



Universidade  
Estadual de  
Londrina

---

JACQUELINE MAHNIC DE VASCONCELLOS

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS DO ALTO RIO PARANÁ, NA REGIÃO DE  
PORTO RICO (PR) E AS CONTRIBUIÇÕES PARA A  
GEOGRAFIA DA SAÚDE**

---

Londrina  
2011

JACQUELINE MAHNIC DE VASCONCELLOS

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS DO ALTO RIO PARANÁ, NA REGIÃO DE  
PORTO RICO (PR) E AS CONTRIBUIÇÕES PARA A  
GEOGRAFIA DA SAÚDE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de Geografia  
da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini  
Pinese

Londrina  
2011

JACQUELINE MAHNIC DE VASCONCELLOS

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS DO ALTO RIO PARANÁ, NA REGIÃO DE PORTO  
RICO (PR) E AS CONTRIBUIÇÕES PARA A GEOGRAFIA DA SAÚDE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de Geografia  
da Universidade Estadual de Londrina.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador

Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. André Celligoi

Universidade Estadual de Londrina

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcia Siqueira de Carvalho

Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 25 de novembro de 2011.

*Dedico este trabalho à minha família, que sempre esteve ao meu lado, como forma de gratidão pelos seus esforços para que eu pudesse chegar até aqui e ao Vanderson Ronaldo Teixeira, por estar sempre me apoiando nas horas difíceis e me incentivando a caminhar mais longe.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese, que gentilmente aceitou me orientar, pela paciência, “broncas”, incentivo e pela sua amizade.

Ao professor Prof. Dr. Valmir de França, pela boa vontade em compartilhar seu vasto conhecimento e experiências conosco.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação da Universidade Estadual de Londrina (PROPPG-UEL) pelo financiamento dos projetos de pesquisa.

Ao suporte financeiro propiciado pela Fundação Araucária do Estado do Paraná através dos projetos 9527/2006 e 13015/2008.

Ao NUPELIA (Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura) da Universidade Estadual de Maringá, pelo fornecimento dos recursos logísticos para a realização da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Geraldo Terceiro Correa pelas conversas e companhia nos trabalhos de campo.

À Larissa Oliveira, pelo auxílio no uso do software Surfer 8.0.

Aos meus pais (Vera e Carlos) que procuraram dar as melhores condições possíveis para que eu pudesse chegar até aqui, e mais longe...

Às minhas irmãs (Francielli e Michelli), pelo incentivo, exemplo, alegria, amor e companheirismo.

Ao Vanderson Ronaldo Teixeira, que ao longo dos últimos seis anos aguentou com paciência, amor e carinho as minhas turbulências e dedicou parte de sua vida à me fazer feliz.

Aos amigos Kenia Zanetti, Renata Canesso, Eduardo Furuta Gonçalves, Rodrigo Orasmo e Amaral Valentim do Carmo, por compartilharem com alegria e dedicação as duras horas de trabalho, especialmente nos trabalhos de campo.

Aos amigos da turma de Geografia 2007-2011, que junto comigo passaram por alegrias, tristezas, desesperos, viagens, “correrias”, trabalhos, exames, “porres” e comemorações, finalizando a mais feliz das etapas de minha vida, com muito amor e camaradagem.

A todos muito obrigada!!!

*Você me pergunta  
Aonde eu quero chegar  
Se há tantos caminhos na vida  
E pouca esperança no ar  
E até a gaivota que voa  
Já tem seu caminho no ar  
O caminho do fogo é a água  
O caminho do barco é o porto  
O do sangue é o chicote  
O caminho do reto é o torto  
O caminho do bruxo é a nuvem  
O da nuvem é o espaço  
O da luz é o túnel  
O caminho da fera é o laço  
O caminho da mão é o punhal  
O do santo é o deserto  
O do carro é o sinal  
O do errado é o certo  
O caminho do verde é o cinzento  
O do amor é o destino  
O do cesto é o cento  
O caminho do velho é o menino  
O da água é a sede  
O caminho do frio é o inverno  
O do peixe é a rede  
O do pio é o inferno  
O caminho do risco é o sucesso  
O do acaso é a sorte  
O da dor é o amigo  
O caminho da vida é a morte!*

*Raul Seixas - Caminhos*

VASCONCELLOS, Jacqueline Mahnic de. **Considerações sobre a geoquímica das águas superficiais do Alto Rio Paraná, na região de Porto Rico (PR) e as contribuições para a Geografia da Saúde**. 2011. 85f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

## RESUMO

A área enfocada para estudo está localizada na Planície de inundação do Alto Rio Paraná, entre os Estados do Mato Grosso do Sul (MS) e Paraná (PR), na região do município de Porto Rico – PR. Neste trecho, o Rio Paraná apresenta largura média de 1 km e há inúmeras formações de depósitos fluviais que compõem arquipélagos. Entre eles, as Ilhas Mutum e Porto Rico, localizadas entre a foz do Rio Paranapanema e a foz do Rio Ivinheima, apresentam extensão longitudinal de aproximadamente 14 km. O objetivo principal deste trabalho concentrou-se na caracterização hidrogeoquímica dos elementos Cálcio (Ca), Bismuto (Bi), Silício (Si), Ferro (Fe) e Estanho (Sn) na área de entorno das ilhas, na tentativa de contribuir para a avaliação de impacto à saúde humana da população local, utilizando-se das contribuições da Geografia da Saúde, Geoquímica e Geologia Médica, devido à necessidade e anseio das populações por uma melhor qualidade de vida atrelada às condições ambientais e de prevenção de saúde. Os elementos químicos investigados têm sua inserção no meio aquático relacionada a fatores tecnogenéticos e/ou antrópicos e geogenéticos. O primeiro está relacionado, principalmente, com o lançamento de efluentes provenientes da agricultura, indústrias e de esgotos domésticos. O segundo fator deriva de processos intempéricos naturais por meio da água pluvial, ao agregar diversos minerais em solução provenientes das rochas por onde percolou, bem como da matéria orgânica e mineral escoada para o rio através das vertentes. No total, foram coletadas 11 amostras de água do Rio Paraná nas proximidades das Ilhas Mutum e Porto Rico. Para a determinação da concentração dos elementos químicos existentes em cada amostra, foi utilizada a técnica laboratorial de ICP-AES (Espectrometria de Emissão Atômica com fonte de plasma de Argônio indutivamente acoplado), que identifica a presença do elemento químico e a medida de sua concentração. As concentrações se apresentam dentro dos valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

**Palavras-chave:** Hidrogeoquímica. Geografia da Saúde. Porto Rico. Rio Paraná. Saúde coletiva.

VASCONCELLOS, Jacqueline Mahnic de. **Considerations about the geochemistry of surface high Paraná River in the region of Porto Rico (PR) and contributions to the Geography of Health.** 2011. 85f. Completion of Course Work (Graduation in Geography) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

### **ABSTRACT**

The area focused for study is located in the floodplain of the Upper Paraná River, between the states of Mato Grosso do Sul (MS) and Paraná (PR), in the municipality of Porto Rico - PR. The Paraná River has an average width of 1 km and there are numerous formations of fluvial deposits that compose archipelagos. Among them, Mutum Islands and Puerto Rico, located between the mouth of the Paranapanema River and the mouth of the River Ivinheima present longitudinal extent of approximately 14 km. The objective of this work has focused on hydrogeochemical characterization of the elements calcium (Ca), bismuth (Bi), silicon (Si), iron (Fe) and tin (Sn) in the area surrounding these islands in an attempt to contribute to the impact assessment to human health of the local population, using the contributions of the Geography of Health, Medical Geology and Geochemistry, due to need and desire of the people for a better quality of life linked to environmental conditions and health prevention. The chemicals have investigated its insertion into the aquatic environment related to factors technogenetics and / or anthropic and geogenetics. The first is related with release of effluents from agriculture, industries and domestic sewage. The second factor is derived from natural weathering processes by rainwater, by adding various minerals in solution from the rocks where leachate, as well as organic matter and mineral flows into a river through the strands. In total, were collected 11 water samples from the Parana River in the vicinity of Mutum Islands and Porto Rico. To determine the concentration of chemical elements in each sample was used laboratory technique for ICP-AES (Atomic Emission Spectrometry with power inductively coupled argon plasma), which identifies the presence of the chemical element and its concentration measured. The concentrations present within the maximum allowed (VMP) established by Resolution No. 357 of the National Environment Council (CONAMA).

**Key words:** Hydrogeochemistry. Geography of Health. Porto Rico. Paraná River. Public Health.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Localização do município de Porto Rico (PR) e das Ilhas Mutum e Porto Rico .....	23
<b>Figura 2</b> – Mapa geológico da região oeste da Bacia Bauru, onde se encontra a Formação Rio Paraná na localidade de Porto Rico, do Grupo Caiuá.....	26
<b>Figura 3</b> – Localização dos pontos de coleta.....	65
<b>Figura 4</b> – Valores de potencial hidrogeniônico da água no entorno das ilhas Mutum e Porto Rico.....	66
<b>Figura 5</b> – Distribuição geográfica do Si nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico - PR.....	68
<b>Figura 6</b> – Distribuição geográfica do Ca nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico - PR.....	69
<b>Figura 7</b> – Distribuição geográfica do Bi nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico - PR.....	70
<b>Figura 8</b> – Distribuição geográfica do Fe nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico - PR.....	71
<b>Figura 9</b> – Distribuição geográfica do Sn nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico - PR.....	73

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Abastecimento de água - Porto Rico (PR).....	75
--	----

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Classificação das águas segundo a dureza em mg/L de CaCO <sup>3</sup> .....	61
<b>Quadro 2</b> – Dados coletados por amostras – potencial hidrogeniônico (pH); temperatura (T.); condutividade elétrica (C.E.) e concentrações dos elementos químicos (mg/L).....	66
<b>Quadro 3</b> – Principais enfermidades/internamentos do município de Porto Rico (PR) no período de 2001 a 2007.....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bi - Bismuto

BDEweb - Banco de Dados do Estado

Ca - Cálcio

C.E. - Condutividade elétrica

CETESB - Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental

Cl - Cloro

Co - Cobalto

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

Cr - Cromo

Cu - Cobre

DQO - Demanda química de oxigênio

DBO - Demanda bioquímica de oxigênio

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

F - Flúor

Fe - Ferro

I - Iodo

IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICP-AES - Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma de Argônio

Indutivamente Acoplado

IFCH - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

K - Potássio

Mg - Magnésio

mg/L - Miligramas por litro

MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A.

