado nos municípios da RSA; B - Municípios com significância no índice de Moran. Fonte: SIAGRO (2017).

A média dos municípios da RSA é de duas UBS, concentrando os serviços de saúde em Apucarana e Arapongas, municípios esses com as maiores populações da RSA. Essa concentração ficou evidente no cluster identificado pelo Índice de Moran (Figura 76).

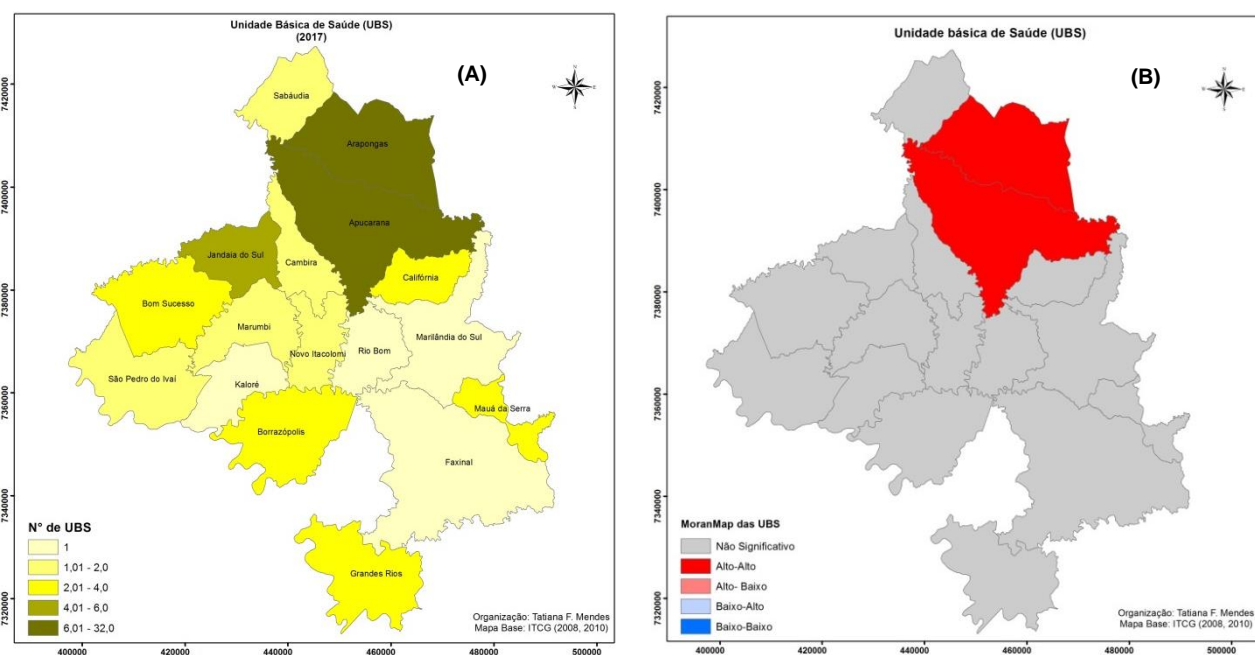


Figura 76: A - Número de UBS nos municípios da RSA; B - Municípios com significância no índice de Moran. Fonte: IPARDES (2017).

A correlação de Pearson entre os indicadores de saúde ambiental e as taxas médias de neoplasias e o percentual de óbitos por neoplasias apresentaram algumas correlações, de fraca a altamente positiva (Tabela 9). Observou-se uma correlação altamente positiva entre o IDHM e a percentagem de óbitos por neoplasias, e uma correlação moderadamente positiva entre o IDHM e a taxa média de óbitos por neoplasias e a taxa média de óbitos por neoplasias do estômago. Ocorreu uma correlação fraca e moderadamente positiva entre as variáveis de proporção de vulneráveis à pobreza e a taxa média de óbito por neoplasias dos brônquios e pulmões, próstata, estômago e mama (Tabela 9). O crescimento populacional apresentou uma correlação fracamente positiva com a percentagem de óbitos por neoplasias.

Os indicadores urbanização, renda média domiciliar *per capita* e a taxa de frota de veículos, apresentaram uma correlação moderadamente positiva com a percentagem e a taxa média de óbitos por neoplasias (Tabela 9).

A taxa de estabelecimentos agropecuários apresentou uma correlação fracamente positiva com a taxa média de óbitos por neoplasias; uma correlação moderadamente positiva com as taxas médias de óbitos por neoplasias da próstata e dos brônquios e pulmões; uma correlação altamente positiva com as taxas médias de óbitos por neoplasias do estômago e da mama. A taxa de indústrias apresentou uma correlação fraca positiva com a taxa média de neoplasias e a taxa média de neoplasias do estomago, e uma correlação moderadamente positiva com a percentagem de óbitos por neoplasias (Tabela 9).

Com relação ao indicador agrotóxico, este apresentou uma correlação fracamente positiva com a percentagem de óbitos por neoplasias e moderadamente positiva com a taxa média de óbitos por neoplasias, e com as taxas médias de óbito por neoplasias do estômago, brônquios e pulmões, próstata, mama (Tabela 9).

Verificou-se que a UBS apresentou uma correlação moderadamente positiva com a percentagem de óbitos por neoplasias.

Tabela 9: Correlação do coeficiente linear de Pearson.

	% Óbitos por neoplasias		Taxa Média Neoplasias		Taxa Média N. Estômago		Taxa Média N. Brônquios		Taxa Média N. Mama		Taxa Média N. Próstata	
	R	P-valor	R	P-valor	R	P-valor	R	P-valor	R	P-valor	R	P-valor
Índice de Gini	-0,1	0,8	-0,1	0,7	-0,4	0,2	-0,7	0,0	-0,5	0,1	-0,4	0,1
IDHM	0,8	0,0	0,6	0,0	-0,1	0,7	0,0	1,0	-0,1	0,8	0,0	0,9
Vulneráveis à pobreza	-0,8	0,0	-0,4	0,1	0,4	0,2	0,2	0,5	0,4	0,2	0,2	0,4
Crescimento populacional	0,3	0,2	-0,3	0,2	-0,4	0,1	-0,3	0,3	-0,4	0,2	-0,3	0,2
Urbanização	0,5	0,0	0,1	0,6	-0,8	0,0	-0,5	0,0	-0,7	0,0	-0,7	0,0
Renda média domiciliar <i>per capita</i>	0,7	0,0	0,4	0,1	-0,5	0,0	-0,4	0,1	-0,5	0,0	-0,4	0,1
Taxa da frota de veículos	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9
Taxa de estabelecimentos agropecuários	-0,2	0,4	0,1	0,6	0,8	0,0	0,6	0,0	0,8	0,0	0,7	0,0
Taxa de indústrias	0,6	0,0	0,3	0,2	0,1	0,7	0,0	0,9	-0,1	0,8	0,0	1,0
Taxa de agrotóxico comercializado	-0,2	0,4	0,2	0,3	0,5	0,0	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1
UBS	0,4	0,2	0,0	1,0	-0,6	0,0	-0,3	0,2	-0,5	0,1	-0,4	0,1

Fonte: Elaborada pela autora.

Os vários indicadores de qualidade de vida e ambiente, muitas vezes estão relacionados no espaço: uma área com alto nível de renda tende a apresentar boa cobertura dos serviços de saneamento, saúde e de educação (BARCELLOS, 2008).

A correlação altamente positiva ($r = 0,8$) do IDHM com a percentagem de neoplasias na RSA revela a influência das dimensões longevidade, educação e renda *per capita* na incidência de câncer na população. As variáveis proporção de vulneráveis à pobreza e renda *per capita* também indicam essa tendência de pessoas com baixo nível socioeconômico e maior incidência de câncer. Segundo Ikefuti & Barrozo (2015) os fatores socioeconômicos são fortemente associados com a mortalidade.

Observou-se que a correlação altamente positiva entre a taxa de estabelecimentos agropecuários com as taxas médias de óbitos por neoplasias do

estômago, e mama ($r = 0,8$), expressa a diferença de estrutura fundiária na região associada a uma baixa renda existente nesses municípios com maior taxa de óbitos por esses tipos de neoplasias de maior ocorrência.

O volume de agrotóxico comercializado nos municípios apresentou uma correlação moderadamente positiva com a incidência de câncer, o que de encontro a vários estudos que comprovam que as crescentes exposições da população às substâncias químicas, como os agrotóxicos, aumentam a incidência de diversos tipos de neoplasias (KOIFMAN et al., 2002; KOIFMAN & HATAGIMA, 2003; PERES & MOREIRA, 2003; MEYER et al, 2005; MILIGI et al, 2006; GIBSON & KOIFMAN, 2008; SANTOS et al, 2008; ANDREOTTI et al., 2009; DUTRA & FERREIRA, 2017; PICOLLI et al. 2019).

A aplicação de agrotóxicos no Paraná apresentou um crescimento de 113% no período de 2000 a 2018 (Figura 77).

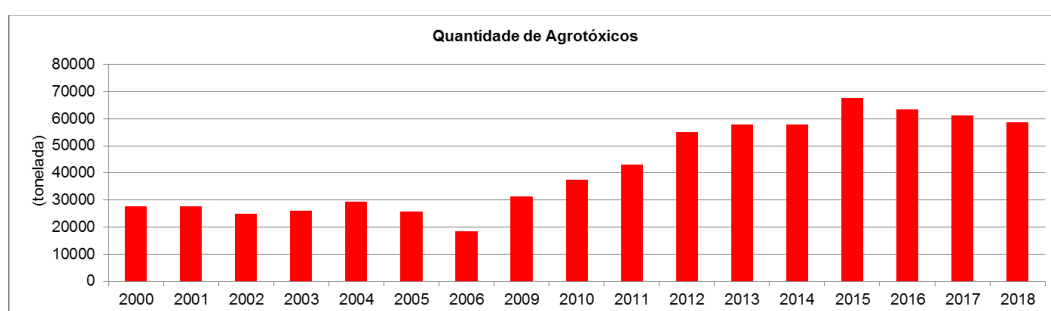


Figura 77: Venda de agrotóxicos no Paraná no período de 2000 a 2018. Fonte: IBAMA (2019).

A grande quantidade de agrotóxicos utilizados na agropecuária tem trazido diversas modificações para o ambiente, contaminando as comunidades de seres vivos que o compõem, nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (biota, água, ar, solo, sedimentos etc.) e também se acumulando nas cadeias tróficas (PERES & MOREIRA, 2003). Portanto, além da população ocupacionalmente exposta a estes agentes químicos, a população no geral é afetada pela contaminação alimentar e dos recursos hídricos, oferecendo um importante risco à saúde das populações humanas e ao ambiente.

A associação entre os indicadores de saúde ambiental e a taxa de óbitos por neoplasias na regional permitiu caracterizar o perfil de saúde da população da RSA, identificando que as pessoas que residem nos municípios com

pior nível socioeconômico, apresentam piores condições de saúde, estando mais vulneráveis às doenças.

5.2.4 Incidência de Neoplasias no Município de Apucarana

O município de Apucarana, por ser a sede da Regional de Saúde, foi escolhido para o estudo em escala municipal, da distribuição dos tipos de neoplasias de maior ocorrência e suas possíveis correlações com fatores socioambientais.

Ocorreram 761 óbitos por neoplasias entre 2011 e 2015, no município de Apucarana, sendo os de maior ocorrência os cânceres malignos dos brônquios ou pulmões, maligno da próstata, maligno da mama, maligno do fígado, maligno do estômago, maligno do encéfalo e maligno do pâncreas (Figuras 78, 79 e 80).

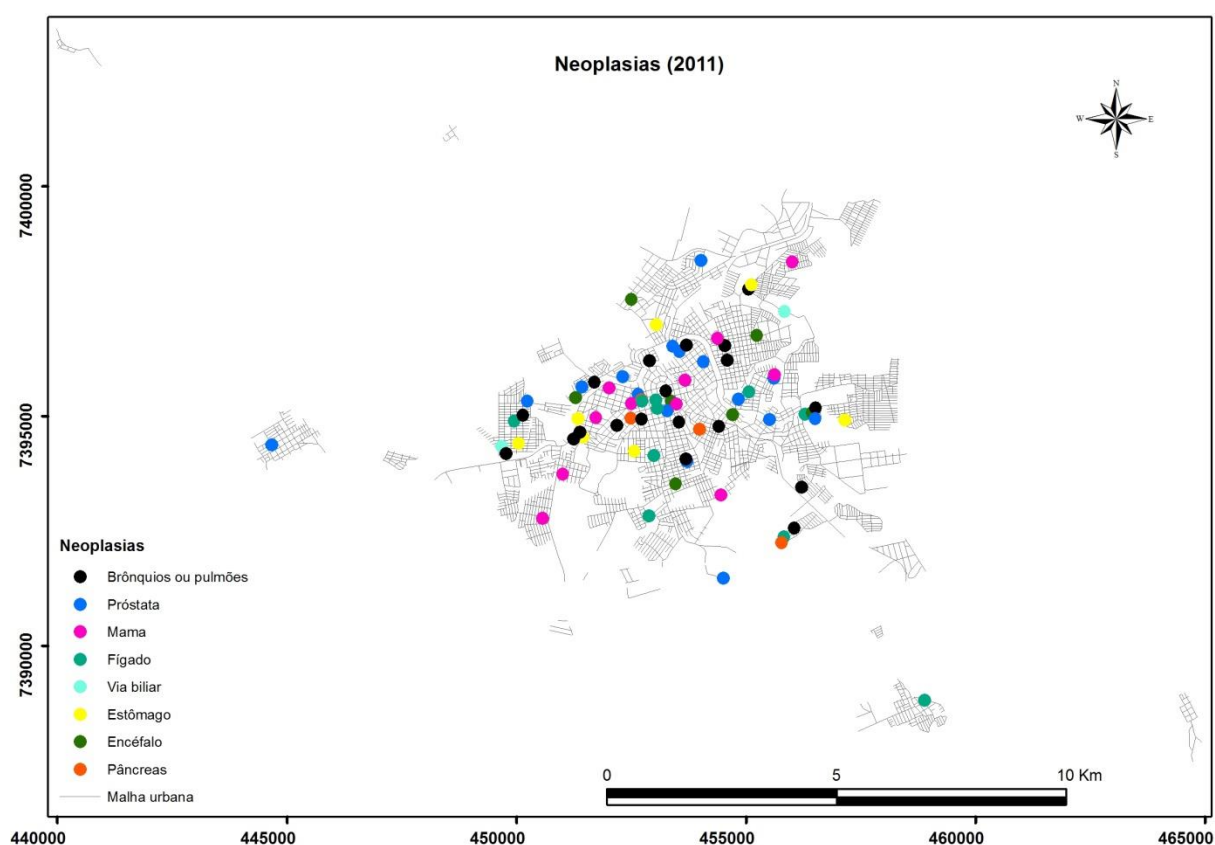


Figura 78: Distribuição espacial dos óbitos pelos principais tipos de neoplasias incidentes no município de Apucarana, no ano de 2011. Fonte: Secretaria de Saúde de Apucarana (2019).

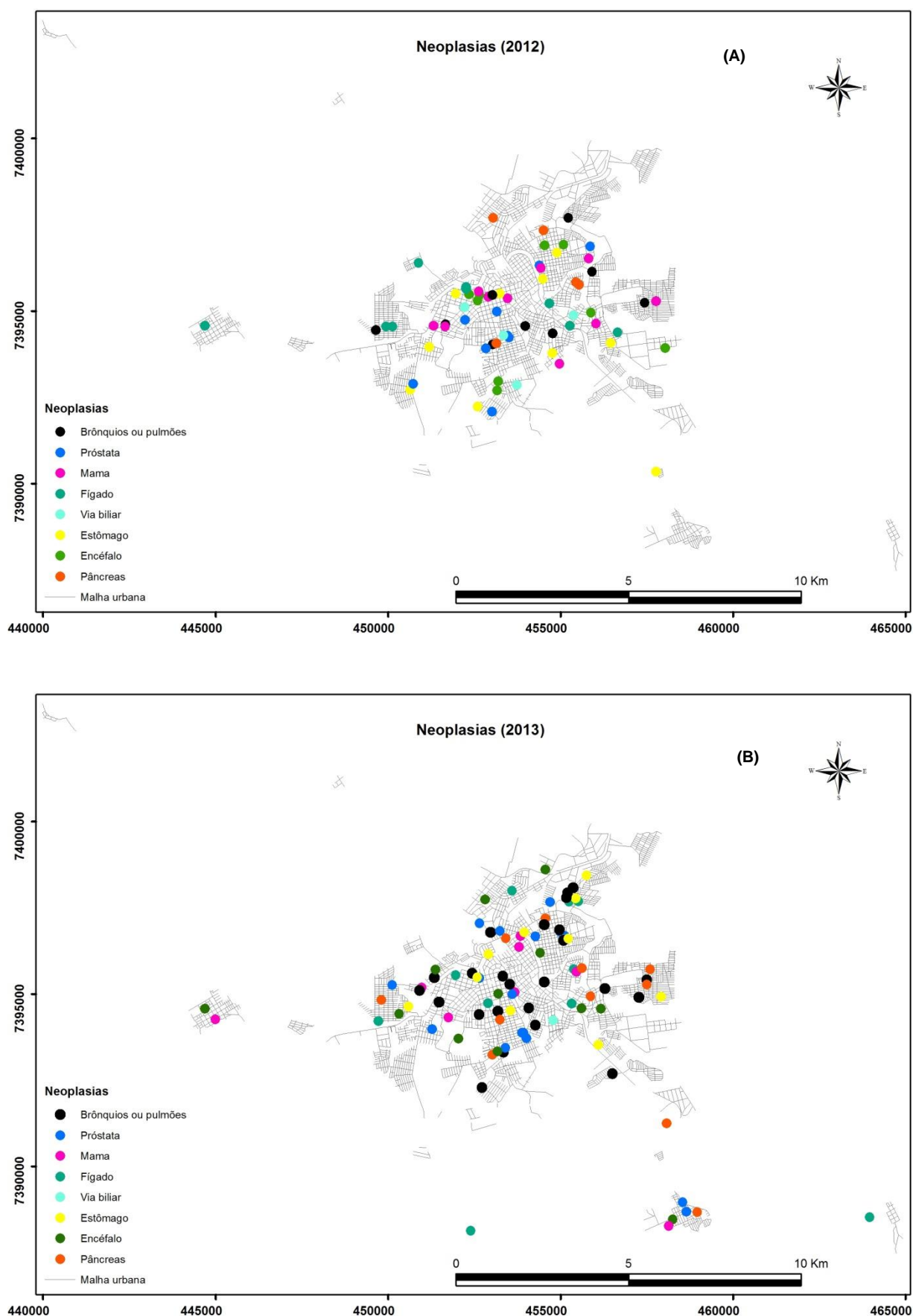


Figura 79 (A e B): Distribuição espacial dos óbitos pelos principais tipos de neoplasias incidentes no município de Apucarana, no ano 2012 e 2013. Fonte: Secretaria de Saúde de Apucarana (2019).

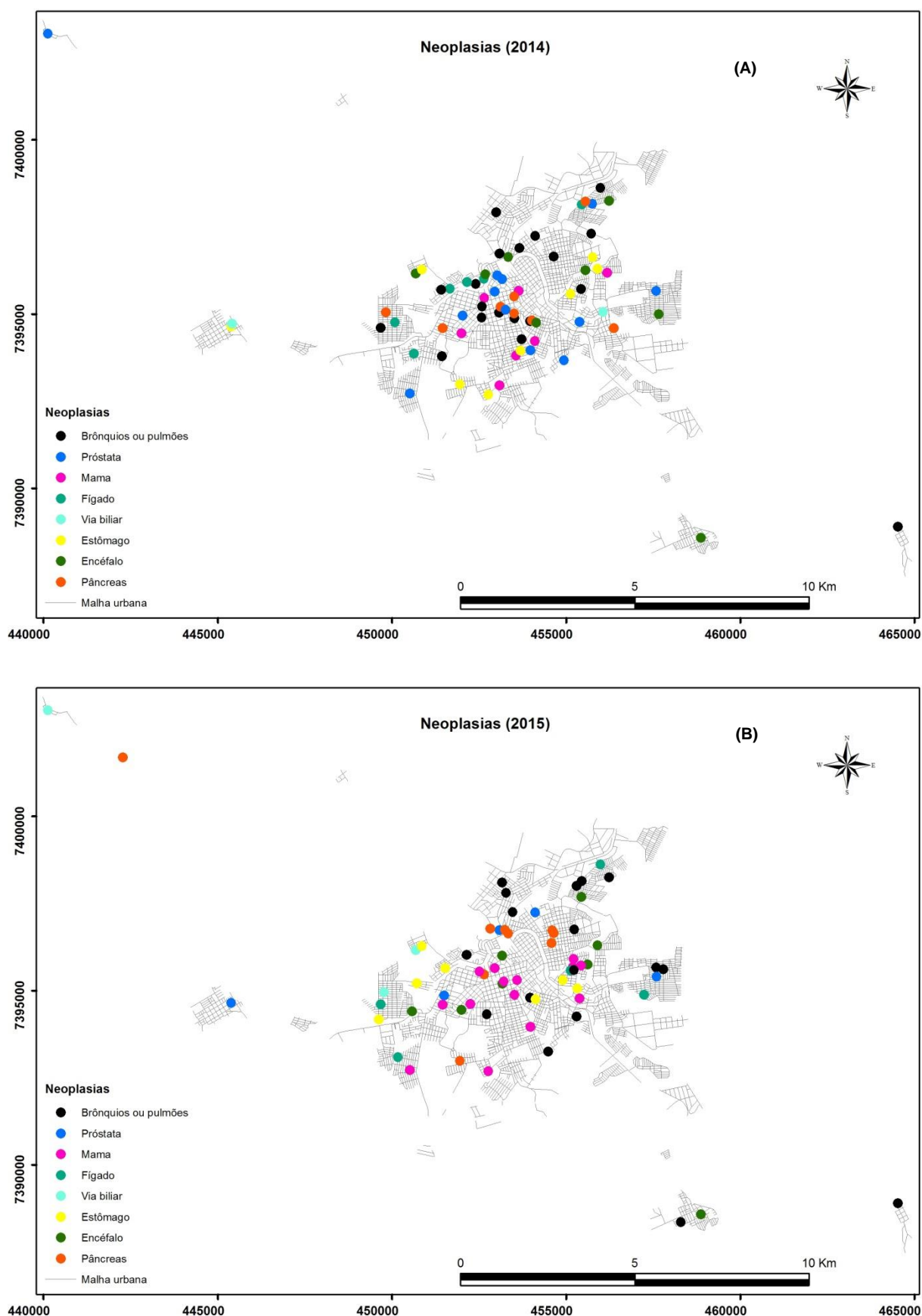


Figura 80 (A e B): Distribuição espacial dos óbitos pelos principais tipos de neoplasias incidentes no município de Apucarana, no ano de 2014 e 2015. Fonte: Secretaria de Saúde de Apucarana (2019).

Observando-se a diferença por sexo (Figura 81), excluindo-se as neoplasias de próstata e de mama, percebe-se que a maior ocorrência de neoplasias ocorre no sexo masculino, entre 2011 e 2015. Fato anteriormente evidenciado na RSA, assim como ocorre no Brasil (INCA, 2017).

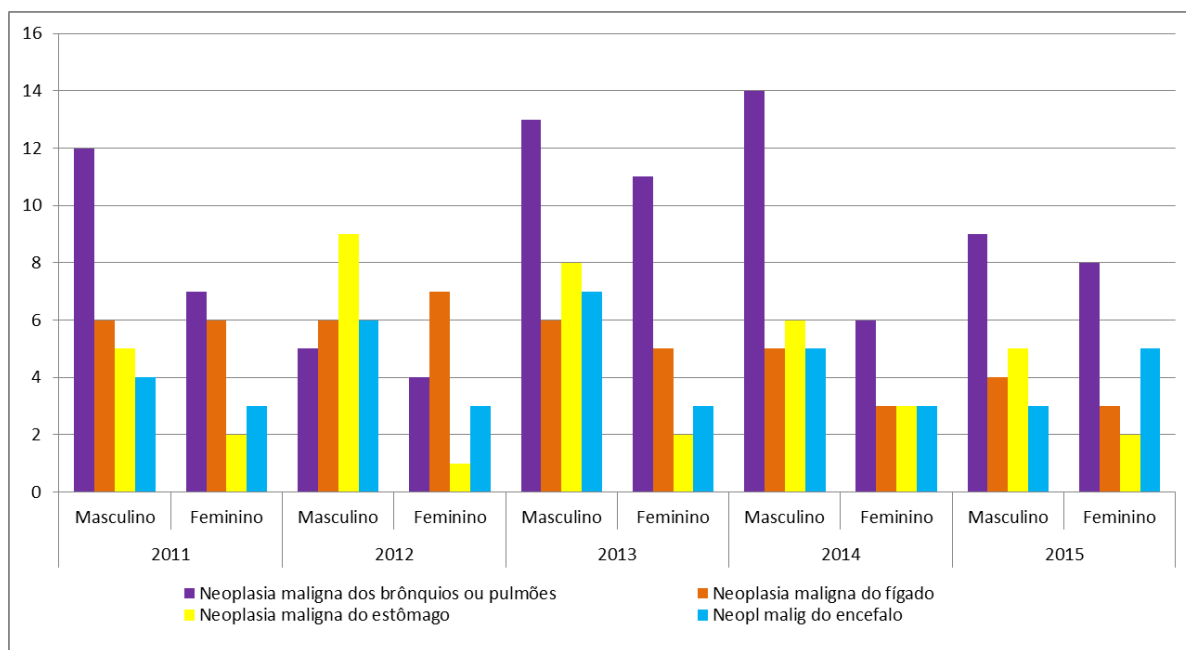


Figura 81: Número de óbitos pelos principais tipos de neoplasias no município de Apucarana, por sexo, nos anos de 2011 a 2015. Fonte: Secretaria de Saúde de Apucarana (2019).

Do total de óbitos por neoplasias no pulmão, 53 ocorrem em homens e 36 em mulheres, no período de 2011 a 2015. Esse tipo de neoplasia só não foi o de maior ocorrência no ano de 2012, quando o câncer de estômago e de mama apresentaram mais óbitos.

O câncer de pulmão é o segundo mais comum em homens e mulheres no Brasil (INCA, 2017). O tabagismo e a exposição passiva ao tabaco são importantes fatores de risco para o desenvolvimento de câncer de pulmão. Há também outros fatores de risco como, a exposição à poluição do ar, a exposição ocupacional a agentes químicos ou físicos (asbesto, sílica, urânio, cromo, agentes alquilantes, entre outros), água potável contendo arsênico, altas doses de suplementos de betacaroteno em fumantes e ex-fumantes. Trabalhadores rurais, da construção civil, curtume, fundição de metais, indústrias (alumínio, borracha, cimento e gesso, gráfica e papel, têxtil, metalúrgica, metal pesado, vidro; fertilizantes),

mineração, fábrica de baterias, conservação do couro, entre outros, podem apresentar risco aumentado de desenvolvimento da doença.

Em Apucarana sabe-se que há atividades que aumentam o risco de incidência e morte por esse tipo de neoplasia como, curtume, fábrica de baterias e uma indústria de agrotóxicos e fertilizantes (localizada na divisa entre os municípios de Apucarana e Arapongas). Essas atividades são exercidas em sua maioria por pessoas do sexo masculino, o que pode levar a um risco maior de incidência de neoplasia pulmonar para esses trabalhadores.

Depois do câncer de pulmão, em valores absolutos e considerando ambos os sexos, as neoplasias malignas da próstata vêm em segundo lugar no município, com um valor total de 58 óbitos para o período de 2011 a 2015, com uma taxa média de mortalidade por neoplasia de próstata de 9,03. No Brasil, o câncer de próstata é o segundo mais comum entre os homens. A idade é um fator de risco importante, pois é considerado um câncer da terceira idade, uma vez que cerca de 75% dos casos no mundo ocorrem a partir dos 65 anos (INCA, 2017). No município de Apucarana os óbitos por esse tipo de neoplasia, teve uma incidência maior em pessoas com idade média de 75 anos.

Exposições a aminas aromáticas (comuns nas indústrias química, mecânica e de transformação de alumínio) arsênio (usado como conservante de madeira e como agrotóxico), produtos de petróleo, motor de escape de veículo, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), fuligem e dioxinas estão associadas ao câncer de próstata. Com relação aos fatores ambientais, destacam-se as substâncias denominadas desreguladoras endócrinas (DE), categoria de poluentes ambientais que interferem nas funções do sistema endócrino. Segundo PICOLLI et al. (2019) essas substâncias têm sido associadas a vários efeitos prejudiciais à saúde, incluindo desordens endócrinas, defeitos congênitos, efeitos neurológicos, hepáticos, respiratórios, imunológicos e aumento da incidência de câncer de mama, ovário, de testículo e de próstata. Entre essas substâncias classificadas como DE, tem-se as utilizadas em larga escala na agricultura e seus subprodutos, como pesticidas, herbicidas, fungicidas e moluscicidas; as substâncias utilizadas nas indústrias e seus subprodutos, como dioxinas, bifenilas policloradas, alquilfenóis, bisfenol A, substâncias farmacêuticas, e substâncias naturais [estrogênios naturais e fitoestrogênios] (BILA & DEZOTTI, 2007).

Recentemente uma pesquisa realizada por Picolli et al. (2019), entre 2012 e 2013, investigou a associação entre a exposição a organoclorados e agrotóxicos não persistentes e os parâmetros hematológicos em uma população agrícola de Farroupilha-RS. Segundo os autores ocorreram associações de exposição cumulativa a pesticidas, especialmente herbicidas e fungicidas ditiocarbamatos, com efeitos semelhantes aos do hipotireoidismo e pior qualidade espermática em trabalhadores agrícolas do sexo masculino na Serra Gaúcha.