Mn - Manganês

Mo - Molibdênio

Na - Sódio

Ni - Níquel

NUPELIA - Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura

OMS - Organização Mundial da Saúde

P - Fósforo

pH - Potencial Hidrogeniônico

p.p.m. - Partes por milhão

PR - Estado do Paraná

RS - Resíduo seco

S - Enxofre

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná

Se - Selênio

Si - Silício

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática

Sn - Estanho

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

STD - Sólidos totais dissolvidos

SUREHMA - Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente

UBS - Unidade Básica de Saúde

UFRG - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNESP - Universidade Estadual Paulista

V - Vanádio

VMP - Valor Máximo Permitido

Zn - Zinco

$\mu\text{S/cm}$  – Microsiemens por centímetro

$\text{m}^3/\text{s}$  – Metros cúbicos por segundo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	22
<b>3 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	23
<b>4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO</b> .....	24
<b>4.1 GEOLOGIA</b> .....	24
<b>4.2 GEOMORFOLOGIA</b> .....	26
<b>4.3 VEGETAÇÃO E CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMÁTICAS</b> .....	29
<b>4.4 SOLOS</b> .....	31
<b>5 GEOGRAFIA DA SAÚDE E SUAS CONTRIBUIÇÕES</b> .....	32
<b>6 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	41
<b>7 HIDROGEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS CORRELACIONADA À SAÚDE AMBIENTAL</b> .....	42
<b>7.1 CORRELAÇÕES PROPOSTAS NA LITERATURA</b> .....	42
<b>7.2 HIDROGEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS SI, CA, BI, FE E SN</b> .....	53
<b>7.2.1 Silício (Si)</b> .....	53
<b>7.2.2 Ferro (Fe)</b> .....	55
<b>7.2.3 Estanho (Sn)</b> .....	57
<b>7.2.4 Cálcio (Ca)</b> .....	59
<b>7.2.5 Bismuto (Bi)</b> .....	61
<b>7.3 LEGISLAÇÃO</b> .....	62
<b>8 RESULTADOS</b> .....	64

**9 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 77**

**REFERÊNCIAS ..... 79**

## 1 INTRODUÇÃO

O crescente processo de urbanização e exploração dos recursos naturais vem proporcionando o desencadeamento de sérios problemas e delineando a forte pressão que a sociedade exerce sobre o meio ambiente. A alteração dos aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos redundam no impacto sobre a população e no comprometimento do desenvolvimento tanto em escala local como global.

O direito do cidadão de usufruir de um ambiente ecologicamente equilibrado, garantido pela Constituição de 1988, vem sendo tolhido principalmente pela falta de informação e conscientização da população em geral ao exercer suas atividades econômicas e corriqueiras, resultando na descaracterização da paisagem natural e na modificação das estruturas originais, impulsionando a degradação de ecossistemas de grande importância para a sustentabilidade da vida humana.

Os atuais problemas relacionados à questão ambiental decorrem do processo de ocupação e uso do território pelo homem. O intenso processo de industrialização, a constante (re)estruturação urbana, a falta de conscientização e a inversão de valores e homogeneização cultural resultam na degradação dos aspectos naturais do globo. O modo como o homem se relaciona com a natureza reflete o seu grau de desenvolvimento como ator social em dado momento histórico. Esse pensamento pode ser observado em Bernardes e Ferreira (2003, p. 20), ao colocarem que “nas relações sociedade/natureza os homens são condicionados por um determinado nível de desenvolvimento das suas forças produtivas e do modo de relação que lhes correspondem.”

Um dos aspectos mais destacáveis na presente crise histórica é aquele advindo do estado de carência em que o desenvolvimento industrial tecnológico, guiado pelo direito de veto que o homem se arrogou sobre a natureza, produziu na qualidade ambiental e nos recursos naturais [...] (MONTEIRO, 1988 apud MENDONÇA, 2002, p.122).

Portanto, “as interações entre estruturas física e social e as relações desiguais de poder influenciam o uso e acesso aos recursos naturais e fazem da noção de território categoria fundamental da discussão da questão ambiental” (CUNHA; COELHO, 2003, p. 44). Essas idéias demonstram que apesar dos conhecimentos adquiridos pelo homem ao longo do tempo permitem uma melhor aplicação e cuidado com os recursos naturais utilizados pela sociedade, a forma

como ela (sociedade) se organiza, produz o espaço e faz uso desses recursos, denota certo descaso para com a natureza, trazendo conseqüências desastrosas para ambos os lados. Caseti (1991 apud CANALI, 2002, p.167) ressalta que:

A forma de apropriação e transformação da natureza responde pela existência dos problemas ambientais, cuja origem encontra-se determinada pelas próprias relações sociais. Uma nova estrutura socioeconômica implantada em uma região implica uma nova organização do espaço, que por sua vez modifica as condições ambientais anteriores.

Canali (2002, p.167) afirma que para alguns historiadores como o Prof. Luiz Roberto Lopez, do IFCH – UFRGS,

a globalização implica uniformização de padrões econômicos e culturais em âmbito mundial e historicamente, associada a conceitos como hegemonia e dominação, mediante a apropriação de riquezas do mundo com a decorrente implantação de sistemas de poder.

Como alternativa a esse modo de vida e produção do espaço, surge a busca pelo desenvolvimento sustentável. De acordo com Leff (2001, p. 311), “o desenvolvimento sustentável colocou o ser humano no centro de seus objetivos, propondo entre as suas metas a qualidade de vida e o desenvolvimento pleno de suas potencialidades.”

Lavinas (1993 apud CANALI, 2002, p.168) analisa criticamente o conceito de desenvolvimento sustentável e expõe “que a questão ambiental deverá desempenhar um papel importante na determinação no sentido de reorientar novas relações entre os homens”.

A busca pelo desenvolvimento sustentável proporciona a reclamação por uma melhor qualidade de vida, que expressa a percepção pela sociedade da degradação do bem-estar causada pela crescente produção de mercadorias e sua rápida substituição, homogeneização dos padrões de consumo, deterioração dos bens naturais comuns e a falta de acesso aos serviços públicos básicos (LEFF, 2001).

“A degradação ambiental está diretamente associada à deterioração das condições sociais nas quais se produzem e propagam novas epidemias e doenças da pobreza” (LEFF, 2001, p. 311), como por exemplo, o cólera. A noção de qualidade de vida permite o estabelecimento de um processo de reapropriação das condições de vida da população em relação as suas necessidades e seus valores subjetivos, recuperando a percepção que o próprio sujeito tem de suas condições de existência (LEFF, 2001).

Hoje, com a aceitação dos problemas do meio ambiente, quer face à exploração desordenada dos recursos, nem sempre renováveis, quer em consequência da poluição da água e da atmosfera, os estudos ambientais vêm tendo uma grande aceitação e vem se difundindo [...] (ANDRADE, 1999 apud MENDONÇA, 2002, p.132).

Mendonça (2002, p.126), aborda a real necessidade de ênfase do entendimento da interação entre sociedade-natureza nos estudos ambientais e da atual tendência da utilização do termo *socioambiental*, afirmando que “o termo *sócio* aparece, então, atrelado ao termo *ambiental*, para enfatizar o necessário envolvimento da sociedade enquanto sujeito, elemento, parte fundamental dos processos relativos à problemática ambiental contemporânea”. O autor defende (2002, p.134) que “um estudo elaborado em conformidade com a *geografia socioambiental* deve emanar de problemáticas em que situações conflituosas, decorrentes da interação entre a sociedade e a natureza, explicitem degradação de uma ou de ambas.”

Canali (2002, p.166) aponta que “a geografia, ao estudar as relações entre o homem e o meio, ou, entre a sociedade e a natureza, na busca de explicar os relacionamentos entre esses dois domínios da realidade, sempre esteve no fulcro da questão ambiental”.

Atualmente, “o que a população anseia é uma melhor qualidade de vida, ligada às noções de ética, de condições ambientais e de prevenção de doenças, além dos acessos aos recursos e tecnologias necessárias para a promoção do seu bem-estar” (NAKASHIMA; CARVALHO, 2002, p. 239).

Neste sentido, o processo de elaboração e efetivação de políticas públicas de desenvolvimento pode ser respaldado pelas contribuições dos estudos científicos proporcionados, por exemplo, pela Geografia da Saúde, Epidemiologia, Geologia e Medicina, que devem ser trabalhados em caráter interdisciplinar, complementando-se.

Sendo assim, os estudos da paisagem se mostram essenciais para o conhecimento dos agentes modeladores e dos processos dinâmicos que constroem a paisagem geográfica, auxiliando no estabelecimento de parâmetros para o planejamento e gestão do meio ambiente, principalmente em escala local, onde as relações entre degradação, ambiente e saúde são evidenciadas.

[...] “A contaminação dos recursos hídricos é também um dos fatores mais importantes para deterioração da saúde humana, especialmente em regiões com

condições inadequadas de saneamento e suprimento de água” (BRANCO; AZEVEDO; TUNDISI, 2002, p.255).

Segundo Branco, Azevedo e Tundisi (2002, p.254), a organização econômica e social da população instalada em uma bacia de drenagem implica na intensidade e na diversidade de atividades como descargas de esgotos domésticos e industriais de centros urbanos e a poluição decorrente da agricultura, gerando impactos e deterioração da qualidade da água, interferindo também na quantidade de água disponível.

De acordo com Botelho (1999, p. 277), para o conhecimento das reais potencialidades e limitações do uso e ocupação de uma bacia é necessário realizar um estudo detalhado sobre seus elementos físicos, como clima, solos, relevo, geologia, rede de drenagem e vegetação. Por outro lado, deve-se considerar também critérios sociais, que relacionem a terra aos seus distintos usos (GUERRA; CUNHA, 2000, p.342).

O estudo das características tanto físicas quanto socioeconômicas de uma bacia hidrográfica auxilia no entendimento de sua dinâmica, na mensuração dos riscos relacionados à transformação da paisagem e na minimização dos impactos oriundos do uso e ocupação do solo, proporcionando apoio aos órgãos competentes pela gestão da mesma.

Visto que o ser humano necessita de água para a sua sobrevivência e para suas atividades corriqueiras, nas quais muitas vezes são utilizados métodos e técnicas potencialmente agressoras à saúde humana e/ou animal, é imprescindível procurar soluções aos problemas relacionados à degradação ambiental, que estão intimamente relacionados com a condição de bem-estar da população. Para este fim, são indispensáveis os aportes fornecidos pela Geologia Médica, Geoquímica e Geografia da Saúde.

A Geografia da Saúde, ou Geografia Médica, é um ramo da ciência geográfica que tem por objeto o estudo das distribuições espaciais das doenças e de seus fatores preponderantes. A Geografia da Saúde ou Geografia Médica é identificada hoje como o ramo da Geografia “que se ocupa de la aplicación del conocimiento geográfico, métodos y técnicas a la investigación en salud, em la perspectiva de la prevención de enfermedades (Verhasselt, 1993 apud ROJAS, 1998, p.702).

Outra ciência que relaciona-se intrinsecamente à Geografia da Saúde é a Geologia Médica, definida por Selinus (2006, p.1) como “a ciência que estuda a

influência de fatores geológicos ambientais relacionados à distribuição geográfica das doenças humanas e dos animais”.

Segundo Alievi, Pinese e Celligoi (2009, p. 91), a Geologia e Geografia Médicas auxiliam na compreensão das influências de fatores geológicos ambientais relacionados à distribuição geográfica de doenças humanas e evidencia a importância do meio geográfico na manifestação e distribuição de determinadas doenças, visando fornecer bases seguras para os programas de saúde coletiva.

Santos (1997 apud ALIEVI; PINESE; CELLIGOI, 2009, p.97), coloca que “[...] a água é o solvente mais abundante sendo capaz de incorporar grandes quantidades de substâncias ao entrar em contato com os minerais constituintes dos solos e rochas, nos quais circula”.

Do ponto de vista geoquímico, a mensuração das características fundamentais de um sistema fluvial auxilia na avaliação da qualidade da água, que varia de acordo com a exposição a resíduos sólidos urbanos, efluentes industriais, represamento de um curso d’água, entre outras mudanças decorrentes da ação antrópica ou de processos naturais. Esses fatores decorrem da forma de utilização do solo pelo homem e resultam em alterações da composição original do rio, propiciando a ocorrência de elementos e reações que interferem negativamente na saúde humana e/ou animal, já que o ambiente aquático é constantemente utilizado pela sociedade para abastecimento, atividades de lazer ou como recurso de subsistência.

O homem necessita para sua sobrevivência, de elementos disponíveis principalmente na água e nos alimentos, podendo estar suscetíveis à absorção elevada ou reduzida desses elementos, resultando na sua intoxicação ou na sua desnutrição, dependendo da reação do sistema imunológico, do nível de concentração do elemento, de sua composição e do tempo de exposição ao mesmo.

Informações geológicas, composição de águas pluviais, uso do solo, densidade populacional e de animais domésticos, podem oferecer subsídios para identificar os processos associados ao fluxo de elementos em um corpo d’água.

Sendo assim, tanto a geologia Médica quanto a Geoquímica pode fornecer elementos para mensurar a biodisponibilidade de um elemento químico em certo sistema aquático, o seu nível de toxicidade e o seu grau de interferência sobre a saúde ambiental.

Rohde (2000 apud Martins Jr.; Pinese, 2003, p.111), defende que “a Geoquímica estuda a abundância, distribuição e valores limites dos elementos químicos nos diversos compartimentos terrestres.”

Buscando-se reverter essas situações de risco, o objetivo primordial do presente estudo norteia-se a partir da necessidade de investigação (e de gestão) de bacias hidrográficas, vista como essencial categoria de análise, com a finalidade de interpretação das unidades geológicas, geomofológicas, hidrológicas, climáticas e geoquímicas, incorporadas aos aspectos sociais e bióticos, de modo a verificar e compreender as causas, os efeitos e as inter-relações que envolvem a dinâmica do meio, buscando-se resolver as dificuldades acerca da saúde coletiva. Procura-se ainda neste estudo, contribuir na análise e interpretação do comportamento geoquímico dos elementos Ferro (Fe), Estanho (Sn), Bismuto (Bi), Cálcio (Ca) e Silício (Si) nas águas superficiais do Rio Paraná, em seu alto curso, e nas possíveis correlações com a saúde da população da região do município de Porto Rico (PR).

Para atingir esses objetivos, realizou-se inicialmente uma pesquisa bibliográfica em livros, periódicos, atlas e internet. Utilizando-se esta base, foram realizados trabalhos de campo para o município de Porto Rico (PR) para coleta de amostras de água nas proximidades das ilhas Mutum e Porto Rico, no Rio Paraná. Para a determinação da concentração dos elementos químicos existentes em cada amostra, foi utilizada a técnica laboratorial de ICP-AES (Espectrometria de Emissão Atômica com fonte de plasma de Argônio indutivamente acoplado), que identifica a presença do elemento químico e a medida de sua concentração (teor do elemento na água).

A digitalização da área de estudo foi feita a partir de imagens de Satélite utilizando-se o software Spring. Na elaboração dos mapas hidrogeoquímicos dos elementos foi utilizado o software Surfer 8.0, que trabalha com o método geoestatístico de Krigagem ordinária como padrão de análise.

Primeiramente, será feita uma breve apresentação das características do meio físico da região estudada a partir dos resultados das pesquisas realizadas anteriormente, com o objetivo de contextualização dos aspectos ambientais. Em seguida, serão abordados alguns conceitos sobre Geografia da Saúde, Geologia Médica e Geoquímica, bem como as suas contribuições à fundamentação deste estudo.

Em um segundo momento, serão realizadas algumas considerações acerca da hidrogeoquímica dos elementos analisados com a finalidade de avaliar o seu comportamento e as possíveis correlações com a saúde coletiva, por meio da análise e interpretação dos mapas de distribuição geoquímica confeccionados e inter-relações com os fatores ambientais e de saúde.

## 2 OBJETIVOS

### ***Geral***

- Analisar e interpretar dados geoquímicos das águas superficiais do Rio Paraná em seu alto curso, obtidos em projetos de pesquisa anteriores, nas proximidades das ilhas Mutum e Porto Rico, na região de Porto Rico (PR).

### ***Específicos***

- Procurar correlações entre os dados hidrogeoquímicos com os aspectos condicionantes do meio e os agentes modeladores, visando estabelecer as causas de sua origem e os fatores determinantes de sua dinâmica.

- Produzir, analisar e interpretar mapas da espacialização dos dados hidrogeoquímicos coletados.

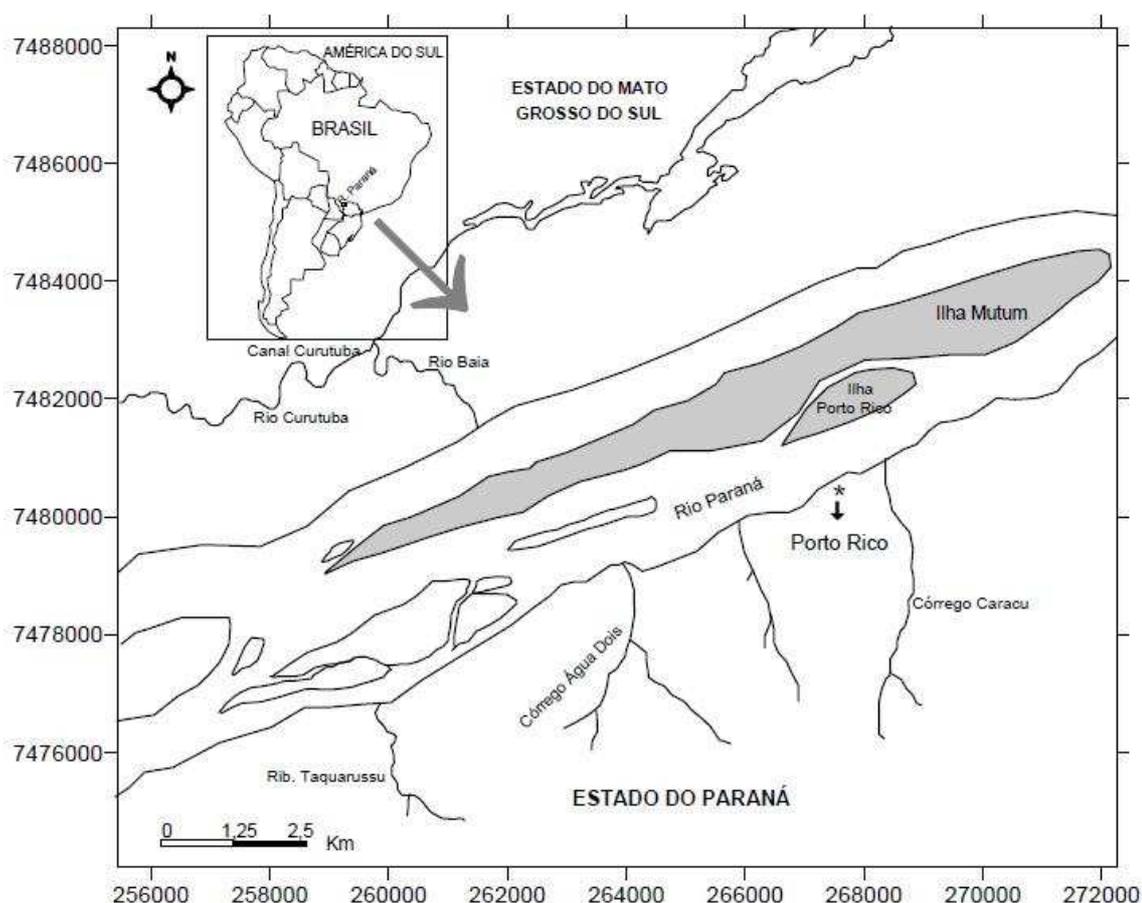
- Identificar os atuais usos que a população local faz da água fluvial visando mensurar as relações existentes entre os dados hidrogeoquímicos e a saúde coletiva.