Na área rural do município, foram constatados 18 óbitos, entre 2011 e 2015, dos quais o câncer de próstata apresentou a maior incidência (27,7%). Esse dado mostra que essas mortes podem estar relacionadas à exposição de agrotóxicos, visto que Apucarana está entre os que mais utilizam agrotóxico na RSA, conforme dados do SIAGRO (2017).

A neoplasia de mama, o câncer de maior prevalência nas mulheres em Apucarana, com um valor total de 51 óbitos para o período de 2011 a 2015, é o tipo da doença mais comum entre as mulheres no mundo e no Brasil segundo o INCA (2017). A idade é um dos importantes fatores de risco para a doença, ocorrendo principalmente na faixa etária dos 50 a 60 anos no município. Fatores ambientais (desreguladores endócrinos) comportamentais, da história reprodutiva e hormonal, genéticos e hereditários, aumentam o risco da doença.

A neoplasia de fígado apresentou maior prevalência entre os homens, ocorrendo principalmente na faixa etária, para ambos os sexos, dos 60 a 70 anos no município. Segundo INCA (2017) há uma forte associação entre cirrose hepática, doença grave associada ao alcoolismo ou à hepatite crônica, e o desenvolvimento do carcinoma hepático. Outros possíveis hepatocarcinógenos são a aflatoxina, nitrosinaminas, compostos estrogênicos e outros compostos químicos.

Este tipo de câncer está entre as principais causas de morte por carcinoma em Apucarana, confirmando as áreas de risco para neoplasias hepáticas, apontadas por Licht (2001, 2018) e Jayme (2015) no Norte do Paraná, que mostraram um crescimento dos óbitos por câncer hepático, relacionados com teores elevados de cloretos e brometos identificados nas águas superficiais, provenientes de resíduos de pesticidas, como os organoclorados e bromados utilizados nas lavouras no Paraná. Mesmo em quantidades baixas, os resíduos dos compostos organoclorados são sempre prejudiciais, uma vez que podem se acumular no

organismo, causando em longo prazo, distúrbios nervosos, geração de crianças defeituosas e câncer (LICHT, 2001, 2018).

Somente no ano de 2015 o estado do Paraná utilizou 67.515,97 toneladas de agrotóxicos, com uma periculosidade ambiental de 0,66% para a classe de ingredientes ativos altamente perigosos, 25,5% para classe de muito perigosos, 64,76% para a classe perigosa, e 9,08% a classe pouca perigosa (IBAMA, 2015).

A neoplasia maligna de estômago está também entre as principais causas de morte por esse tipo de câncer no município, com prevalência no sexo masculino, ocorrendo para ambos os sexos, na maioria dos casos, na faixa etária de 60 a 70 anos (Figura 60). A infecção por *Helicobacter Pylori* (*H. pylori*) compreende uma das causas mais associadas ao aumento no risco para o desenvolvimento de câncer de estômago. A exposição de trabalhadores rurais e urbanos a uma série de compostos químicos, em especial agrotóxicos também aumentam o risco por esse tipo de neoplasia. Pode-se perceber que no município de Apucarana, no período entre 2010 e 2015, foi notificado um total de 120 casos de intoxicações envolvendo agrotóxicos (Tabela 10).

Tabela 10: Número de intoxicações exógenas no município de Apucarana, nos anos de 2010 a 2015.

Agente Tóxico	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*
Ignorado/Branco	4	-	5	1	1	1	-	2	-	-
Agrotóxico agrícola	-	7	31	2	1	1	1	33	1	1
Agrotóxico doméstico	-	2	22	-	-	2	-	15	-	-

Circunstância: *1- Ignorado/Branco; 2- Uso Habitual; 3- Acidental; 4- Ambiental; 5- Erro de administração; 6-Automedicação; 7- Ingestão de alimento; 8- Tentativa de suicídio; 9- Violência/homicídio; 10-Outra.

Fonte: Ministério da Saúde/SVS - Sistema de Informação de Agravos de Notificação - SINAN (2019).

Levando em consideração que muitos casos não são devidamente registrados e/ou o trabalhador não vai ao médico, pode-se afirmar que este número deve ser maior. Esses contatos aumentam o risco para a saúde humana, pois a intoxicação pode ser aguda, com efeitos surgindo de imediato ou no decorrer de alguns dias, ou a intoxicação pode ser crônica, com surgimento tardio, após meses ou anos de exposição, acarretando danos muitas vezes irreversíveis. Os sintomas são subjetivos, o diagnóstico e nexos causa são difíceis de serem estabelecidos.

A neoplasia no encéfalo causou 43 óbitos em Apucarana, no período de 2011 a 2015, com incidência ligeiramente mais alta no sexo masculino em comparação com o feminino, em idade média de 58 anos, para ambos os sexos. O câncer do Sistema Nervoso Central, formado pelo cérebro e a medula espinhal, representa 1,8% de todos os tumores malignos no mundo (INCA, 2017). A incidência e mortalidade por câncer no cérebro vêm aumentando ao longo das últimas décadas. Os antecedentes patológicos pessoais como traumatismo craniano, epilepsia, viroses e outras infecções, padrão de dieta, contato com animais, exposição domiciliar a pesticidas e exposição à radiação eletromagnética (ionizante e não ionizante), têm sido associadas ao aumento do risco para câncer de cérebro (MONTEIRO & KOIFMAN, 2003).

O câncer de pâncreas foi a sétima causa mais frequente de morte por neoplasia em ambos os sexos no município, ocorrendo principalmente na faixa etária dos 70 a 80 anos. O risco de desenvolver o câncer do pâncreas aumenta devido a alguns fatores, como os hereditários, o tabagismo, uma dieta rica em gordura e açúcar, diabetes mellitus, pancreatite crônica não hereditária. Entre os fatores ambientais e ocupacionais relacionados com este tipo de neoplasia, destacam-se os solventes, o tetracloroetileno (um líquido usado como detergente na limpeza de têxteis e de metais), o estireno (um hidrocarboneto aromático utilizado na fabricação de plásticos rígidos como o acrílico) o cádmio (utilizado na fabricação de ligas metálicas e de baterias), o cromo (um metal de transição utilizado em metalurgia), a radiação ionizante e os agrotóxicos (INCA, 2003).

Um estudo de Andreotti et al. (2009), em Iowa e Carolina do Norte, nos Estados Unidos, com mais de 89.000 participantes, incluindo aplicadores de agrotóxicos, mostrou que os aplicadores tiveram um risco maior de 3,0 vezes, em comparação com os que nunca utilizaram agrotóxicos, constatando que os herbicidas tem associação estatisticamente significativa de exposição-resposta ao câncer de pâncreas.

5.2.4.1 Fatores socioambientais

A população da área urbana de Apucarana tem como fonte de abastecimento de água para consumo, tanto água superficial como água subterrânea (ver Apêndice 1). As águas superficiais utilizadas no município são

captadas do Rio Caviúna, afluente do Rio Pirapó. Este último, também serve para abastecimento, em períodos que requerem maior consumo. As águas subterrâneas são provenientes em sua maioria, de poços do Aquífero Serra Geral (SASG). Na área urbana de Apucarana, e nos distritos de Vila Reis e Pirapó, a água é ofertada à população pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Nos distritos de Correia de Freitas e São Pedro, a Prefeitura de Apucarana é a responsável pelo atendimento. Analisando-se os dados do IBGE (2011), percebe-se que o abastecimento de água por rede geral está presente em toda área da cidade, e na área rural do município, os domicílios são abastecidos por poço ou nascente (Figura 82).

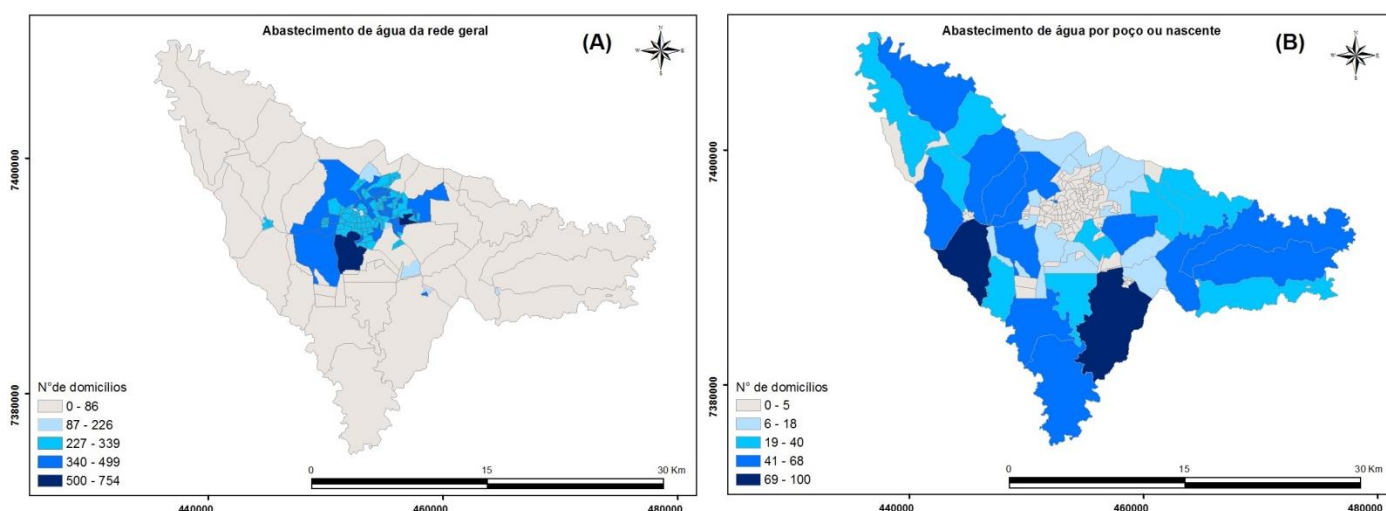


Figura 82 (A e B): Número de domicílios particulares permanentes: (A) com abastecimento de água da rede geral; (B) com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade. Fonte: IBGE (2011).

Nos patrimônios São Domingos, São Pedro do Taquara, São Sebastião do Barreiro, os quais a Prefeitura de Apucarana é responsável, é utilizada água de poço, ou misturada com água de nascente, sem tratamento da água. Como exemplo, tem-se o caso do distrito de Correia de Freitas, em que a água é proveniente de um poço e de uma nascente, com área de lavoura e pastagem na vertente direita e eucaliptos na esquerda, sem qualquer tipo de proteção a essa área de captação, com a formação inclusive de uma área de voçoroca na vertente com lavoura. Essas águas são servidas para a população sem nenhum tipo de tratamento, como fluoretação e cloração. A população que ingere a água dessas fontes domésticas, como poços freáticos e/ou de nascentes, principalmente, sem nenhum tratamento, está sujeita a alguns problemas de saúde, pois essas águas se

deslocam por extensas áreas de agricultura, recebendo a carga de drenagem pluvio-fluvial de campos repletos de pesticidas, além de conter microrganismos como bactérias, vírus e parasitas, toxinas naturais, produtos químicos, metais pesados, entre outros contaminantes. Dessa forma, algumas doenças de veiculação hídrica, podem surgir nessa população exposta, como cólera, febre tifoide, hepatite A e doenças diarreicas agudas de várias etiologias e até mesmo o câncer, dependendo da dosagem e exposição ao longo do tempo.

Com relação à cobertura de rede de esgoto, esses dados constam do Censo Demográfico 2010 do IBGE, apresentando-se muito deficiente na área urbana, com muitos domicílios, principalmente na área nordeste e sudoeste da cidade, com fossa séptica e fossa rudimentar (Figura 83).

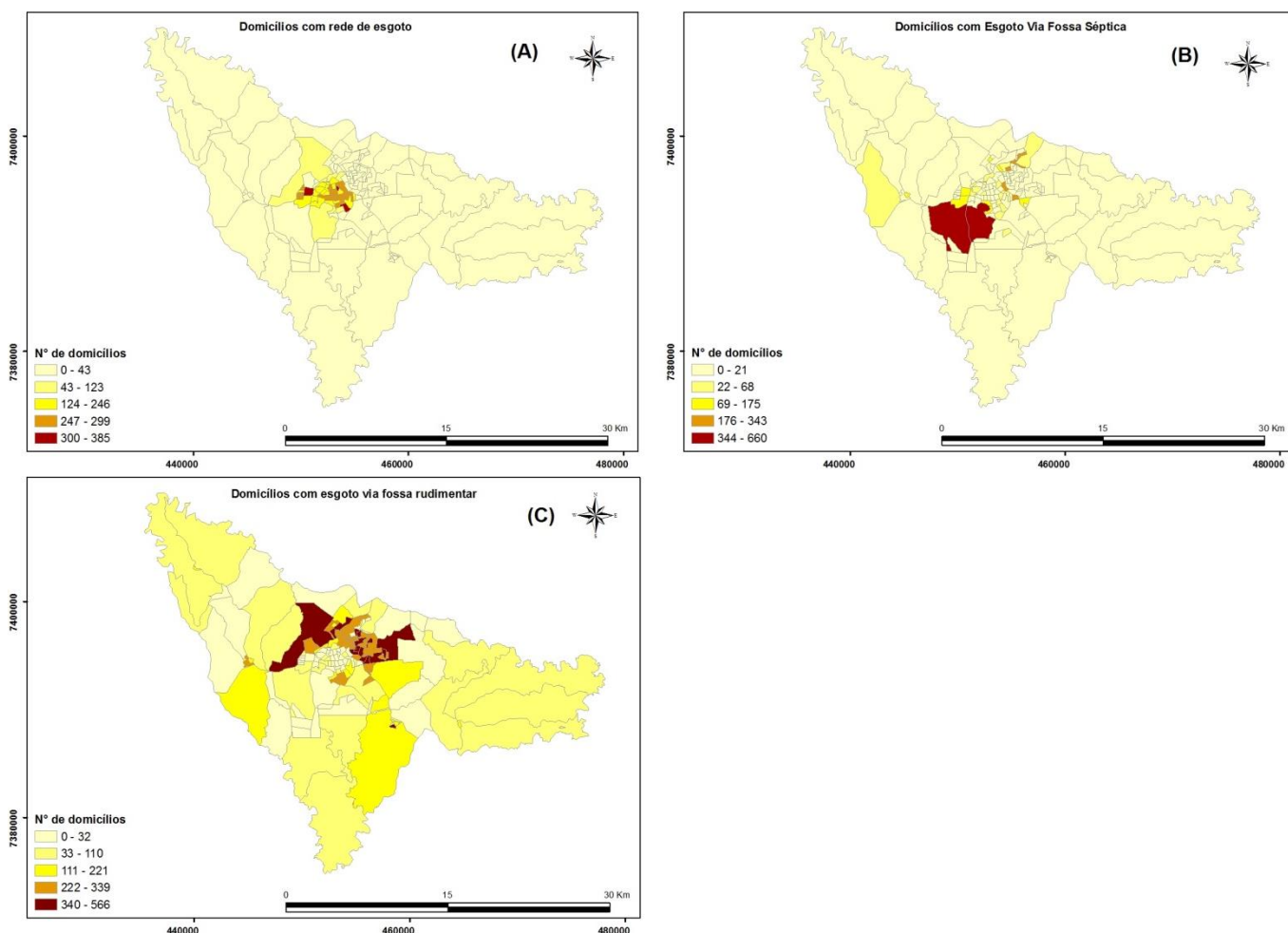


Figura 83 (A, B e C): Número de domicílios particulares permanentes: (A) com esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial; (B) com esgotamento sanitário via fossa séptica; (C) com esgotamento sanitário via fossa rudimentar. Fonte: IBGE (2011).