- Contribuir com os estudos na área da Geografia da Saúde a partir das correlações investigadas entre o comportamento hidrogeoquímico dos elementos analisados e a saúde coletiva.

### 3 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área abordada para estudo é a planície fluvial da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná, que está alojada sobre a Bacia Sedimentar do Paraná, entre os Estados do Mato Grosso do Sul e Paraná. As ilhas Mutum e Porto Rico (Figura 1) estão localizadas entre a foz do rio Paranapanema e a foz do rio Ivinheima, próximas aos municípios de Porto Rico, São Pedro do Paraná e da vila de Porto São José. A região de Porto Rico se localiza no noroeste paranaense, inserida na Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. Está à jusante da barragem de Porto Primavera e cerca de 200 km à montante da Usina Hidrelétrica de Itaipu (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

Figura 1. Localização do município de Porto Rico (PR) e das Ilhas Mutum e Porto Rico.



Fonte: Adaptado de Zanetti (2009).

O município de Porto Rico limita-se com as cidades de Loanda, São Pedro do Paraná, Santa Cruz de Monte Castelo e Querência do Norte, no Estado do Paraná. No Estado do Mato Grosso do Sul, na margem direita do Rio Paraná, faz limite com o município de Bataiporã (ZANETTI, 2009).

## **4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO**

### **4.1 GEOLOGIA**

A Bacia Sedimentar do Paraná ocupa uma área de aproximadamente de 1.600.000 km, situa-se encravada na Plataforma Sul-Americana e abrange os Estados de Minas Gerais, Mato Grosso, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, além do Uruguai, Paraguai e Argentina. Seu embasamento é constituído principalmente de rochas cristalinas pré-Cambrianas e, em menor ocorrência, de rochas eo-paleozóicas afossilíferas. Encontra-se preenchida por depósitos marinhos e continentais com idades desde o Siluriano Superior (Formação Furnas) até o Cretácio (Grupo Bauru) (OKA-FIORI; SANTOS, 2006).

“As formações mesozóicas representadas pelos Grupos São Bento e Bauru são estritamente continentais e evidenciam uma grande revolução na geometria da Bacia do Paraná” (OKA-FIORI; SANTOS, 2006, p.13). Os depósitos posteriores aos derrames de lava do Cretáceo e do Terciário indicam a continuidade da evolução estrutural, o que resulta na geometria da distribuição do Grupo Bauru, com suas formações Caiuá, Santo Anastásio e Adamantina, sendo fortemente afetada pela zona de falha de Guapiara, em São Paulo, e pelo lineamento de São Sebastião, no Paraná (OKA-FIORI; SANTOS, 2006).

O Rio Paraná, principal rio da bacia do Plata, em todo o seu percurso, drena uma área de aproximadamente 891.000 km<sup>2</sup> em território brasileiro, percorrendo uma área de cerca de 10,5% do território brasileiro, sendo responsável pela drenagem de todo o centro-sul da América do Sul (AGOSTINHO, 1996). Desde a nascente até a barra do rio da Prata, o percurso total do rio Paraná abrange 4.695km de extensão (MAACK, 1981). Os rios que o formam nascem em área da Bacia Sedimentar do Paraná, nas serras de Maracajú, do Caiapó, da Mantiqueira, da Canastra e na Serra do Mar, provenientes de rochas cristalinas. O soerguimento

dessas serras e as diferentes taxas de ascensão em todo o curso do rio Paraná são responsáveis pela configuração da bacia, que inclui rochas tabulares onduladas, interrompidas localmente por escarpas da Formação Serra Geral, provenientes da alternância de climas áridos e úmidos durante o período Terciário, resultando em uma diferenciação altimétrica e determinando o direcionamento do curso do rio (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

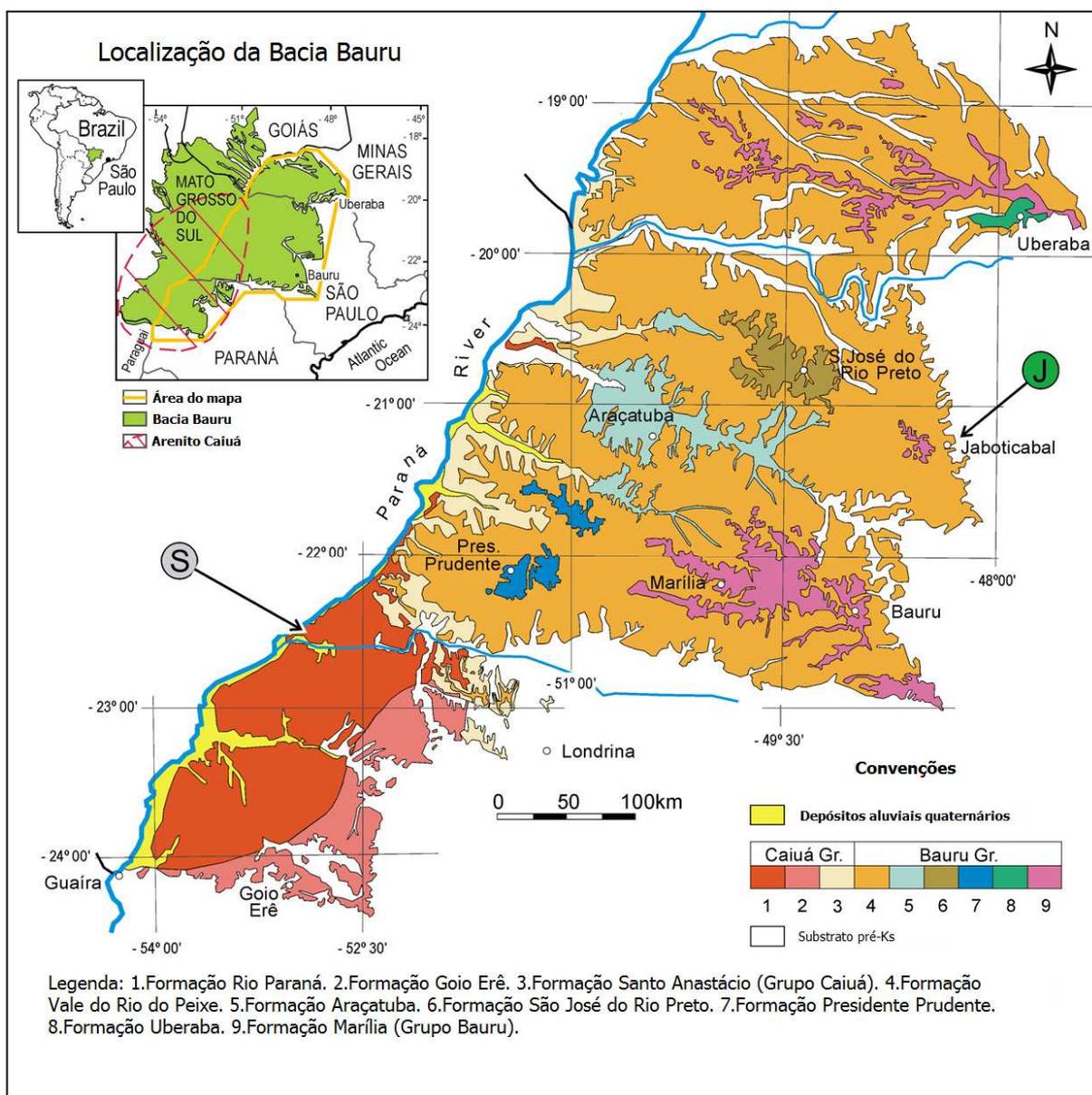
Segundo Souza Filho e Stevaux (1997, p. 7), “o substrato geológico da calha fluvial do rio Paraná, em seu alto curso, é constituído por basaltos da formação Serra Geral (JK) e por arenitos das formações Santo Anastácio e Caiuá, do Grupo Bauru (K)”, [...] “que impõem características distintas a diversas partes do rio”. Na área de ocorrências de basaltos, o vale é mais fechado, já onde se encontram arenitos, o vale é bastante aberto.

Segundo Fernandes, Castro e Basilici (2007 apud ZANETTI; PINESE; FRANÇA, 2009), na margem esquerda do rio Paraná entre as cidades de Porto Rico e Porto São José encontra-se a Formação Rio Paraná (Figura 2), que é uma subdivisão do Grupo Caiuá, que por sua vez, é uma subdivisão da bacia Bauru juntamente com o Grupo Bauru.

“O Grupo Caiuá desenvolveu-se na parte sudoeste da bacia Bauru, com características desérticas, ou seja, apresenta uma extensa área arenosa cerca de 100.000km<sup>2</sup> com clima predominantemente quente e seco” (FERNANDES, 1998 apud ZANETTI, 2009, p.39).

A unidade Rio Paraná é constituída por arenitos quartzosos finos, de coloração marrom-avermelhada para arroxeada, caracteristicamente de estratificação cruzada de médio a grande porte (FERNANDES, 1998; FERNANDES; CASTRO; BASILICI, 2007 apud ZANETTI, 2009).

Figura 2. Mapa geológico da região oeste da Bacia Bauru, onde se encontra a Formação Rio Paraná na localidade de Porto Rico, do Grupo Caiuá.



Fonte: Adaptado de Fernandes; Castro; Basilici, 2007.

## 4.2 GEOMORFOLOGIA

Os basaltos da Formação Serra Geral e os arenitos do Grupo Caiuá mencionados por Souza Filho e Stevaux (1997) estão “recobertos por terraços quaternários trabalhados pela dinâmica fluvial do rio Paraná”. [...] “Tratam-se de grupos de estruturas sedimentares que estão assentados sobre a Formação Rio Paraná” (ZANETTI, 2009, p.41). Esses terraços estão distribuídos em cinco unidades geológicas que encontram-se em quatro faixas distintas e em diferentes

níveis altimétricos, denominadas terraço alto, médio, baixo e planície de inundação. O terraço alto é dividido em dois, um dentro da calha fluvial e outro fora dela. O terraço dentro da calha é chamado de Unidade Taquaruçú e o terraço mais alto é chamado de Unidade Nova Andradina. O terraço médio se denomina Unidade Porto Peroba, o terraço baixo é o Córrego do Baile e a planície de inundação é nomeada de Rio Ivinheima (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997 apud ZANETTI, 2009).

De acordo com Almeida (1983, p.15), “nos principais vales da Bacia do Alto Paraná são frequentes os depósitos de terraços”, que possuem “poucos metros de espessura de material denotando transporte fluvial, e ocorrem descontinuamente nas vertentes dos vales”.

Os mais elevados podem erguer-se a 60 ou 80 metros acima dos leitos fluviais, e deles se afastarem às vezes vários quilômetros. Fazem notar-se pela abundância de cascalheiras, geralmente com seixos de quartzo, quartzito e sílex, mas podem incluir lentes de areia grossa ou areno-argilosa, estratificadas (ALMEIDA, 1983, p.15).

No vale do Rio Paraná, ocorrem seixos originados das regiões cristalinas no nível mais alto de terraços e os terraços de meia-encosta são caracterizados por “cascalheiras de sílex, ágata e outras estruturas silicosas provenientes dos derrames basálticos”, descobertos pela erosão (ALMEIDA, 1983, p.15).

Segundo a classificação de Oka-Fiori e Santos (2006), apresentada no Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná, Folha SF. 22-Y-A, de Loanda, o município de Porto Rico está situado no Planalto de Paranavaí e as ilhas Porto Rico e Mutum situam-se na Planície Fluvial.

A sub-unidade morfoescultural denominada Planalto de Paranavaí, situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação baixa e a classe de declividade predominante é menor que 6%. O relevo apresenta um gradiente de 340m com altitudes variando entre 240 e 580m sobre o nível do mar. “As formas predominantes são topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V” aberto, modeladas em rochas da Formação Caiuá” (OKA-FIORI; SANTOS, 2006, p.18).

A outra sub-unidade morfoescultural correspondente à região é “denominada Planícies Fluviais, da unidade morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas”, apresentando “[...] sedimentos inconsolidados do Período Quaternário” (OKA-FIORI; SANTOS, 2006, p.18).

As planícies fluviais ocorrem associadas aos principais rios do Estado e são originadas por deposição fluvial. “Corresponde às áreas essencialmente planas,

onde predominam os processos agradacionais”. No Paraná, tais acumulações de sedimentos aparecem em praticamente todas as unidades morfoesculturais do Cinturão Orogênico do Atlântico e da Bacia Sedimentar do Paraná (OKA-FIORI; SANTOS, 2006, p.14).

De acordo com o IBGE (1990 apud SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997, p. 13), “a planície do rio Paraná é uma extensa área de acumulação que ocupa toda a calha do rio no segmento compreendido entre Três Lagoas e Guaíra”. Nesta região, ocorrem duas feições diferenciadas: o Terraço Baixo e a Planície Fluvial.

O Terraço Baixo é uma feição de forma erosiva, de superfície caracterizada por grande conjunto de canais desativos, porém, devido às baixas altitudes alguns canais podem ser ativados durante as cheias. Em algumas áreas há ocorrência de paleocanais, que compreendem lentes de areia juntamente com areia argilosa e argila, parcialmente cobertos por leques aluviais. Constitui uma grande área de charcos, conseqüente de péssimas condições de drenagem (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

A Planície Fluvial está dividida em áreas altas que são representadas por diques marginais, leques de “crevasse” e paleobarras, que são inundáveis nas cheias de maior significância. Ocorre entre as altitudes de 237 e 240m nas partes altas e 231 e 235m nas partes baixas. A área de média altitude é caracterizada por bacias de inundação, que são inundadas anualmente. E as áreas baixas compreendem as áreas inundadas e as barras de canal. As barras fluviais originadas da deposição de detritos transportados durante as cheias e se formam em locais onde a velocidade do fluxo é menor, estando presente em toda a planície do rio Paraná em diversas proporções (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

Segundo Souza Filho e Stevaux (1997), a caracterização das associações da Planície Fluvial está relacionada com mudanças paleo-hidrológicas do rio. O regime hidrológico do rio condiciona os processos erosivos e deposicionais, que são influenciados também pela ocorrência ou não de vegetação ciliar.

“A ilha Mutum apresenta aproximadamente de 14km de extensão longitudinal enquanto a ilha Porto Rico apresenta aproximadamente 4km de extensão (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997 apud ZANETTI; PINESE; FRANÇA, 2009, p.70). As ilhas são constituídas por depósitos tabulares argilosos e por cordões arenosos. Sua superfície situa-se entre dois e cinco metros acima do nível médio do rio, sendo inundadas em períodos de grandes cheias (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997 apud

MENDES et al., 2006).

Nas ilhas Porto Rico e Mutum, são observadas áreas onde há escorregamento da vegetação, onde predominam bancos de areia com magnetita e hematita em meio a camadas arenosas e argilosas, típicas de processo de erosão (MENDES et al., 2006). As margens submetidas a velocidades de fluxo do rio mais baixas, apresentam taxas de erosão crescentes conforme a redução da argila em sua composição, resultando em forte ação de escorregamentos de vegetação em períodos de diminuição das águas das cheias, mais freqüentes nas margens arenosas (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2001 apud MENDES et al., 2006).

“No período de enchente, o alto rio Paraná ultrapassa os diques de margens de 3m de altura [...] estendendo-se muitos quilômetros pelas amplas várzeas” (MAACK, 1981, p.297).

#### **4.3 VEGETAÇÃO E CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMÁTICAS**

Segundo Fernandes e Souza Filho (1995), o período de cheias na região é de dezembro a março e o período de águas baixas é de junho a setembro. Mendes et al. (2006) analisa as médias mensais da Estação Fluviométrica de Porto São José no período de 1964 a 1995 e conclui que o período de maior vazão vai de outubro a fevereiro e o período de águas baixas ocorre no outono e inverno. Atualmente, em estudo sobre os aspectos hidroclimáticos do rio Paraná, Zanetti, Pinese e França (2009) analisando as médias mensais de vazão e cotas da mesma estação hidrológica no período de 1985 a 2009, observam que os maiores valores de vazão acontecem entre os meses de outubro a janeiro e os menores valores de abril a junho.

As oscilações dos níveis hidrométricos do rio Paraná podem provocar vários pulsos de inundação que são influenciados por fatores como pluviosidade, temperatura e pelos efeitos das barragens de contenção das usinas hidrelétricas à montante. Segundo Zanetti, Pinese e França (2009), esses pulsos de cheias não permitem delimitar com precisão quais as fases de enchente e vazante do rio Paraná, porém são os responsáveis pela interconectividade rio-planície que exerce influência sobre as concentrações das substâncias presentes na água.

De acordo com Souza Filho e Stevaux (1997), a rede de drenagem da região é formada principalmente, na margem esquerda, pelo Rio Paranapanema, e na

margem direita pelo Rio Samambaia, o Ribeirão Esperança, o Córrego Baile e o Rio Ivinheima. Canais secundários como o Rio Baía e o Canal Curutuba também contribuem significativamente com o sistema de drenagem do rio Paraná.

Segundo o Mapa Municipal Estatístico (IBGE, 2001) do município de Porto Rico elaborado por meio de dados obtidos pelo Censo do ano 2000, os canais de menores proporções da margem esquerda que deságuam no rio Paraná são Ribeirão Taquarussu, Córrego Água Dois e Córrego Caracu.