Nos distritos, patrimônios e nas propriedades da área rural, permanecem a prevalência de fossas rudimentares (fossa negra), que podem vir a causar a contaminação das águas subterrâneas (Figura 83).

Assim, há a possibilidade de contaminação dessa população por doenças veiculadas pela urina e fezes, transmitidas pela água, como hepatite, cólera, salmonelose e outras.

Analisando-se o rendimento nominal mensal domiciliar *per capita*, percebe-se que muitos domicílios da área nordeste, noroeste e sudoeste da cidade apresentam um baixo rendimento *per capita*, inferior a $\frac{1}{2}$ salário mínimo, enquanto a área central e alguns domicílios da região sudoeste apresentaram rendimento até 10 salários mínimos (Figura 84). Na área rural também existem domicílios que apresentam um baixo rendimento.

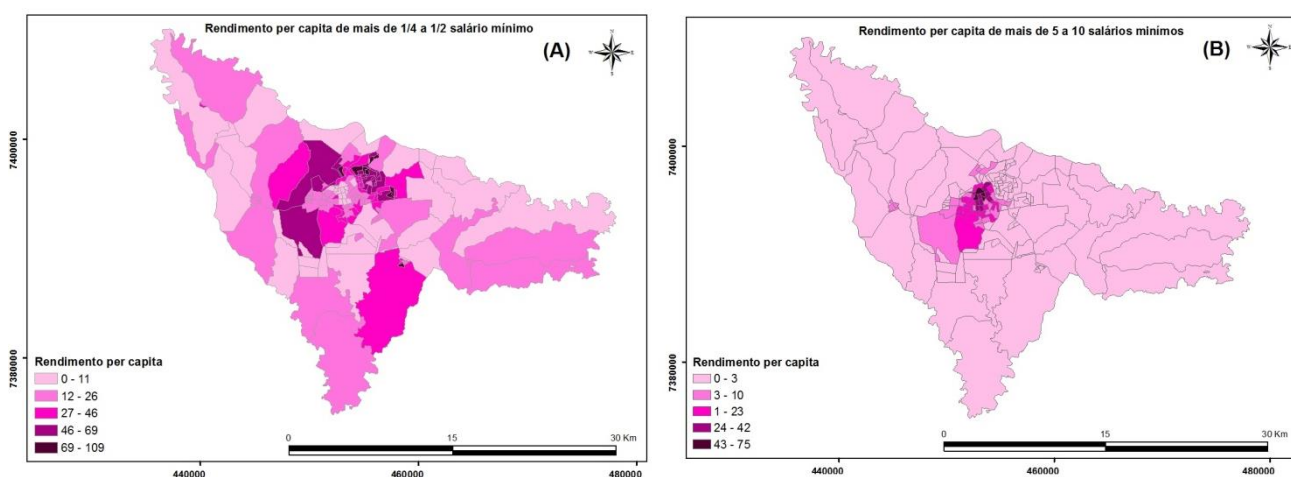


Figura 84 (A e B): Número de domicílios particulares permanentes: (A) com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de mais de 1/4 a 1/2 salário mínimo; (B) com rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* de mais de 5 a 10 salários mínimos. Fonte: IBGE (2011).

A população dessas áreas mais carentes no município não consegue ter o mínimo necessário para ter o acesso a um conjunto de necessidades básicas, como alimentação, educação, habitação, somadas a falta de saneamento básico, e ingestão de água sem tratamento e ainda com resíduos de vários elementos químicos, tornando-as mais vulneráveis a riscos de doenças. Essas regiões mais carentes do município podem ser visualizadas também na Figura 85, que identifica as áreas com falta de asfalto, calçada, iluminação pública e arborização.

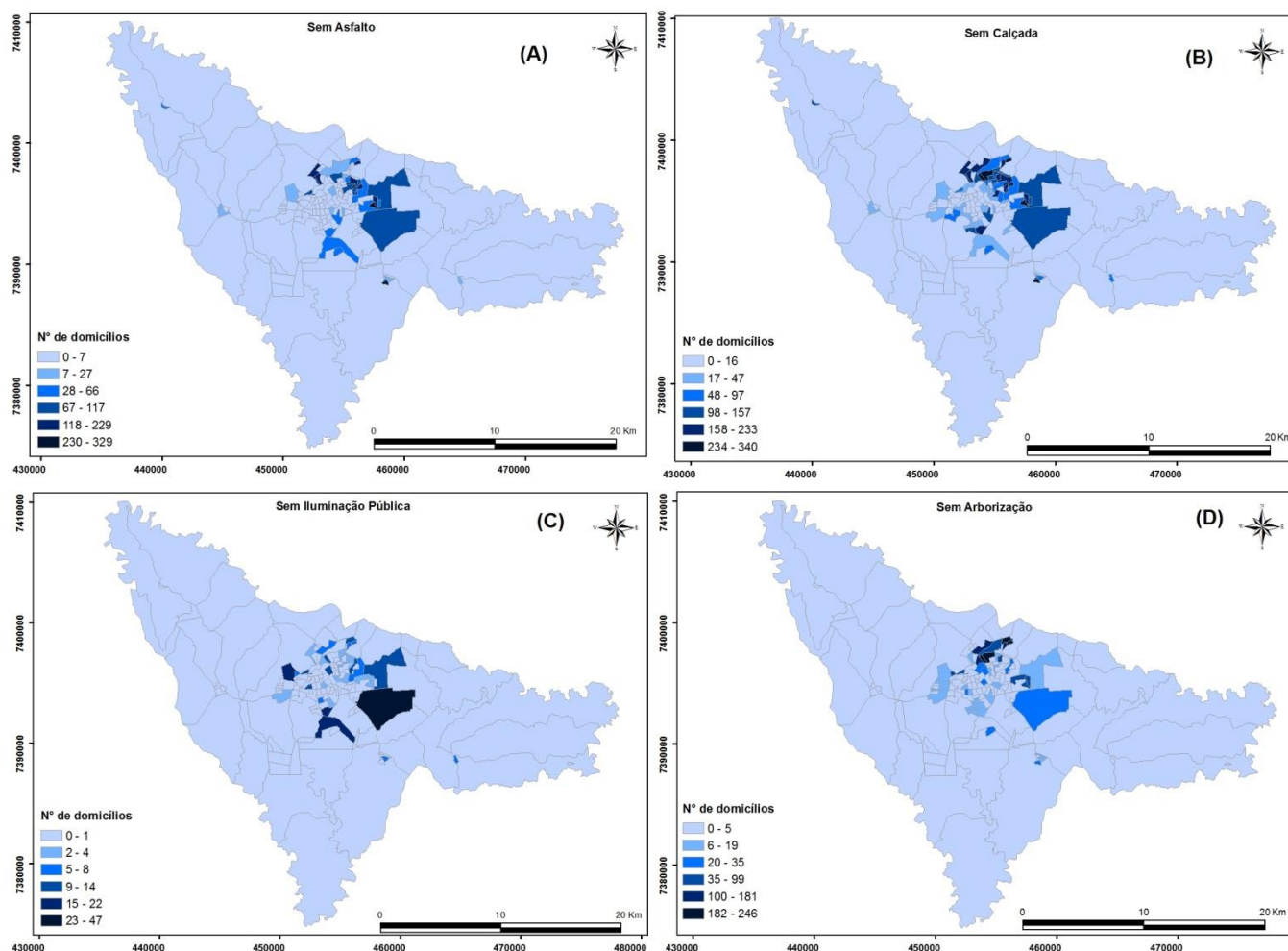


Figura 85: Número de domicílios particulares permanentes: (A) sem asfalto; (B) sem calçada; (C) sem iluminação pública; (D) sem arborização. Fonte: IBGE (2011).

O processo de saúde e doença difere de acordo como cada lugar previne, produz exposição, trata os doentes e promove a saúde. Este conjunto articulado de fatores locais é o que pode chamar “contexto”. Entender o contexto das doenças permite planejar de forma mais adequada ações de controle, promoção de saúde e alocação de recursos (BARCELLOS, 2008). Portanto, é de suma importância conhecer e verificar a influência do contexto geográfico na mortalidade da população de Apucarana.

5.2.4.2 Relações entre a incidência de câncer e fatores socioambientais em Apucarana

A distribuição das neoplasias em Apucarana mostrou que alguns tipos não apresentaram um padrão espacial na área urbana, como o caso do câncer de

próstata e encéfalo. A neoplasia dos brônquios e pulmão apresentou ligeiramente mais casos na região central e nordeste da cidade. O câncer de próstata representou 31% dos casos na área rural, o que indica uma possível relação com a exposição à agrotóxicos, tanto por contato direto, quanto pela ingestão de água e alimentos contaminados. A neoplasia da mama teve uma maior ocorrência na região central da cidade, local onde se encontram os maiores rendimentos por domicílio e infraestrutura urbana. O câncer de estômago está presente em todas as áreas da cidade, com maior incidência nos bairros sem rede geral de esgoto, com prevalência de fossa rudimentar e de fossa séptica. A neoplasia do fígado apresentou mais casos na região centro-oeste da cidade. O câncer de pâncreas teve uma maior incidência nas áreas mais carentes da cidade, sem rede de esgoto, com predomínio de fossa rudimentar, com rendimentos baixos por domicílios.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a caracterização da qualidade das águas superficiais e subterrâneas que servem de abastecimento público para os municípios da RSA, pode-se verificar variações na distribuição dos elementos químicos nestas águas, apresentando locais com teores de determinados elementos acima da média para a região e outros acima do permitido pela legislação.

As águas do SASG que apresentam pH acima de 8, teriam uma mistura (possível conectividade) com as águas de aquíferos subjacentes, principalmente do aquífero Guarani (Rosa Filho et al., 1987). Os valores de pH anormalmente altos verificados nas águas superficiais, são oriundas do processo de calagem (adição de calcário magnesiano em pó), promovido pela agricultura, visando a neutralização da acidez do solo e a imobilização do alumínio trocável. Os valores anômalos de pH nas águas subterrâneas foram identificados em municípios também com uma alta taxa média de mortalidade por neoplasias, a saber, Borrazópolis (poço 50 com pH de 11,58 e taxa 144,5), Rio Bom (poço 59 com pH de 10,9 e taxa de 123), Marilândia do Sul (poços 12 e 14 com pH de 10,86 e 10,84, respectivamente, e taxa de 113, 2) e Sabáudia (poço 65 com pH de 10,9 e taxa de 114).

As Anomalias positivas de condutividade elétrica foram identificadas nas águas subterrâneas dos municípios de Grandes Rios (poços 51, 52, 53 e 54, com uma condutividade de 437, 405, 409, 375 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente), Apucarana (poço 24 com 443 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Marilândia do Sul (poço 13 com 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Arapongas (poço 72 com 363 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e Jandaia do Sul (poço 47 com 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Essas localidades com valores de íons acima da média da região indicam uma interferência antropogênica, que podem trazer riscos à saúde humana à longo prazo. Nas águas superficiais ficou evidente que os valores anômalos encontrados são de fontes antropogênicas, uma vez que o ponto 04 (Rio em Cambira) com condutividade de 760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ recebe efluentes de uma indústria de tintas e de um frigorífico de suínos, localizado próximo ao rio, como verificado em campo. O ponto 48 (Figura 22), Rio Laranja Doce em Borrazópolis, com condutividade de 475 $\mu\text{S}/\text{cm}$ recebe águas de escoamento superficial de áreas agrícolas e também da área urbana, informações essas verificadas em campo. Portanto, esses altos valores de íons verificados nas águas superficiais também caracterizam áreas de risco à saúde da população local.

A anomalia positiva de sólidos totais dissolvidos (STD) encontrada no poço 26, com valor de 990 mg/L, localizado na zona rural de Arapongas, que está cercado por áreas agrícolas, pode afetar a potabilidade da água, interferindo na qualidade organoléptica da mesma. Sabendo-se que os sólidos totais dissolvidos estão relacionados diretamente com a condutividade elétrica (Tundisi & Tundisi, 2008), no ponto 04 que foi detectado um alto valor de condutividade elétrica (309 mg/L), também mostrou uma alta concentração de STD, visto que esse local recebe efluentes industriais e de um frigorífico de suínos.

No poço 72, localizado em Aricanduva, distrito de Arapongas, foi verificada uma anomalia hidrogeoquímica de alumínio (635 µg/L), de origem antrópica, visto que o poço está ao lado de uma indústria de agrotóxicos. A água desse poço é utilizada para serviços gerais, e não para consumo humano, visto que a população local havia denunciado a contaminação pela indústria de agrotóxicos, confirmada pelos vários teores químico-físicos anômalos encontrados nesse local. No poço 64, localizado em uma área de pastagem, no distrito de Flor da Serra, em Mauá da Serra, foi detectado um valor anômalo de alumínio (145,2 µg/L), que apesar de não ultrapassar o VMP determinado pela legislação atual, pode ocasionar problemas na saúde da população local, uma vez que as águas desse poço são servidas diretamente a população, sem qualquer tipo de tratamento. Nas águas superficiais teores anômalos de Al foram detectados nos pontos 05 (Rio em Cambira com 90 µg/L), 16 (encontro do Rio Frouxo com Rio Apertados com 96 µg/L), e 32 (Rio Barbacena com 90 µg/L). Todos esses locais estão em áreas de lavouras. A um pH > 5,5, ocorre naturalmente compostos de alumínio predominantemente em uma forma não dissolvida, como silicatos de alumínio. Contudo, na presença de quantidades elevadas de material orgânico ou ácido fúlvico, que se liga com o alumínio, causa um aumento das concentrações de alumínio dissolvido em rios e lagos (Brusewitz 1984 apud ATSDR, 2008).

Teores anômalos de bário foram verificados em Mauá da Serra (poço 64 com 84,9 µg/L), e Sabáudia (nos poços 66, 67 e 68 com teores de 113,4, 100,1 e 104,8 µg/L, respectivamente). Mesmo que essas concentrações ocorram abaixo do VMP pela legislação vigente, pode oferecer riscos à população, dependendo da ingestão diária. Lembrando que, as águas do poço 64 (Figura 32), são ofertadas de forma direta sem tratamento à população.