Próximo a cidade de Porto Rico, o canal do rio Paraná se divide em dois braços devido ao número e tamanho das ilhas. O braço esquerdo apresenta profundidade superior a 10m, sendo o principal, e o direito atinge cerca de 5m. Neste trecho, o rio Paraná apresenta largura média de 1 km (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

Maack (1981) enquadra a região de Porto Rico na zona climática tropical-subtropical, classificada segundo Köppen como Cfa(h), clima pluvial quente-temperado com invernos secos e de característica de clima de altitude, apresentando uma temperatura média anual entre 21 e 22°C, com precipitação média anual variando de 1.100 a 1.600mm.

De acordo com IAPAR (1994 apud CANESSO, 2009, p. 64) o clima da região é caracterizado como “subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco freqüentes, com tendência de concentrações das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida.”

A vegetação da região de Porto Rico nas áreas altas é arbórea, nas áreas de média altitude ocorrem arbustos e nas áreas de baixios são encontradas hidrófilas e campos. Essa vegetação é caracterizada como semidecidual, com áreas de domínio de cerrado a oeste (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2004 apud ZANETTI, 2009) e “aparece nesta região devido às condições climáticas que caracterizam o tipo” (ZANETTI, 2009, p.55).

Campos e Souza (1997 apud CANESSO, 2009) identificam duas formações fitoecológicas na região, a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e a Floresta Estacional Semidecidual Submontana.

#### 4.4 SOLOS

“Na planície do alto rio Paraná principalmente na vertente esquerda e ilhas, encontra-se solos do tipo Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelhos e Neossolos Flúvicos” (BHERING; SANTOS, 2006 apud ZANETTI, 2009, p.44).

Nas partes mais baixas, onde são localizadas lagoas, ocorrem os solos do tipo argissolo vermelho. “Nas áreas de baixadas, fundos de vale e nas ilhas, predominam os neossolos flúvicos”, que [...] “ocorrem também ao longo das cabeceiras de vertentes, acompanhando os canais de drenagem” (ZANETTI, 2009, p.45).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (2009, p.74), os argissolos são “solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico”.

Apresentam profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e são forte a moderadamente ácidos. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, com acréscimo de argila do primeiro para o segundo (EMBRAPA, 2009).

Os latossolos são “constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico.” [...] “São solos em elevado estágio de intemperização”, variam de fortemente a bem drenados, geralmente fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos (EMBRAPA, 2009, p.83).

Tipicamente, é baixa a mobilidade das argilas no horizonte B, ressalvados comportamentos atípicos, de solos desenvolvidos de material com textura mais leve, de composição areno-quartzoso, de interações com constituintes orgânicos de alta atividade. [...] São típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuídos, sobretudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano e suave ondulado (EMBRAPA, 2009, p.84).

O latossolo vermelho possui coloração arroxeada, são muito profundos, porosos, muito friáveis, de textura argilosa, constituídos de solos não hidromórficos (EMBRAPA, 2006 apud CANESSO, 2009).

Os neossolos flúvicos são “solos derivados de sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico” e se caracterizam como “solos pouco evoluídos constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico” (EMBRAPA, 2009, p.211).

## **5 GEOGRAFIA DA SAÚDE E SUAS CONTRIBUIÇÕES**

As conseqüências da deterioração do ambiente repercutem no estado de saúde da população. Muitas doenças têm sua causa determinante e sua disseminação no meio devido à degradação dos aspectos ambientais. Um dos recursos mais utilizados pela sociedade e por outros seres vivos é a água. Porém, o homem a utiliza não só para a satisfação de suas necessidades básicas ligadas à sua sobrevivência, mas para atividades econômicas que acabam por considerar este recurso como inesgotável. A água também é empregada em atividades salutaras que proporcionam uma melhor qualidade de vida para a população e boas condições de saúde, porém a pressão do consumo sobre este recurso vem aumentando cada vez mais em decorrência da urbanização, alcançando uma condição de insustentabilidade. Por isso, faz-se necessária uma reavaliação da forma de utilização da água pelo homem. A alteração da qualidade da água tanto por medidas naturais como antrópicas, propiciadas ou não pelo grau de urbanização alcançado atualmente, atinge a saúde das populações humanas ou animais. Sendo assim, buscando-se solucionar problemas inerentes à saúde pública, deve-se discutir quais os meios de abrangência e propagação de uma doença e quais são as suas relações com o ambiente externo. Esta questão delinea o objetivo de estudo da Geografia da Saúde.

A Geografia da Saúde, ou Geografia Médica, é identificada hoje como o ramo da Geografia “que se ocupa de la aplicación del conocimiento geográfico, métodos y técnicas a la investigación en salud, em la perspectiva de la prevención de enfermedades (Verhasselt, 1993 apud ROJAS, 1998, p.702).

Segundo Rojas (2003 apud Pires, 2005), a Geografia da Saúde é “qualificada como uma antiga perspectiva e uma nova especialização, se distinguindo por localizar-se nas fronteiras da geografia, da medicina, da biologia, das ciências sociais, físicas e biológicas, e por ser essencialmente interdisciplinar.”

Outra ciência que relaciona-se intrinsecamente à Geografia da Saúde é a Geologia Médica, definida por Selinus (2006, p.1) como “a ciência que estuda a influência de fatores geológicos ambientais relacionados à distribuição geográfica das doenças humanas e dos animais”.

Rojas (1998, p. 703, tradução nossa) afirma que a Geografia Médica ou da Saúde se divide em dois principais campos de investigação, a saber, a Geografia Médica tradicional, responsável pela “identificação e análise de padrões de distribuição espacial de doenças, e a Geografia da Atenção Médica ou de Saúde, ocupada na distribuição e planejamento de componentes infra-estruturais e de recursos humanos do Sistema de Atenção Médica.”

A Geografia da Atenção à Saúde procura compreender a disponibilidade dos recursos materiais e humanos, a qualidade dos serviços, a acessibilidade a este serviço, a determinação da necessidade do serviço, as decisões que envolvem os recursos e se a provisão atual afeta no resultado do serviço (GATRELL, 2002 apud PEREIRA, 2010).

Para Sabroza (1991 apud MONKEN et al., 2009, p.15) “o espaço socialmente organizado, integrado e profundamente desigual, não apenas possibilita, mas determina a ocorrência de endemias e sua distribuição”.

Esta ciência proporciona “a compreensão de como o ambiente condiciona o aparecimento/dispersão de doenças e agravos à saúde coletiva” como “[...] expressão de uma condição da sociedade” (ALIEVI; PINESE, 2010, p.5-6).

[...] Cabe à Geografia da Saúde estudar a dinâmica espacial e os conseqüentes agravos à saúde coletiva promovidos por doenças de veiculação hídrica, compreendendo esta dinâmica espacial em um contexto socioeconômico e cultural em que está inserida a sociedade (ALIEVI; PINESE, 2010, p.1).

Segundo Castellanos e Iñiguez (1992; 1994 apud ROJAS, 1998, p.703),

una dirección mas holística y reciente, se desdoblaría en la aproximación a la diferenciación del bienestar, las condiciones y calidad de la vida incorporando, a los indicadores “clásicos”, los referidos a la enfermedad o la muerte en espacios poblacionales, especialmente urbanos, o en los estudios de estado y situación de salud en diferentes unidades territoriales de países y regiones.

Rojas (1998, p.703, tradução nossa) afirma ainda que

a Geografia não se relaciona com o bem-estar e a saúde das populações somente no contexto da Geografia Médica. Mais indireta e pouco explorada, a informação do processo saúde-doença pode ser incorporada sempre que se abordar a desigual distribuição de

componentes e processos socioeconômicos, incluindo os socioculturais. Numerosos estudos de distribuição geográfica da morbidade ou mortalidade não se propõem à aplicação dos resultados à gestão em saúde [...].

Dutra (2009) destaca o caráter interdisciplinar da Geografia da Saúde, relacionando-a com os objetivos da Saúde Coletiva. Segundo o autor (2009, p.1427),

enquanto a Geografia da Saúde se concentrou mais nos padrões espaciais, no seu relacionamento com a saúde, nos serviços de assistência à saúde, na crença de que a inter-relação espacial da saúde com outras variáveis proporciona uma entrada para a busca das causas; a Saúde Coletiva tem se aplicado mais na investigação de associações causais entre estados de saúde e exposição ambiental, além da execução de ações de promoção e prevenção da saúde no contexto primário.

A Geografia da Saúde e a Saúde Coletiva “vêm buscando metodologias e aprimoramentos epistemológicos frente à problemática da interpretação do espaço na dinâmica da saúde, bem como sua delimitação pelos processos de territorialização e regionalização” (DUTRA, 2009, p.1433).

De acordo com Dutra (2009) o papel da Geografia da Saúde envolve a identificação de lugares e situações de risco, a atuação no planejamento territorial em saúde, no desenvolvimento de atividades de prevenção e promoção de saúde, vigilância epidemiológica e ambiental, etc., contribuindo para a resolução de problemas e redução das desigualdades sociais.

Lemos e Lima (2002 apud DUTRA, 2009, p.1428) reforçam que atualmente,

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. Estes meios são considerados como fatores determinantes e condicionantes deste processo, estabelecendo a ocorrência e a prevalência das doenças nos territórios, bem como seus comportamentos, que são influenciados por tais fatores.

Para isso, Dutra (2009) destaca o papel do território nos estudos de saúde, declarando que “o uso do território pela saúde ganha novas formas-conteúdos, dotadas de mais técnica, ciência e informação, que acabam por concentrar-se nos mesmos espaços e atrair fluxos para sua utilização.”