A nascente do Rio Pirapó, ponto 81 (Figura 34), apresentou o mais alto teor de bário nas águas superficiais. Este teor mais alto de Ba encontrado pode estar associado a fontes naturais, provenientes de estruturas magnéticas associadas ao domo de Quatiguá ou a rochas sedimentares químicas dos Grupos Passa Dois e Guatá, descritas por Licht (2001) na análise geoquímica de águas superficiais no Estado do Paraná. Essa área de nascente está localizada na área urbana, e suas águas são utilizadas para o abastecimento público da cidade de Apucarana. A ingestão contínua de altos níveis de Ba pode produzir problemas no aumento da pressão sanguínea, dificuldades respiratórias, mudanças no ritmo cardíaco, irritações no estômago, flacidez muscular e danos ao coração, fígado, rins e outros órgãos.

Apesar de o elemento chumbo ter sido detectado em somente uma amostra de água em Sabáudia, no poço 65 (3 µg/L), não ultrapassando o VMP, que é de 10 µg/L, um monitoramento deve ser realizado nesse local, para a prevenção e identificação futura de altos teores de chumbo.

Teores anômalos de cromo foram detectados nos municípios de Cambira (poço 2 com 4,1 µg/L) e Sabáudia (poços 67 e 68, com 2,8 e 2,2 µg/L, respectivamente). Dessa forma, é necessário o monitoramento desse elemento nessas águas, uma vez que são utilizadas pelas populações dos municípios, e pode no futuro apresentar valores mais elevados deste elemento, ocasionando riscos a saúde da população.

Foram verificados teores anômalos de estrôncio nas águas subterrâneas em Grandes Rios (poços 51, 52, 53, 54 e 55 com teores de 378,2, 300,5, 330,4, 953,5, 349,8 µg/L, respectivamente), em Novo Itacolomi (poço 70 com 425,4 µg/L), Sabáudia (poço 67 com 300,3 µg/L), Marilândia do Sul (poço 13 com 184,3 µg/L) e em Arapongas (poço 72 com 167,1 µg/L) [Figura 41]. Nas águas superficiais teores anômalos de estrôncio foram localizados em Kaloré (ponto 40 com 102,9 µg/L e ponto 43 com 96,2 µg/L) [Figura 43]. Mesmo não havendo um VMP estabelecido pela legislação atual para consumo humano nas águas, é preciso o acompanhamento desses valores dispostos nas águas, pois foram relatados casos de leucemia em pessoas expostas a quantidades relativamente altas de estrôncio, assim como câncer nos ossos, no nariz, no sangue, nos pulmões e na pele tem sido observado em animais de laboratório.

O elemento ferro apresentou nas águas subterrâneas um teor anômalo que ultrapassou o VMP para consumo humano, no poço 72 em Aricanduva, com 0,74 mg/L (Figura 45). Nas águas superficiais foram detectadas concentrações anômalas que ultrapassaram o VMP em Cambira (ponto 5 com 0,36 mg/L), Califórnia (ponto 11 com 0,82 mg/L), Arapongas (ponto 16 e 46 com 0,42 e 0,46 mg/L, respectivamente), São Pedro do Ivaí (ponto 32 com 0,31 mg/L), e Borrazópolis (ponto 48 com 0,78 mg/L). Os altos teores de Fe verificados nas águas da RSA estão relacionados à Geologia da região, que é formada por rochas basálticas da Formação Serra Geral, constituídas essencialmente por plagioclásios e piroxênios, onde o piroxênio pigeonítico tem o ferro como principal constituinte (Piccirillo & Melfi, 1988).

Anomalias hidrogeoquímicas de manganês foram identificadas em Mauá da Serra (poços 64 com 80,4 µg/L), Califórnia (poço 82 com 67 µg/L) e Arapongas (poço 72 com 44,6). Esses valores estão próximos do VMP estabelecido para manganês, para consumo humano. Tanto as águas do poço 64 quanto do poço 82 são ofertadas de forma direta para a população, sem nenhum tipo de tratamento, oferecendo riscos à saúde da população local, uma vez que o excesso de manganês é maléfico ao ser humano.

Os resultados físico-químicos e hidrogeoquímicos das águas na RSA estão em sua maioria, de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira para consumo humano. Contudo, os locais que apresentaram valores anômalos ou próximos do VMP para consumo humano, podem causar problemas à saúde humana, se for considerado o tempo de exposição, a capacidade de assimilação, a presença de outros metais, a idade e o estado corpóreo das pessoas expostas.

No tocante à origem dos teores anômalos dos elementos químicos encontrados nas águas na RSA, pode-se dizer que alguns são derivados de características naturais do meio e outros de origem antropogênica, ou, ainda, as duas causas em conjunto, como verificado no caso do poço 72. Essa caracterização das águas da RSA, permite que se forme uma base para a formação de um banco de dados, em conjunto com o poder local, e se realize um monitoramento dessas águas, a curto e a longo prazo, orientando a vigilância sanitária de cada município, bem como aos responsáveis pelos poços que abastecem a população da RSA, visando a promoção da saúde da população local.

A utilização da hidrogeoquímica como ferramenta à identificação de áreas de risco à saúde humana, evidenciando lugares com valores anômalos físico-químicos na água, evidenciou que a população de Borrazópolis, Mauá da Serra, Grandes Rios, Marilândia do Sul, Arapongas, Kaloré, Cambira, Apucarana, Califórnia e Novo Itacolomi, estão mais expostas e vulneráveis a esses agentes químicos.

A partir dos dados de saúde da Regional de Saúde de Apucarana, pode-se verificar a distribuição espacial das principais neoplasias que causam morte na população dos municípios da área de estudo.

A maioria dos municípios da RSA apresentou um percentual do total de óbitos por neoplasias, maior que a taxa brasileira e alguns municípios um percentual maior que aquelas do Paraná, no período 2008 - 2017. Os municípios Jandaia do Sul, Apucarana, Novo Itacolomi, Marumbi, Arapongas e Sabaúdia apresentaram os maiores percentuais de óbitos por neoplasias da RSA. O município de Apucarana apresentou o maior número total de óbitos por neoplasias (1.454 óbitos), no período de 2008 - 2017. Contudo, são os municípios de Jandaia do Sul, Borrazópolis, Kaloré, Novo Itacolomi, Califórnia, Rio Bom e Sabaúdia que possuem a maior incidência dessas doenças na população, ou seja, o maior risco de morte por essas doenças da RSA. Com relação às taxas de mortalidade específica pelos principais tipos de neoplasias da RSA, no período de 2008 a 2017, observa-se que em metade dos municípios as maiores taxas são por neoplasia maligna dos brônquios e pulmões, seguida por neoplasia maligna do estômago, neoplasia maligna da próstata e neoplasia maligna da mama.

O Índice de Moran Local permitiu identificar que o município de Borrazópolis apresentou uma taxa de incidência alta de neoplasias com a média dos municípios vizinhos alta. Também se constatou a autocorrelação espacial entre os municípios de Novo Itacolomi e Rio Bom, com altas taxas de incidência de neoplasias de brônquios e pulmões, próstata e mama e média dos municípios vizinha alta.

Com a construção dos indicadores de saúde ambiental da RSA, caracterizando o contexto de cada município, os resultados integrados possibilitaram identificar que as variações na incidência de neoplasias entre os municípios da RSA, refletem em muitos casos sua relação com os fatores de risco, modos de vida e também no acesso aos serviços de saúde.

Por outro lado, a incidência de neoplasias em Apucarana, no período de 2011 a 2015, foi maior para os cânceres malignos dos brônquios ou pulmões, maligno da próstata, maligno da mama, maligno do fígado, maligno do estômago, maligno do encéfalo e maligno do pâncreas.

Além dos fatores ambientais que podem afetar a saúde humana, a segregação espacial da população por posição socioeconômica, torna os contextos sociais nos quais as pessoas vivem em adicionais potenciais determinantes de saúde e fatores contribuintes para as disparidades em saúde. Na área rural do município, foi constatada uma maior incidência de câncer de próstata, fato esse que pode estar relacionado à maior exposição de substâncias químicas, como os agrotóxicos, utilizados na região Norte do Paraná (SIAGRO, 2017). Constatou-se também a presença de atividades que aumentam o risco de incidência e morte por esses tipos de maior ocorrência de neoplasias em Apucarana como, curtume, fábrica de baterias e uma grande indústria de agrotóxicos e fertilizantes.

A análise geoquímica das águas superficiais e subterrâneas (Veja item 5.1), que servem de abastecimento para a população da área rural e urbana de Apucarana, mostrou que há concentrações de alguns elementos que necessitam de um monitoramento contínuo, pois podem causar danos a população a longo prazo, como o alumínio, bário, estrôncio e manganês.

A análise geoespacial empregada mostrou-se ser de grande valia para a identificação de padrões hidrogeoquímicos e de incidência de neoplasias no contexto socioambiental e de saúde da regional, contribuindo para a compreensão e análise dos impactos à saúde da população local. É, portanto, evidente que o conhecimento científico sobre as ligações entre ambiente e saúde constitui ferramenta importante aos governos e sociedade na prevenção e melhoramento da oferta dos serviços de água e saúde, e promoção da saúde coletiva.

REFERÊNCIAS

ATSDR. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **Public Health Statement for Barium (2007)**. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/az/b.html>>. Acessado em: 19 jul. 2017.

ATSDR. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **Public Health Statement for Aluminium (2008)**. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/az/b.html>>. Acessado em: 19 jul. 2017.

ANDREOTTI, Gabriella; FREEMAN, Laura E. Beane; HOU, Lifang; COBLE, Joseph; RUSIECKI, Jennifer; HOPPIN, Jane A.; SILVERMAN, Debra T.; ALAVANJA, Michael. **Agricultural Pesticide Use and Pancreatic Cancer Risk in the Agricultural Health Study Cohort**. Int J Cancer. 2009, May 15; 124(10): 2495–2500.

APHA. – **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association. 21ª edição, 2005.

ARAÚJO, Paulo Rogério de; PINESE, José Paulo Peccinini. **Anomalias na distribuição geográfica dos dados de saúde da bacia hidrográfica do Ribeirão Lindóia, zona norte do município de Londrina/PR**. Confins (Paris), p. 1-8174-18, 2013.

ATHAYDE, Gustavo B. **Análise estrutural e hidroquímica do Aquífero Serra Geral na bacia hidrográfica do Paraná III**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

AUGUSTO, Lia G. da S. **Teoria e Prática na Ação do Sanitarista: a questão da saúde e do meio ambiente**. Cadernos Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 13 (1): 9 - 26, 2005.

AUGUSTO, Lia G. da S.; CÂMARA, Volney de M.; CARNEIRO, Fernando F.; CÂNCIO, Jacira; GOUVEIA, Nelson. **Saúde e Ambiente: uma reflexão da Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva - ABRASCO**. Revista Brasileira Epidemiologia 6 (2), 2003.

AUGUSTO, Lia G. da S.; BRASIL, Maria da G. F.; NETTO, Guilherme F. Abordagens Integradas para Vigilância em Saúde Ambiental: a experiência da chapada do Araripe. In: MIRANDA, Ary C. de; BARCELLOS, Christovam; MOREIRA, Josino C.; MONKEN, Maurício. **Território, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008.

BARCELLOS, Christovam; MACHADO, Jorge M. H. **A organização espacial condiciona as relações entre ambiente e saúde: o exemplo da exposição ao mercúrio em uma fábrica de lâmpadas fluorescentes**. Ciência & Saúde Coletiva, 3 (2):103-113, 1998.

BARCELLOS, Christovam. Constituição de um Sistema de Indicadores Socioambientais. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza; MIRANDA, Ary Carvalho de

(Orgs.). **Saúde e ambiente sustentável**: estreitando nós. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002.

BARCELLOS, Christovam. Os indicadores da pobreza e a pobreza dos indicadores: uma abordagem geográfica das desigualdades sociais em saúde. *In*: BARCELLOS, C. (Org.). **A Geografia e o contexto dos problemas de saúde**. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2008, (Saúde Movimento; n. 6).

BARROS, M. V. F.; MENDONÇA, Francisco de A. **Uso e Ocupação do Solo**. *In*: STIPP, Nilza A. F. (org). Macrozoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR). Londrina: Editora da UEL, 2000.

BENETTI, Antonio; BIDONE, Francisco. O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos. *In*: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2004.

BESSA JÚNIOR, Oduvaldo; MULLER, Ana C. de P.; ZANINELLI, Lucrécia; CORTESI, Luiz Antonio; GIUSTI, Cecília S.; RAMOS, Julio Cesar de. **Dinâmica Ambiental do Estado do Paraná**. *In*: IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – Nota técnica n. 13. Curitiba: IPARDES, 2010.

BILA, Daniele Maia; DEZOTTI, Márcia. **Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências**. Química Nova, Vol. 30, Nº. 3, 651-666, 2007.

BITTENCOURT, André V. L.; TUBBS FILHO, Décio. Hidrogeoquímica e aplicações em prospecção geoquímica. *In*: LICHT, Otavio A. B.; MELLO, Carlos S. B. de; SILVA, Cassio R. da (Eds). **Prospecção geoquímica: Depósitos Minerais Metálicos, Não Metálicos, Óleo e Gás**. CPRM, 2007.

BOGNOLA, Itamar; FASOLO, Pedro J; CARVALHO, Américo P; POTTER, Reinaldo O; BHERING, Silvio B. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região Centro-Leste do Estado do Paraná (área 10)**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002, p.56-74.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União (DOU), 7 de abril de 2008. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acessado em: 03 março 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acessado em: 03 março de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de Setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acessado em: 03 março de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema de informações sobre mortalidade (SIM)**. 2017. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br>. Acessado em: 19 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema de Informação de Agravos de Notificação - SINAN**. Disponível em: <<http://portalsinan.saude.gov.br/dados-epidemiologicos-sinan>>. Acessado em: 23 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. SANTOS, Simone M., SOUZA, Wayner V. (Orgs). Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portal da Saúde**. 2012. Disponível em: <<http://portaldasaude.saude.gov.br>>. Acessado em: 25 abril 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Saúde Brasil 2008: 20 anos de Sistema Único de Saúde no Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Secretaria de Vigilância em Saúde. **A situação do câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Programa de Disseminação das Estatísticas do Trabalho. Relação Anual de Informações Sociais - RAIS**. Disponível em: <<http://bi.mte.gov.br/scripts10/dardoweb.cgi>>. Acessado em: 17 jun. 2018.

BRIGGS, David. **Environmental health indicators: development of a methodology for the who european region**. Genebra: WHO, 2000. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/120231/E71437.pdf>. Acessado em: 17 set. 2018.

BUCHMANN FILHO, Antonio C.; ROSA FILHO, Ernani F. da; HINDI, Eduardo C.; BITTENCOURT, André V. L.; NADAL, Carlos A.; FERREIRA, Francisco J. F. **Aspectos da química da água subterrânea da formação serra geral no âmbito da bacia hidrográfica do rio Piquiri** - PR. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002. Anais... Florianópolis: ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2002. Cd-rom.

CÂMARA, Gilberto; CARVALHO, Marília Sá; Cruz, Oswaldo G.; CORREA, Virginia. Análise espacial de áreas. *In*: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (Eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>. Acessado em: 17 maio 2018.

CARNEIRO, F. F. **Meeting report**: development of environmental health indicators in Brazil and other countries in the Americas. *Environmental Health Perspectives*, NC USA, v. 114, n. 9, p. 407-1408, 2006.

CAVIGLIONE, João Henrique; KIIHL, Laura Regina Bernardes; CARAMORI, Paulo Henrique; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=595>>. Acessado em: 30 set. 2017.

CHASIN, Alice A. da M. & CARDOSO, Luisa M. N. Cádmio. *In*: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

CORVALÁN, C.; BRIGGS, D.; KJELLSTRÖM, T. Development of environmental health indicators. *In*: BRIGGS, D.; CORVALÁN, C.; NURMINEN, M.; (Ed.). **Linkage methods for environment and health analysis**: general guidelines. Geneva: United Nations Environmental Programme, United States Environmental Protection Agency, Ofce of Global and Integrated Environmental Health of the World Health Organization, 1996.

CORVALÁN, C.; BRIGGS, D.; ZIELHUIS, G. (Ed.). **Decision-making in environmental health**: from evidence to action. London: E & FN Spon; WHO, 2000.

CELLIGOI, André. **Recursos Hídricos Subterrâneos da Formação Serra Geral em Londrina – PR**. 1993. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CELLIGOI, André; DUARTE, Uriel. **Considerações hidroquímicas da Formação Caiuá no Estado do Paraná**. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1998.

CHOUDHURI, A. **Geoquímica pra Graduação**. Campinas, SP: Ed. da UNICAMP, 1997.

COIMBRA, J. S. **Caracterização Geomorfológica**. *In*: STIPP, Nilza A. F. (org). Sociedade, natureza e meio ambiente no Norte do Paraná: a porção inferior da Bacia hidrográfica do rio Tibagi-PR. Londrina: Ed. da UEL, 2000.

COMBS JÚNIOR, Gerald F. Geological Impacts on Nutrition. *In*: SELINUS, Olle; ALLOWAY, Brian J.; CENTENO, José A.; FINKELMAN, Robert B.; FUGE, Ron; LINDH, Ulf; SMEDLEY, Pauline (editores). **Essentials of Medical Geology Impacts of the Natural Environment on Public Health**. USA: Elsevier Academic Press, 2005.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**: Sistema de Informações Geográficas e Mapas na Escala 1:2.500.000. Brasília: CPRM, 2001. 4 CD-Rom.

COSTA, Maria da C. N.; TEIXEIRA, Maria da G. L. C. **A concepção de "espaço" na investigação epidemiológica**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 15 (2), Apr./June, 1999.

CORTECCI, Gianni. **Geologia e Saúde**. (Tradução Wilson Scarpelli). São Paulo, 2003. Disponível em: www.cprm.gov.br. Acessado em: 20/02/2019.

CUTTER, Susan L. **A ciência da vulnerabilidade**: modelos, métodos e Indicadores. Revista Crítica de Ciências Sociais, 93, Junho, 2011.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Geologia do Brasil**. Brasília, 1984.

DAVIES, Brian E.; BOWMAN, Charlotte; DAVIES, Theo C.; SELINUS, Olle. Medical Geology: Perspectives and Prospects. *In*: SELINUS, Olle; ALLOWAY, Brian J.; CENTENO, José A.; FINKELMAN, Robert B.; FUGE, Ron; LINDH, Ulf; SMEDLEY, Pauline (editores). **Essentials of Medical Geology Impacts of the Natural Environment on Public Health**. USA: Elsevier Academic Press, 2005.

DRUMOND JR., Marcos; BARROS, Marilisa B. de Azevedo. **Desigualdades socioespaciais na mortalidade do adulto no Município de São Paulo**. Revista Brasileira Epidemiologia, vol. 2, Nº 1/2, 1999.

DUTRA, Denecir de Almeida. **Geografia da Saúde no Brasil: arcabouço teórico-epistemológicos, temáticas e desafios**. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, 2011.

DUTRA, Lidiane S.; FERREIRA, Aldo P. **Associação entre malformações congênitas e a utilização de agrotóxicos em monoculturas no Paraná, Brasil**. Saúde Debate. Rio de Janeiro, v. 41, jun., n. Especial, p. 241-253, 2017.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, Armando M. **O Grupo Caiuá (Ks)**: revisão estratigráfica e contexto deposicional. Revista Brasileira de Geociências, 24(3): 164-176, Setembro, 1994.

FERNANDES, L. A.; CASTRO, A. B.; BASILICI, G. **Seismites in continental sand sea deposits of the Late Cretaceous Caiuá Desert, Bauru Basin, Brazil**. Sedimentary Geology, v. 199, p. 51-64, 2007.

FERREIRA, F. J. F.; FORLIN, M.; DONATTI, L. M.; ROSTIROLLA, S. P.; SOARES, P.C. **Assinatura Magnética de Estruturas Dômicas da Região de Fartura (SP-PR)**. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Sociedade Brasileira de Geologia, SBG, Salvador, 1996, v. II, p. 341-343.

FERREIRA, Marcelo U. **Epidemiologia e geografia: o complexo patogênico de Max. Sorre**. Cad. Saúde Pública 7 (3), Rio de Janeiro July/Sept., 1991.

FERREIRA, Marcos C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. São Paulo: Editora Unesp, 2014.

FIGUEIREDO, B.R. **A contaminação ambiental e humana por chumbo no Vale do Ribeira (SP-PR)**. Com ciência, Campinas, n. 71, nov. 2005. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>>. Acessado em: 15 maio 2017.

FRANÇA, Valmir De. **O rio Tibagi no contexto hidrogeográfico paranaense**. In: MEDRI, Moacyr E. et al (Editores). A Bacia do Rio Tibagi. Londrina: 2002.

FREITAS, Carlos M. de. **Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais**. Rio de Janeiro: Ciência & Saúde Coletiva, 8 (1): p?, 2003.

FREITAS, Carlos M. de; PORTO, Marcelo F. **Saúde, Ambiente e Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006.

GORODNER, Jorge O. **Salud y Medio Ambiente (editorial)**. Revista de La Asociación Medica Argentina, 2/2004.

FREITAS, Maria I. C.; CUNHA, Lúcio. **Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil**. Revista Brasileira de Gestão Urbana. v. 5, n. 1, p. 15-31, jan./jun. 2013.

GUERRA, A.T. **Novo Dicionário Geológico - Geomorfológico**. 2º ed. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro: 2001.

GIBSON, Gerusa; KOIFMAN, Sergio. **Consumo de Agrotóxicos e distribuição temporal da proporção de nascimentos masculinos no estado do Paraná, Brasil**. Rev. Panam. Salud Publica. 24(4):240-247, 2008.

GUIMARÃES, Raul Borges; PICKENHAYN, Jorge A.; LIMA, Samuel do Carmo. **Geografia e saúde sem fronteiras**. Uberlândia (MG): Assis Editora, 2014.

IKEFUTI, Priscilla Venâncio; BARROZO, Ligia Vizeu. **Variáveis Socioeconômicas e o Risco Relativo Por Acidente Vascular Cerebral no Município de São Paulo**. Espaço & Geografia, Vol.18, N. 3, 2015.

Instituto Ambiental do Paraná - IAP. **Monitoramento da qualidade das águas dos rios da região metropolitana de Curitiba, no período de 2002 a 2005**. Curitiba: IAP, 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoes_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf>. Acessado em: 09 jun. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Malhas dos setores censitários - Censo 2010. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acessado em: 09 jun. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo IBGE 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acessado em: 21 maio 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Cidades@. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017/resultados-definitivos.html>>. Acessado em: 27 maio 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Estimativas de População**. Estimativas anuais de população para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiras, com data de referência em 1º de julho. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/tabelas>>. Acessado em: 17 ago. 2017.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Histórico de comercialização 2000-2018. Disponível em: <<https://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acessado em: 11 nov. 2019.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Boletim 2015. Vendas por classe de periculosidade ambiental - 2015. Disponível em: <<https://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acessado em: 30 set. 2018.

Instituto Nacional do Câncer - INCA. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Coordenação de Prevenção e Vigilância. **Inquérito domiciliar sobre comportamentos de risco e morbidade referida de doenças e agravos não-transmissíveis: Brasil, 15 capitais e Distrito Federal, 2002-2003**. Rio de Janeiro: INCA, 2004.

Instituto Nacional de Câncer - INCA. Ministério da Saúde. **Ações de enfermagem para o controle do câncer: uma proposta de integração ensino-serviço**. / Instituto Nacional de Câncer. 3. ed. atual. Rio de Janeiro: INCA, 2008.

Instituto Nacional do Câncer - INCA. Ministério da Saúde. **Estimativa 2010: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2009.

Instituto Nacional de Câncer - INCA. Ministério da Saúde. Coordenação de Prevenção e Vigilância. **Vigilância do câncer relacionado ao trabalho e ao ambiente**. 2ª ed. Rio de Janeiro: INCA, 2010.

Instituto Nacional de Câncer - INCA. Ministério da Saúde. Coordenação de Prevenção e Vigilância. **Diretrizes para a vigilância do câncer relacionado ao trabalho**. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Fátima Sueli Neto Ribeiro (Org). Rio de Janeiro: 2012.

Instituto Nacional do Câncer - INCA. Ministério da Saúde. **Estimativa 2018: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2017.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG. **Bacias Hidrográficas - Estado do Paraná**. Escala 1:2.000.000. ITCG, 2010.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG. **Divisas Municipais**. Escala 1:1.000.000. ITCG, 2008.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG. **Geomorfologia - Estado do Paraná**. Escala 1:2.000.000. ITCG, 2008.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG. **Hidrografia**. Escala 1:250.000. ITCG, 2008.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG. **Solos - Estado do Paraná**. Escala 1:2.000.000. ITCG, 2008.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG. **Unidades Geológicas - Estado do Paraná**. Escala 1:2.000.000. ITCG, 2008.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Cadernos estatísticos dos municípios paranaenses**. Curitiba: IPARDES, 2018. Disponível em: <http://www.ipardes.pr.gov.br>. Acessado em: 07 maio 2018.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Base de Dados do Estado - BDEweb. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acessado em: 21 jul. 2018.

JACOMINI, Paulo. K. T. **A nova classificação brasileira de solos**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica. Recife: v.5 e 6, p.161-179, 2008-2009.

JAYME, Naibi Souza. **Geografia do câncer**: espaços de morbidade do câncer no estado do Paraná (1998-2014). Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2015.

KOIFMAN, S.; HATAGIMA A. Exposição aos agrotóxicos e câncer ambiental. *In*: Peres F, Moreira J. C. **É veneno ou é remédio**: agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro, Fiocruz. 2003; 75-99.

KOIFMAN, S.; KOIFMAN, R. J.; MEYER, A. **Human reproductive system disturbances and pesticide exposure in Brazil**. Cad. de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 2002; v.18, n. 2, 435- 45.

KOIFMAN, S.; KOIFMAN R. J. **Environment and cancer in Brazil**: an overview from a public health perspective. Mutation Research, Netherlands. 2003; v. 544, n. 2-3, 305-11.

KRUG, Francisco José; NÓBREGA, Joaquim Araújo; OLIVEIRA, Pedro Vitoriano de. **Espectrometria de absorção Atômica. Parte 1. Fundamentos e atomização com chama**. 2004. Disponível em: <http://web.cena.usp.br>. Acessado em: 08/05/2016.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003.

LEMOS, Jureth C.; LIMA, Samuel do C. **A Geografia Médica e as Doenças infecto-Parasitárias**. Revista Caminhos de Geografia 3(6), jun/ 2002.

LICHT, Otavio A. B.; PIEKARZ, O.G.; SILVA, J.C.F.C.; LOPES JR., IDIO. **Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade no Estado do Paraná**. A Terra em Revista, n.3, p.34-46, 1997.

LICHT, Otavio A. B. **Prospecção Geoquímica: Princípios, Técnicas e Métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998.

———. **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**. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, 2001, 236p.

LICHT, Otavio A. B. **Multiscale, multimedia and multi-element geochemical mapping of the State of Paraná, Brazil**. Geochimica Brasiliensis 32(2): 209 - 242, 2018.

LIMA, Irene Videira de. Ferro. *In*: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. **Metais: gerenciamento da toxidade**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

LIMA-COSTA; BARRETO. **Tipos de estudos epidemiológicos: conceitos básicos e aplicações na área do envelhecimento**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, 12(4), 2003.

LIN, Nian-Feng; TANG, Jie; BIAN, Jian-Min. **O ambiente geoquímico e os problemas de saúde na China**. (Tradução: Carlos Alberto C. Lins). Environmental Geochemistry and Health 26: 81-88, 2004. Disponível em: www.cprm.gov.br. Acessado em: 20/02/2017.

LOURENÇO, Roberto W.; LANDIM, Paulo M. B. **Mapeamento de Áreas de risco à saúde pública por meio de métodos geoestatísticos**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 21(1):150-160, jan-fev, 2005.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba/Rio de Janeiro: 2º ed. J. Olympio/Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.

MANOEL FILHO, João. **Ocorrência das Águas Subterrâneas**. *In*: FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M. (Coord.). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

MARANDOLA JR., Eduardo; HOGAN, Daniel J. **Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia**. Revista Brasileira Est. Pop., São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, jan./jun. 2005.

MARTINS, Isarita. Manganês. AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

MARTINS JR, José C. G.; PINESE, J.P.P. **Meio ambiente e saúde coletiva: abordagens em geologia médica**. In: CARVALHO, Márcia S. Geografia, meio ambiente e desenvolvimento. Londrina: a Autora, 2003.

MEADE, M. S.; EARICKSON, R. J. **Medical geography**. Second edition. New York/London: The Guilford Press, 2005.

MELFI, A. J.; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R. **Gelological and magmatic aspects of the Paraná Basin - an introduction**. In: The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and geophysical aspects. PICCIRILLO, E. M. & MELFI, A. J. (Eds), São Paulo, IAG-USP, 1988, p.1-13.

MENDES, Ester A. A.; NAKANDAKARE, Kátia C.; SOUZA, Adalberto M.; FERNANDES, Aldo M. P.; SILVEIRA, Erivelto L.; FELTRIN, Jurema; GUARDA, Marcos J. **Mananciais Subterrâneos no Estado do Paraná**. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002. *Anais...* Florianópolis: ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2002. Cd-rom.

MENDES, Tatiana F.; PINESE, José P. P.; CELLIGOI, André; Yabe, M.J.S. **Caracterização da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos na Regional de Saúde de Cornélio Procopio (PR)**. Revista da Anpege, v. 13, p. 220-246, 2017.