Essa afirmação remete à ideia de Milton Santos (1979 apud DUTRA, 2009, p.1430) na qual defende que “no território usado, a expressão desenvolvimento se dá pelas formas de conteúdo que são difundidas.” Essas formas-conteúdo presentes

no espaço geográfico como sinônimo de território usado, reproduzem as lógicas desiguais de acumulação de recursos para os usos presentes e futuros do território (SANTOS, 1979 apud DUTRA, 2009). Ou seja, “os lugares vão se caracterizando pelas densidades e usos que abrigam, isso cria o embate da desigualdade de usos do território” (ALBUQUERQUE, 2006 apud DUTRA, 2009, p.1430), onde a aplicação do meio técnico-científico-informacional se apresenta em forma de rede (composta por pontos, que podem ser as ações locais; e linhas, que são as suas inter-relações) no espaço, mas também de forma excludente, concentrando-se conforme a racionalidade da lógica capitalista assim o permite, resultando em uma restrição ao acesso aos serviços de saúde. Esse fato pode ser exemplificado pelos laboratórios de serviços de saúde privados, que detém a tecnologia em seus melhores equipamentos, porém a um alto custo para a população, em detrimento dos serviços públicos de saúde, caracteristicamente precários.

Pereira (2010, p.84) utilizando-se das idéias de Haesbaert (2004) esclarece que “o território-rede pode ser entendido a partir da lógica das redes, por serem descontínuos e dinâmicos, mas que devido ao fenômeno da compressão tempo-espaço a comunicação é instantânea e globalizada.”

A partir dessa concepção sobre territórios-rede pode-se inferir que esses territórios submetem ou são submetidos ao poder a partir da influência de um local ou uma pessoa que pertence a um outro nó nessa rede de influências. E isso ocorre na expansão das idéias sobre a promoção da saúde, seja através dos modelos assistenciais ou da concepção de cidades saudáveis (HAESBAERT, 2004 apud PEREIRA, 2010, p.84).

Os territórios em redes para a promoção da saúde podem ser verificados na consolidação da filosofia das cidades sustentáveis, que utiliza estratégias a partir de “conferências internacionais relacionadas à promoção da saúde para construir a proposta das ‘Cidades Saudáveis’, fazendo com que haja um movimento entre escalas de apropriação de idéias, a nível de continente, e nas próprias cidades” (PEREIRA, 2010, p.84).

A efetivação dessa filosofia “demanda compromisso e ação política também da sociedade e de outras instituições que possam dar continuidade ao processo, expressando-se enquanto um movimento social”, ou seja, “[...] trabalhando com a sensibilização e formação continuada” (ALMEIDA, 1997 apud PEREIRA, 2010, p.84). Além disso, há a necessidade de implementação de políticas de coordenação

ou de práticas conjuntas de promoção à saúde, o que resulta em uma territorialidade em rede (PEREIRA, 2010).

O princípio da sustentabilidade surge como uma alternativa de reação “(...) à fratura da razão modernizadora e como uma condição para construir uma nova racionalidade produtiva, fundada no potencial ecológico e em novos sentidos de civilização a partir da diversidade cultural do gênero humano” (LEFF, 2001 apud MONKEN et al., 2009, p.10).

Complementando, Dutra (2009, p.1433) afirma que

compreender o território em saúde envolve a interpretação das percepções individuais e coletivas, bem como as dinâmicas sócio-culturais que interagem na representação espacial refletindo as diferenças territoriais, que repercute nas diferenças sociais.

A fim de enriquecer a discussão a respeito da construção do conceito de território, é válido fazer nota da idéia apresentada por Haesbaert (2004 apud MONKEN et al., 2009, p.6), ao articular sobre as possibilidades de conceituação do território ao propor que se pode “admitir vários tipos de territórios que coexistiriam no mundo contemporâneo, dependendo dos fundamentos ligados ao controle e/ou apropriação do espaço”, sejam eles territórios políticos, econômicos e culturais, cada qual com sua própria dinâmica.

“Portanto, os diferentes territórios existentes seriam expressões de diferentes territorialidades, variáveis de acordo com contextos históricos e sociais” (MONKEN et al., 2009, p.7). É o que confirmam os aportes teóricos de Sack (1986), Raffestin (1993) e Cox (1991) pelos quais aceitam a distinção de território e territorialidade, com a finalidade de se

entender a constituição do território como um processo, no qual existem superposições de intenções de diferentes atores e conflitos. Um mesmo espaço pode conter diversas territorialidades que resultam em territórios com configurações, temporalidades e objetivos distintos. Estas territorialidades podem criar territórios temporários, permanentes, intermitentes, estáveis, instáveis, contínuos, descontínuos, com expressão em diferentes escalas (SOUZA, 1995 apud MONKEN et al., 2009, p.7-8).

“Desse modo, intenção, apropriação, poder, delimitação, identidade são alguns dos fundamentos sem os quais não se pode pensar o território” (MONKEN et al., 2009, p.8).

A delimitação espacial para o direcionamento de estudos e ações sobre as condições ambientais e de saúde se mostra artificial, pois muitas vezes o território é

utilizado como estratégia para coleta e organização de dados de ambiente e saúde, porém os processos sociais e ambientais ultrapassam esses limites. Ou seja, “nem o ambiente pode ser completamente constricto dentro dos limites de um território, nem os processos sociais se restringem a esses limites” (MONKEN et al., 2009, p.9-10).

O estabelecimento da base territorial é favorável para a caracterização da população e de seus problemas de saúde, além do dimensionamento do impacto dos sistemas de saúde sobre essa população e criação de um elo responsável entre os serviços de saúde e a população por eles atendida (UNGLERT, 1999 apud MONKEN et al., 2009, p.16).

A noção de território está vinculada à delimitação de um espaço organizado socialmente segundo as forças atuantes decorrentes das relações de poder dos atores sociais, mas que também atribuem ao território uma identidade peculiar, segundo seus valores culturais, que não se restringem espacialmente de acordo com esses limites.

Considerando que o território é dinâmico, tem em sua forma o reflexo do nível técnico atingido pela sociedade e é modificado segundo os seus interesses para a satisfação de suas necessidades, que hoje se mostram atreladas ao consumismo exacerbado, rápido descarte e substituição dos bens materiais alicerçado em valores culturais dominantes, além de precárias condições de sobrevivência em relação à infra-estrutura de saneamento, esgotamento sanitário, destinação de resíduos sólidos e abastecimento de água, relativos às conseqüências da desigualdade social vigente, pode-se evidentemente, destacar a importância da Geografia da Saúde para os estudos acerca da saúde coletiva e qualidade de vida.

Lisboa (2009, p.264-265) analisa que com

a ampliação das necessidades humanas, que são geradas a partir de novas realidades como a criação de novas necessidades, o aumento do poder aquisitivo, a busca de conforto, bem estar e *status*, pode-se dizer que a natureza passou a ser mais intensamente explorada. Além de aumentar a exploração da natureza, o homem passa a se deparar com a necessidade de equacionar os problemas advindos do aumento do consumo e da intensificação da vida urbana, com grandes aglomerações de pessoas resultando em realidades especiais que colocam em risco a saúde dos indivíduos.

A situação de risco à saúde observada na atualidade decorre de um conjunto de fatores relacionados aos aspectos econômicos, sociais, culturais e políticos, na qual se insere como consequência, a sociedade em classes, a ausência de vontade política, a carência de infra-estruturas urbanas e comunitárias, ao aumento da

violência e sensação constante de insegurança, a banalização da vida, a deturpação de valores, a privação de direitos sociais e políticos, a inacessibilidade à informação, emprego, moradia, serviços de saúde, bens materiais, entre outros fatores que estão fortemente ligados à qualidade de vida do ser humano. Portanto, não se pode pensar em qualidade de vida sem saúde e no que essa temática envolve em sua acepção.

Primeiramente, pode-se verificar que a definição do conceito de qualidade de vida se apresenta como uma questão subjetiva, pois nele estão incutidos valores individuais e/ou coletivos, referentes ao direcionamento cultural de determinado grupo social que variam segundo o sujeito, os seus valores éticos, sua percepção de mundo e do ambiente que o circunda no decorrer do tempo.

Geralmente, os critérios de avaliação da qualidade de vida estão relacionados à satisfação das necessidades básicas dos indivíduos, que incluem educação, formação profissional, saúde, lazer, qualidade dos relacionamentos, realização pessoal, percepção de bem-estar, etc. (KLUTHCOVSKY; TAKAYANAGUI, 2007). Ou seja, está atrelada aos aspectos físicos, sociais, culturais, psicológicos, ambientais, espirituais e econômicos.

Essa diferenciação de conceitos de qualidade de vida pode ser explicado pelas três referências apontadas por Minayo, Hartz e Buss (2000 apud KLUTHCOVSKY; TAKAYANAGUI, 2007, p.14):

A histórica, na qual em um determinado tempo de uma sociedade, existe um parâmetro de qualidade de vida, que pode ser diferente de uma outra época, da mesma sociedade. A cultural, na qual os valores e necessidades são diferentes nos diferentes povos. E padrões de bem-estar estratificados entre as classes sociais, com desigualdades muito fortes, onde a idéia de qualidade de vida relaciona-se ao bem-estar das camadas superiores.

A OMS - Organização Mundial da Saúde – (1995 apud LEAL, 2008, p.12) conceitua qualidade de vida como “a percepção que o indivíduo tem da sua posição na vida, no contexto da cultura e dos sistemas de valores nos quais ele vive, e em relação a seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações.”

Assim, o conceito de qualidade de vida compreende não só os aspectos físicos, incluindo a saúde física e mental, mas também os aspectos relacionados ao desenvolvimento social, econômico e humano. Na realidade brasileira, deve-se considerar para a garantia da qualidade de vida da população, principalmente, a aplicação de medidas que visem o melhoramento das condições infra-estruturais do

ambiente, como saneamento, saúde, alimentação, moradia, educação, lazer, etc., que são a base de uma vida saudável, onde as necessidades básicas do ser humano são respeitadas e atendidas.