MENDONÇA, Francisco de A. **A Tipologia Climática: gênese, características e tendências**. In: STIPP, N. F. (org). Macrozoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR). Ed. da UEL, Londrina, 2000a.

MENDONÇA, Francisco de A. **Caracterização Climática**. In: STIPP, N. F. (org). Sociedade, Natureza e Meio Ambiente no Norte do Paraná. A porção inferior da Bacia do Rio Tibagi. Londrina: Ed. UEL, 2000b, 259p.

MENDONÇA, Francisco de A.; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. **Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi**. In: MEDRI, Moacyr E. et al (Editores). A Bacia do Rio Tibagi. Londrina: 2002.

MEYER, A.; CHRISMAN, J.; MOREIRA, J.C.; KOIFMAN, S. **Cancer mortality among agricultural workers from Serrana Region, state of Rio de Janeiro, Brazil**. Environ Res.Cancerologia 2005; 51(3): 227-234 22.

MILIGI, L., COSTANTINI, A.S.; VERALDI, A.; BENVENUTI, A.; WILL, V. P. **Cancer and pesticides: an overview and some results of the Italian multicenter case-control study on hematolymphopoietic malignancies**. Ann NY Acad Sci. 2006.1076:366-77.

MINAYO, Maria C. de S. **Editorial**. Rio de Janeiro: Ciência & Saúde Coletiva 7 (2), 2002.

MINERAIS DO PARANÁ S.A (MINEROPAR). **Atlas Geoquímico do Estado do Paraná**. Curitiba, 80p., 2001.

MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná. Escala Base 1:250.000**. Modelos Reduzidos 1:500.000. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MONTEIRO, Gina T. R.; KOIFMAN, Sergio. **Mortalidade por tumores de cérebro no Brasil, 1980-1998**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(4):1139-1151, jul-ago, 2003.

OLIVEIRA, Adriana P. de. **Determinação de Cu, Zn e Se em soro humano por ICP-MS**. Revista Analytica, nº25, out/nov, 2006, p.76-83. Disponível em: www.revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/25.art05.pdf. Acessado em 05 maio 2017.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Elementos traço na nutrição e saúde humanas**. Tradução Andréa Favano. São Paulo: Roca, 1998.

PAOLIELO, Mônica M. B.; CAPITANI, Eduardo M. De. Chumbo. *In*: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Saúde. **Código de Saúde do Paraná**. Curitiba: SESA, 2002. Disponível em: www.sesa.pr.gov.br. Acessado em: 16/03/2017.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Saúde. **Regionais de Saúde**. 2011. Disponível em: www.sesa.pr.gov.br. Acessado em: 22/01/2017.

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

PERCEBON, Claudete Massuchin; BITTENCOURT, André V. L.; ROSA FILHO, Ernani F. da. **Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC**. Editora UFPR. Boletim Paranaense de Geociências, n. 56, p. 7-19, 2005.

PERES, F; MOREIRA, J. C. (Orgs). **AGROTÓXICOS, SAÚDE E AMBIENTE: uma introdução ao tema**. *In*: **É veneno ou é remédio?** Agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003.

PICCOLI, Camila; CREMONESE, Cleber; KOIFMAN, Rosalina; KOIFMAN, Sérgio (*in memoriam*); FREIRE, Carmen. **Occupational exposure to pesticides and hematological alterations: A survey of farm residents in the South of Brazil**. Ciência & Saúde Coletiva, 24(6):2325-2340, 2019.

PICCIRILLO, E. M; MELFI, A. J. (Ed). **Mesozoic flood volcanism of the Parana basin: petrogenetic and geophysical aspects**. São Paulo: IAG-USP. 1988.

PICCIRILLO, E. M.; BELLINI, G.; CAVAZZINI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; PETRINI, R.; MELFI, A. J.; PINESE, José P. P.; ZANTEDESCHI, P.; DE MIN, A. **Lower Cretaceous tholeiitic dyke swarms from the Ponta Grossa Arch (SE-Brazil): Petrology, Sr-Nd isotopes and genetic relationships with the Paraná flood volcanics.** Chemical Geology, 1990, v.89:19-48.

PINESE, José P. P.; ALVES, J. C.; LICHT, Otavio A. B. **Anomalias Hidrogeoquímicas no Município de Itambaracá (PR): Resultados Preliminares.** Congresso Brasileiro de Geoquímica, 8; Boletim de Resumos, Curitiba. P. 88 2001.

PINESE, José P. P. **Síntese Geológica da Bacia do Tibagi.** In: MEDRI, Moacyr E., et al. A Bacia do Rio Tibagi. Londrina: 2002.

PINESE, José P. P.; ALVES, J. C.; LICHT, Otávio A. B. ; Pires, E. O.; MARAFON, E. **Características Naturais da Água de Abastecimento Público da Porção Extremo Norte do Estado do Paraná, Brasil.** In: XLI Congresso Brasileiro Geologia, 2002, João Pessoa-PB. *Anais...* XLI Congresso Brasileiro de Geologia: A Geologia e o Homem. João Pessoa: Associação Brasileira de Geologia-Núcleo Nordeste, 2002. v. 1. p. 249-250.

PINESE, José P. P.; STIPP, N.F; OLIVEIRA, J. **A geologia e os recursos minerais no curso inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi-PR.** In: STIPP, N.F. (org). Sociedade, Natureza e Meio Ambiente no Norte do Paraná: a porção inferior da Bacia hidrográfica do rio Tibagi-PR. Londrina: Ed. da UEL, 2000.

PINESE, José P. P. **Caracterização Petroológica e Geoquímica dos diques do Arco de Ponta Grossa.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

PINESE, José P. P.; MARTINS JR., José C. G. **Riscos Ambientais Geogenéticos na Utilização de Águas Subterrâneas para o Consumo Humano sem Análise Geoquímica Prévia.** In: Marcia Siqueira de Carvalho. (Org.). Geografia, Meio Ambiente e Saúde em Londrina. 1ed. Londrina: Edições Humanidades, 2005, v. 01, p. 133-164.

PINESE, José P. P.; GUIMARAES, D. V. Principais Aspectos do Meio Físico no Município de Londrina, Paraná, Brasil. In: CUNHA, Lúcio; YAMAKI, Humberto. (Org.). **Paisagem e Território.** 1.ed. Londrina: EDUEL, 2018, v. 1, p. 89-108.

PETRI, Setembrino; FÚLFARO, Vicente J. **Geologia do Brasil (Fanerozóico).** Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo: 1983.

PORTO, Marcelo F. S. **Saúde, ambiente e desenvolvimento: reflexões sobre a experiência da COPASAD - Conferência Pan-Americana de Saúde e Ambiente no Contexto do Desenvolvimento Sustentável.** Ciência e Saúde Coletiva 3(2):33-46, 1998.

RIBEIRO, Helena. **Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos.** Revista Saúde e Sociedade 13 (1), p.70-80, jan-abr, 2004.

REDE Interagencial de Informação para a Saúde - RIPSA. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações**. 2ª ed. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008.

ROJAS, Luisa Iñiguez; BARCELLOS, Christovam. **Geografía y salud en América Latina: Evolución y Tendencias**. Revista Cubana de Salud Pública, v. 29, n.4, p. 289-384, oct-dic, 2003.

ROJAS, Luisa Iñiguez. **Geografía y salud. Temas y perspectivas en América Latina**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.14, n.4, p. 701-711, out-dez, 1998.

———. **Geografía y salud: entre historias, realidades y utopías**. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.35, p.09-28, dezembro 2003.

ROSA FILHO, E. F. da; SALAMUNI, R.; BITTENCOURT, A. V. L. **Contribuição ao estudo das águas subterrâneas nos basaltos da Formação Serra Geral**. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, v. 37, p. 22-52, 1987.

ROSA FILHO, F.E.; HINDI, C.E.; BITTENCOURT, A.V.L.; MANTOVANI, L.E.; 2010. **As Águas Subterrâneas no Estado do Paraná**. Maxi Gráfica. Curitiba, PR. 145p.

SANTOS, Almany C. **Noções de Hidroquímica**. In: FEITOSA, Fernando A. C.; MANOEL FILHO, João (Coord.). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

SANTOS, Sabrina da S.; SILVA, Ilce F. da; KOIFMAN, Rosalina J.; HATAGIMA, Ana; KOIFMAN, Sergio. **Exposição a substâncias químicas e câncer: aspectos epidemiológicos, genéticos e moleculares**. Cadernos Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 16 (4): 613 - 658, 2008.

SCARPELI, Wilson. **Introdução à geologia médica**. São Paulo: I FENAG. IG/USP, 2003. Disponível em: www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.html. Acessado em: 20/02/2016.

SELINUS, Olle; ALLOWAY, Brian J.; CENTENO, José A.; FINKELMAN, Robert B.; FUGE, Ron; LINDH, Ulf; SMEDLEY, Pauline. **Prefácio**. In: SELINUS, Olle; ALLOWAY, Brian J.; CENTENO, José A.; FINKELMAN, Robert B.; FUGE, Ron; LINDH, Ulf; SMEDLEY, Pauline (editores). **Essentials of Medical Geology Impacts of the Natural Environment on Public Health**. USA: Elsevier Academic Press, 2005.

SELINUS, Olle; ALLOWAY, Brian J.; CENTENO, José A.; FINKELMAN, Robert B.; FUGE, Ron; LINDH, Ulf; SMEDLEY, Pauline (editores). **Essentials of Medical Geology Impacts of the Natural Environment on Public Health**. USA: Elsevier Academic Press, 2005.

SELINUS, Olle; CENTENO, José A.; FINKELMAN, Robert B (Eds). **Medical Geology: A regional synthesis**. London/New York: Springer Science, 2010.

SELINUS, Olle. *Geologia Médica*. In: SILVA, CÁSSIO R. DA; FIGUEIREDO, BERNARDINO R.; DE CAPITANI, EDUARDO M. CUNHA; FERNANDA G. **Geologia Médica no Brasil**: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006.

Sistema de Controle do Comércio e Uso de Agrotóxicos no Estado do Paraná – SIAGRO. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=389>>. Acessado em: 09 jul. 2018.

SILVA, Carlos S. da. Cromo. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

SINGH, Harwant. **Theoretical Basis for Medical Geology**. Disponível em: <<https://medicalgeology.org/pages/members/publications/Popular%20science/Theoretical%20Basis%20for%20Medical%20Geology.%20Singh.pdf>>. Acessado em: 01 ago. 2017.

SKINNER, H.C.W.; BERGER, A.R (Ed.). **Geology and Health**: closing the gap Oxford: Oxford University Press, 2003.

STIPP, Nilza F. **Principais tipos de solos e sua caracterização**. In: STIPP, N.F. (org). Sociedade, Natureza e Meio Ambiente no Norte do Paraná: a porção inferior da Bacia hidrográfica do rio Tibagi-PR. Londrina: Ed. da UEL, 2000a.

STIPP, Nilza F. **As unidades geológicas-geomorfológicas**. In: STIPP, Nilza F. Macrozoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR). Londrina: 2000b.

STIPP, Nilza F. **Principais tipos de solo da bacia do rio Tibagi**. In: MEDRI, Moacyr E. et al (Editores). A Bacia do Rio Tibagi. Londrina: 2002.

TAMBELLINI, Anamaria T.; CÂMARA, Volney de M. **A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento do campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos**. Rio de Janeiro: Ciência & Saúde Coletiva, 3 (2): 47-59, 1998.

TOREZAN, José M. D. **Nota sobre a vegetação da bacia do rio Tibagi**. In: MEDRI, Moacyr E. et al (Editores). A Bacia do Rio Tibagi. Londrina: 2002.

TUNDISI, José G.; TUNDISI, Takako M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.

VINEIS, P. **Cancer as an evolutionary process at the cell level: an epidemiological perspective**. Carcinogenesis. Jan; 24(1):1-6, 2003.

WINTER, MARK. **Webelements**. Disponível em: <<https://www.webelements.com>>. Acessado em: 19 maio 2017.

APÊNDICE 1

Análises Químicas das águas da RSA

Variáveis hidrogeoquímicas identificadas nas amostras de águas subterrâneas e superficiais da RSA.

Amostras	Localização		Parâmetros físico-químicos						Parâmetros Hidrogeoquímicos									
	Município	UTM/L-O	UTM/N-S	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	STD (mg/L)	Al (µg/L)	Ba (µg/L)	Ca (µg/L)	Cr (µg/L)	Pb (µg/L)	Sr (µg/L)	Fe (mg/L)	Mn (µg/L)	Na (µg/L)	P (µg/L)	Zn (µg/L)
P01 - Rio Cambira	Cambira	445056	7388567	16,27	7,87	130	84	ND	0,81	11685,76	ND	ND	19,48	0,18	32,9	4309,5	1204,43	ND
P02 - Poço Sanepar	Cambira	440404	7390576	22,45	8,31	247	161	ND	ND	ND	4,18	ND	23,67	ND	ND	8249,7	710,92	ND
P03 - Poço Sanepar	Cambira	440404	7390576	21,88	8,49	308	200	ND	ND	ND	ND	ND	19,50	ND	ND	10359,4	704,05	ND
P04 - Afluente Rio Pirapó	Cambira	439374	7391820	18,76	8,3	475	309	ND	22,81	ND	ND	ND	29,43	0,03	ND	5580,1	1189,61	ND
P05 - Afluente do Rio Pirapó	Cambira	439364	7391876	18,3	8,7	177	115	90,7	5,89	10958,93	ND	ND	14,09	0,36	68,9	14565,7	7504,64	ND
P06 - Rio Marumbizinho	Jandaia do Sul	437595	7385887	17,55	8,74	150	97	ND	3,50	12775,65	ND	ND	25,71	0,06	9,3	4974,7	1198,07	ND
P07 - Poço Água Cristalina	Jandaia do Sul	434508	7390826	22,72	8,32	267	173	ND	ND	ND	ND	ND	30,37	ND	ND	9968,9	792,35	ND
P08 - Mina da Sanepar	Jandaia do Sul	434508	7390826	22,82	7,66	248	161	ND	59,29	ND	ND	ND	51,71	ND	ND	6296,2	1165,66	ND
P09- Rio Caviúna - Captação Sanepar	Apucarana	449282	7401601	18,85	8,29	129	84	33,4	3,98	11114,21	ND	ND	13,70	0,23	22,4	3806,4	883,16	ND
P10- Rio Pirapó (Captação Sanepar)	Apucarana	449133	7401437	18,65	8,26	174	113	ND	6,60	ND	ND	ND	34,42	0,00	ND	5865,1	1327,86	ND
P11 - Rio Água Seis	Califórnia	466250	7382643	15,57	8,19	105	68	2,8	3,49	9837,18	ND	ND	17,80	0,82	147,7	3080,4	955,13	ND
P12 - Poço Sanepar	Marilândia do Sul	469936	7374256	25,14	10,86	196	128	ND	ND	2660,72	ND	ND	ND	ND	ND	ND	309,42	ND
P13 - Poço Sanepar	Marilândia do Sul	469936	7374256	22,46	9,87	421	273	ND	ND	ND	ND	ND	184,35	ND	ND	21049,0	642,56	ND
P14 - Poço Sanepar	Marilândia do Sul	469936	7374256	25,81	10,84	193	126	ND	ND	2213,97	ND	ND	0,00	ND	ND	ND	255,60	ND
P15 - Poço Sanepar	Marilândia do Sul	468466	7374502	23,96	8,67	189	123	ND	2,86	12850,21	ND	ND	63,92	ND	ND	9424,2	959,96	ND
P16 - Rio Apertados/Rio Frouxo)	Arapongas	468486	7404829	18,44	8,65	69	45	95,6	ND	5273,30	ND	ND	ND	0,42	20,4	3538,3	784,94	ND
P17 - Poço Sanepar - Bairro Sagrado Solo	Apucarana	457468	7399335	21,52	9,99	125	82	ND	ND	11574,74	ND	ND	ND	ND	ND	9129,7	531,15	ND
P18 - Poço Sanepar - Bairro Dom Romeu	Apucarana	454933	7397656	21,69	9,04	125	81	ND	ND	10430,44	ND	ND	8,09	ND	ND	3187,9	602,54	ND
P19 - Poço Sanepar - Parque da Raposa	Apucarana	456722	7397200	22,13	8,54	163	106	ND	ND	ND	ND	ND	17,04	ND	ND	4643,3	786,87	ND
P20 - Poço Sanepar - Poço Bica da Raposa	Apucarana	458298	7397385	21,6	8,82	112	73	ND	ND	10386,97	ND	ND	ND	ND	ND	4821,7	517,76	ND
P21 - Poço Sanepar - Escadaria Raposa	Apucarana	458492	7396973	21,95	8,55	141	91	ND	ND	ND	ND	ND	20,69	ND	ND	6838,6	540,40	ND
P22 - Poço Sanepar Pirapó	Apucarana	446177	7395619	22,47	9,28	270	175	ND	ND	12531,76	ND	ND	3,31	ND	ND	4063,1	603,09	ND
P23 - Poço Sanepar Adriano Corrêa	Apucarana	455995	7392081	23,03	9,36	284	185	ND	ND	ND	ND	ND	2,30	ND	ND	13838,5	385,09	ND
P24 - Poço Sanepar Country	Apucarana	454052	7394026	22,74	8,41	443	288	ND	ND	ND	ND	ND	25,23	ND	ND	ND	491,83	ND
P25 - Poço Sanepar Jabuti	Apucarana	451553	7393276	22,45	8,54	305	198	ND	ND	ND	ND	ND	37,83	ND	ND	21083,3	1145,81	ND
P26 - Poço Sanepar - Geocondo	Arapongas	465324	7407337	22,42	9,01	152	990	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5466,1	242,17	ND
P27 - Poço Sanepar - próximo Pedágio Bom Sucesso	Arapongas	461104	7415238	23,18	9,49	134	87	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,04	ND	4355,8	236,57	36,6
P28 - Poço Sanepar - estrada Borba Bom Sucesso	Bom Sucesso	423067	7376928	19,01	8,35	236	153	ND	ND	ND	ND	ND	10,65	ND	ND	11739,8	288,69	ND
P29 - Poço Sanepar próximo a BR-369	Bom Sucesso	423934	7378348	22,48	9,5	196	127	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10095,9	155,23	ND
P30 - Poço Sanepar área urbana	Bom Sucesso	421832	7378094	24,92	8,32	96	63	ND	ND	7448,58	ND	ND	ND	ND	ND	2502,3	544,27	ND

P31 - Poço Sanepar	Bom Sucesso	421717	7378003	23,93	7,53	330	215	ND	ND	ND	ND	ND	107,78	ND	ND	6539,6	1168,42	ND
P32 - Rio Barbacena - Captação Sanepar	São Pedro do Ivaí	409864	7362131	18,06	9,15	113	73	90,5	22,07	11412,02	ND	ND	25,30	0,31	53,5	2943,1	1358,36	ND
P33 - Poço Sanepar - Fazenda Celso de La Rosa	São Pedro do Ivaí	4111581	7361486	23,91	10,4	314	204	ND	ND	10867,82	ND	ND	ND	ND	ND	ND	213,16	ND
P34 - Poço Sanepar - Distrito Marisa	São Pedro do Ivaí	404936	7370655	22,92	8,93	268	174	ND	ND	ND	ND	ND	66,73	ND	ND	7390,4	624,51	ND
P35 - Poço Sanepar - Distrito Columbia	Bom Sucesso	412873	7377200	23,37	8,87	271	176	ND	ND	ND	ND	ND	53,00	ND	ND	8026,4	745,59	ND
P36 - Minas de Marumbi	Marumbi	434216	7376641	22,04	8,23	135	88	ND	ND	ND	ND	ND	23,84	ND	ND	2453,9	559,52	ND
P37 - Poço Prefeitura	Marumbi	434170	7376573	21,82	8,5	201	130	ND	ND	ND	ND	ND	23,40	ND	ND	6916,3	499,67	ND
P38 - Poço Vila Rural Ademar Pili	Marumbi	434831	7376779	22,05	8,7	145	94	ND	ND	ND	ND	ND	14,82	ND	ND	4477,5	611,79	ND
P39 - Poço Vila Rural Flor do Vale	Marumbi	436005	7376397	22,01	8,89	244	159	ND	ND	ND	ND	ND	71,01	ND	ND	10194,6	512,55	ND
P40 - Mina Mercúrio	Kaloré	431428	7365265	23,12	8,36	217	147	ND	68,56	ND	ND	ND	102,96	ND	5,1	4802,7	1248,15	ND
P41 - Mina da Garça	Kaloré	431428	7365265	22,83	7,77	220	143	ND	7,64	4966,47	ND	ND	ND	0,52	2,2	1347,9	544,19	ND
P42 - Minas - Distrito Jusiara	Kaloré	426834	7356972	23,02	7,79	78	51	ND	58,67	6709,17	ND	ND	21,53	ND	ND	1814,2	1377,78	ND
P43 - Minas todas juntas que chegam no SAAK	Kaloré	432115	7365157	23,75	7,99	224	146	ND	ND	ND	ND	ND	96,18	0,12	ND	4361,1	1172,67	ND
P44 - Poço próximo frigorífico	Cambira	439349	7391866	23,03	9,01	206	134	0,9	ND	ND	ND	ND	35,73	ND	ND	8610,4	532,07	6,4
P45 - Poço Sanepar - Jd. Interlagos	Arapongas	452980	7409297	23,56	9,42	194	126	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	12527,9	221,55	ND
P46 - Rio Frouxo - Próximo a sua nascente	Arapongas	462872	7402777	19,93	9,58	263	171	8,6	3,30	ND	ND	ND	29,95	0,46	27,3	16487,9	556,31	ND
P47 - Poço Sanepar - Distrito de São José	Jandaia do Sul	429321	7383432	22,54	8,87	350	228	1,2	ND	ND	ND	ND	115,66	0,00	ND	8824,1	975,77	ND
P48 - Rio Laranja Doce - Captação da Sanepar	Borrazópolis	440943	7348517	19,19	9,22	760	49	28,1	22,47	7070,11	ND	ND	20,64	0,78	88,9	2017,8	1063,98	ND
P49 - Rio Laranja Doce - nascente	Borrazópolis	443486	7351681	23,47	8,17	60	39	19,0	13,22	5416,02	ND	ND	4,29	0,25	2,0	1483,3	690,84	111,6
P50 - Poço da Fábrica de doce de leite	Borrazópolis	439386	7353733	24,67	11,58	375	245	19,8	ND	2246,63	ND	ND	ND	ND	ND	ND	135,50	43,0
P51 - Poço Sanepar - Conj. Albatroz	Grandes Rios	448180	7329203	24,96	9,6	437	284	10,3	ND	ND	ND	ND	378,19	ND	ND	14657,1	982,55	9,6
P52 - Poço Sanepar/Rio Ivaí	Grandes Rios	444792	7329435	24,03	8,98	405	263	ND	ND	ND	ND	ND	300,53	0,04	1,1	11777,2	766,48	ND
P53 - Poço Sanepar - área urbana	Grandes Rios	448667	7329268	23,73	8,17	409	266	12,5	22,93	ND	ND	ND	330,39	ND	ND	9167,1	2111,44	ND
P54 - Poço Sanepar - Poço Pedras	Grandes Rios	449024	7330095	26,9	10,06	375	244	ND	30,08	ND	ND	ND	953,55	ND	ND	ND	1425,15	16,1
P55 - Poço Sanepar - Poço da granja	Grandes Rios	449269	7329557	24,63	9,82	279	181	0,4	ND	ND	ND	ND	349,85	ND	ND	15525,3	755,40	ND
P56 - Poço Sanepar - Distrito Flórida do Ivaí	Grandes Rios	456295	7316497	22,13	8,63	94	61	ND	24,82	8388,47	ND	ND	60,93	ND	ND	2245,1	1286,61	495,3
P57 - Poço Sanepar - Ribeirão Bonito	Grandes Rios	455802	7325521	22,96	8,59	152	99	23,1	ND	ND	ND	ND	79,28	ND	ND	4258,5	1755,16	2,8
P58 - Poço Sanepar - Próximo Pesque Pague	Rio Bom	457756	7371406	21,74	8,7	265	172	3,8	ND	ND	ND	ND	82,70	ND	ND	5862,7	1097,30	ND
P59 - Poço Sanepar - centro	Rio Bom	457702	7372256	25,72	10,99	259	168	ND	ND	3295,88	ND	ND	ND	ND	ND	ND	106,00	ND
P60 - Poço Sanepar - Distrito Sto Antônio	Rio Bom	457199	7364918	22,03	9,44	110	72	2,8	ND	10582,88	ND	ND	40,00	ND	ND	3208,5	876,34	ND
P61 - Poço Sanepar - Distrito São José	Mauá da Serra	471316	7365260	23,55	9,79	141	92	8,7	ND	5001,40	ND	ND	14,82	ND	ND	20061,6	346,82	ND
P62 - Poço Sanepar - Vila Sta Maria	Mauá da Serra	476435	7355325	21,69	8,66	70	46	ND	24,52	5688,56	ND	ND	22,18	ND	ND	2777,7	2171,35	ND
P63 - Poço Sanepar - Jd. São Pedro	Mauá da Serra	477588	7356960	20,92	7,44	33	21	1,8	21,44	1247,10	ND	ND	ND	ND	ND	1917,4	1689,30	ND

P64 - Poço da prefeitura - Distrito Fior da Serra	Mauá da Serra	482423	7353792	18,65	6,5	47	31	145,2	84,9	980,29	ND	ND	ND	ND	80,4	2753,4	1267,93	ND
P65 - Poço Sanepar - Novo - próximo Molipark	Sabáudia	439340	7416663	22,42	10,92	278	181	28,9	ND	1946,93	ND	3,02	ND	0,02	ND	ND	86,23	ND
P66 - Poço Sanepar - próximo centro	Sabáudia	444244	7420546	23,59	8,83	204	133	0,7	113,41	ND	ND	ND	97,59	ND	ND	2697,6	820,72	ND
P67 - Poço Sanepar - próximo loteamento	Sabáudia	443884	7421287	22,82	8,76	117	76	ND	100,15	9257,79	2,78	ND	300,33	ND	ND	2163,8	1108,75	ND
P68 - Poço Sanepar	Sabáudia	443698	7421120	23	8,37	180	117	ND	104,86	ND	2,20	ND	161,54	ND	ND	3064,2	1062,21	ND
P69 - Poço Sanepar - Campinho	Arapongas Novo	451065	7417159	23,86	8,95	109	71	ND	ND	7781,58	0,55	ND	46,82	ND	ND	7260,6	578,50	ND
P70 - Poço Sanepar	Itacolomi	450993	7370680	24,65	9,47	179	116	9,6	30,50	ND	ND	ND	425,36	ND	ND	14532,5	1187,28	ND
P71 - Poço Sete Maio	Cambira	447709	7379926	23,04	8,08	179	117	ND	21,66	ND	ND	ND	81,84	ND	ND	3204,0	753,26	ND
P72 - Poço Aricanduva	Apucarana	456745	7401530	23,18	9,49	363	236	635,5	10,00	ND	ND	ND	167,15	0,74	44,6	8693,8	1262,02	ND
P73 - Mina Alto Alegre	Faxinal	470479	7347141	20,19	7,76	11	7	7,9	0,43	454,59	ND	ND	ND	ND	ND	413,2	279,29	ND
P74 - Poço Sanepar - Saída Vergelin	Faxinal	466737	7346506	23,58	8,31	106	69	1,2	ND	9351,21	ND	ND	81,32	ND	ND	3805,7	1328,88	ND
P75 - Poço Sanepar - Chácara Cortes	Faxinal	467254	7347711	24,71	9,2	129	84	0,3	ND	ND	ND	ND	100,98	ND	ND	9108,5	1420,17	ND
P76 - Poço Vila Imperatriz	Faxinal	469585	7346451	22,26	7,43	16	10	13,4	17,36	289,63	ND	ND	ND	ND	3,5	1314,9	414,40	ND
P77 - Mina Faxinalzinho	Faxinal	463666	7357586	21,62	7,67	6	4	12,6	4,86	582,33	ND	ND	ND	ND	13,7	1063,8	289,90	ND
P78 - Poço Frigorífico	Faxinal	465163	7344727	22,27	7,88	90	58	ND	3,13	8201,16	ND	ND	44,28	ND	ND	2569,6	881,98	ND
P79 - Poço Sanepar - Vila Reis	Apucarana	457538	7388812	22,69	8,83	213	138	0,5	ND	ND	ND	ND	44,04	ND	ND	8562,3	499,55	ND
P80 - Nascente Rio Caviúna	Apucarana	454785	7402388 8	20,71	9,13	70	45	17,1	10,57	5631,87	ND	ND	8,08	0,27	70,1	2119,5	574,90	ND
P81 - Nascente Rio Pirapó	Apucarana	453629	7395681	22,45	7,52	262	170	19,9	252,77	ND	ND	ND	56,58	ND	286,6	17913,5	1992,96	ND
P82 - Poço Figueirinha	Califórnia	474034	7384322	22,47	8,79	186	121	ND	ND	ND	ND	ND	45,24	ND	67,0	5094,2	871,12	ND
P83 - Poço Correia de Freitas	Apucarana	465374	7388888	21,65	8,88	68	44	3,4	ND	6144,58	ND	ND	ND	ND	ND	2246,3	184,85	ND
P84 - Mina Correia de Freitas	Apucarana	464881	7388932	22,5	7,7	210	140	ND	3,25	2057,73	ND	ND	ND	0,07	ND	1242,0	94,64	ND
P85 - Poço	Apucarana	468312	7388775	19,8	7,84	279	160	23,8	ND	ND	ND	ND	91,36	ND	ND	7815,9	484,37	ND

CE – Condutividade elétrica; STD – Sólidos Totais Dissolvidos; ND – Não determinado.