Atualmente, observa-se a disseminação de problemas relacionados especialmente à deficiência de saneamento e degradação ambiental, aliado aos problemas socioeconômicos. A saúde vem sendo afetada por fatores como descarte de lixo em lugares inapropriados, esgotos à céu aberto, despejos clandestinos de resíduos nos cursos d'água, moradias precárias, proliferação de vetores em lugares insalubres, inundações em áreas urbanas, ocupações irregulares em fundos de vale, consumo de água sem o devido tratamento, entre outros.

O agravamento da questão da saúde provém da sobreposição dos elementos estruturais, tidos como os problemas sociais e econômicos, e dos elementos administrativos, de cunho político, referente à ineficiência dos governantes no que se trata dos assuntos sobre a oferta, manutenção e gerenciamento dos serviços públicos de saúde.

A Geografia da Saúde se mostra então, como um instrumento de promoção à saúde, proporcionando ao poder público conhecimentos científicos acerca da distribuição espacial e comportamento de determinadas doenças, que servem de embasamento para o planejamento de ações e execução de programas de prevenção em saúde. Analisando-se as associações entre os atores e modeladores do território, ditadas por suas relações de poder, e os componentes físicos e culturais inerentes à configuração espacial própria, pode-se fazer um diagnóstico da conformação apresentada e a proposição de ações prioritárias necessárias a uma boa gestão territorial.

De caráter marcadamente interdisciplinar, não só a Geografia da Saúde oferece esse respaldo, como também a Geologia Médica, a Geoquímica e a Epidemiologia, complementadas pelas representações cartográficas.

Segundo Alievi, Pinese e Celligoi (2009), a Geologia e Geografia Médicas auxiliam na compreensão das influências de fatores geológicos ambientais relacionados à distribuição geográfica de doenças humanas e evidencia a importância do meio geográfico na manifestação e distribuição de determinadas doenças, visando fornecer bases seguras para os programas de saúde coletiva.

Segundo Scarpelli (2003, p.1), a Geologia Médica ou Geomedicina, estuda as “variações regionais na distribuição dos elementos, principalmente os metálicos e

metalóides, seu comportamento geológico-geoquímico, as contaminações naturais e artificiais e os danos à saúde animal e/ou vegetal por excessos ou deficiências.”

A Geomedicina é definida por Cortecci (2011, p.3) 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.”

Cortecci (2011, p.1) considera que no campo das Ciências Geológicas com referência à saúde, observa-se o surgimento de uma nova disciplina, a Geoquímica Médica, com o papel de pesquisar a “composição química das rochas, do solo, das águas, dos sedimentos fluviais e a vegetação, tendo em vista a incidência de doenças relacionadas às áreas estudadas e interagir eficientemente com o médico e particularmente com o epidemiologista.”

O autor defende que a Geomedicina juntamente com a Geoquímica Médica, partiram de observações de algumas doenças, que ocorriam preferencialmente em determinadas regiões, porém só desenvolveram-se após a obtenção de base científica que permitiu a realização de estudos de causa-e-efeito entre os fatores ambientais e os problemas de saúde (CORTECCI, 2011).

Os estudos geoquímicos contribuem com a espacialização de doenças como a fluoração dental e esquelética, o aumento da tireóide, a podocondiose (elefantíase não filárica), as intoxicações por arsênio, as contaminações de cursos d’água por nitratos, entre outros efeitos sobre a saúde humana ou animal decorrentes do excesso de elementos tóxicos ou pela escassez de elementos e compostos essenciais à saúde nos diferentes ambientes (CORTECCI, 2011).

Desse modo, o capítulo sobre hidrogeoquímica abordará alguns elementos químicos presentes no Rio Paraná, na região de Porto Rico, procurando estabelecer as relações entre o meio do qual se originaram, qual o seu comportamento no ambiente e quais são os possíveis efeitos sobre a saúde da população local, pautando-se nas contribuições da Geografia da Saúde, Geologia Médica e Geoquímica.

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

### *Materiais:*

- Material cartográfico
- Imagens de satélite (Landsat 7TM)
- Garrafas de polietileno (1 litro)
- GPS
- Peagâmetro de bolso modelo pH 100
- Termômetro digital
- Condutivímetro<sup>1</sup>de bolso modelo Cd-203
- Software Spring 8.0
- Câmera fotográfica digital

Para atingir esses objetivos, realizou-se inicialmente uma pesquisa bibliográfica em livros, periódicos, revistas, atlas e internet. Utilizando-se esta base, foram realizados trabalhos de campo para o município de Porto Rico (PR) para coleta de amostras de água nas proximidades das ilhas Mutum e Porto Rico, no Rio Paraná. Para realização das coletas, foram utilizados garrafas de polietileno de 1 (um) litro, aparelho de GPS para registro dos pontos de coleta, condutivímetro, peagâmetro e termômetro. As amostras foram enviadas para o Laboratório de Geoquímica do Departamento de Petrologia e Metalogenia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus Rio Claro, para análise. A determinação da concentração dos elementos químicos existentes em cada amostra foi obtida por meio de ICP-AES (Espectrometria de Emissão Atômica com fonte de plasma de Argônio indutivamente acoplado), que identifica a presença do elemento químico e a medida de sua concentração (teor do elemento na água). “O princípio fundamental da Espectrometria de Emissão Atômica consiste na ionização dos elementos a serem analisados pelo plasma indutivo de Argônio” (CENTRAL ANALÍTICA, 2011).

Segundo Licht (1998, p.49), nessa técnica instrumental a amostra é submetida à excitação por meio de um arco voltaico e, a partir disso, os elementos presentes e as suas respectivas concentrações em cada amostra podem ser

---

<sup>1</sup> Os baixíssimos valores de condutividade elétrica obtidos no presente estudo se dão possivelmente pela baixa precisão do condutivímetro utilizado nas coletas.

identificadas e medidas através da intensidade e do comprimento de onda das radiações emitidas.

A técnica utilizada permitiu a detecção de somente alguns elementos nas amostras de água, provavelmente, devido às suas baixas concentrações nas amostras coletadas. Esse fator justifica porque alguns elementos estão presentes em algumas amostras e em outras não, considerando o total de 11 amostras. A coleta realizou-se no rio Paraná no entorno das ilhas Mutum e Porto Rico.

A digitalização da área de estudo foi feita a partir de imagens de Satélite (imagens do sensor ETM+, bandas 1, 2 e 3 do satélite Landsat 7) utilizando-se o software Spring, a partir de uma imagem georreferenciada. Na elaboração dos mapas hidrogeoquímicos dos elementos para a análise espacial de dados regionalizados foi utilizado o software Surfer 8.0, que trabalha com o método geoestatístico de Krigagem ordinária como padrão de análise (plotagem espacial dos resultados amostrais).

A krigagem é um método de estimação que busca um “estimador que seja a combinação linear de todas as informações disponíveis, com a mínima variância, e que considere as características particulares do fenômeno medido, enquanto variável regionalizada” (LICHT, 1998, p.179).

Após a análise e interpretação dos mapas procurou-se relacionar os determinantes da distribuição geoquímica com os fatores ambientais, visando avaliar o comportamento dos elementos e correlacioná-los com a saúde coletiva.

## **7 HIDROGEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS CORRELACIONADA COM A SAÚDE AMBIENTAL**

### **7.1 CORRELAÇÕES PROPOSTAS NA LITERATURA**

Cortecci (2011, p. 2) define geoquímica como a ciência que

estuda a distribuição de elementos e isótopos nos vários compartimentos orgânicos e inorgânicos do planeta, em superfície e em profundidade, objetivando definir a origem dos elementos químicos nas rochas, sedimentos, solos, águas e vegetação, a idade e ambiente genético de sistemas fósseis e processos responsáveis pela distribuição dos elementos, quantificando seus efeitos.

Rohde (2000, p.40) afirma que a Geoquímica Ambiental busca o “estabelecimento das mudanças ambientais químicas realizadas em escala ou contexto geológico pela intervenção humana.”

Segundo Santos (1997, p.81), “o estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas, procurando estabelecer uma relação com o meio físico.”

Utilizando-se das contribuições e instrumentalização que essas ciências proporcionam, pode-se mensurar as causas e efeitos sobre a saúde humana decorrentes do desequilíbrio do ambiente, por meio dos aspectos sociais, econômicos, culturais e ambientais.

Faz-se necessário então, uma análise do meio em âmbito socioambiental para avaliação da qualidade e dos impactos geogenéticos e tecnogenéticos, que indubitavelmente interferirão na saúde coletiva.

A composição das rochas da crosta terrestre é condicionada pela distribuição dos minerais constituintes, que são formados e reestruturados através de processos endógenos e exógenos. As massas materiais da Terra não mantém suas características originais ao passar pelas transformações do ciclo geoquímico, mas são redistribuídas, fracionadas e misturadas a outros materiais (LICHT, 1998).

“As rochas ou minerais e os grãos ou íons neles contidos, estáveis em um determinado ambiente, são liberados e dispersos, tanto pela ação de processos químicos quanto físicos” (LICHT, 1998, p. 5). É a partir daí, que o ambiente aquático acaba sendo influenciado pelo processo de intemperismo e erosão das rochas e solos na superfície terrestre.

“A água é o solvente mais abundante, sendo capaz de incorporar grandes quantidades de substâncias ao entrar em contato com os minerais constituintes dos solos e rochas, nos quais circula” (SANTOS, 1997, p.86).

Stumm & Morgan (1981) e Stumm (1992), expõem que as águas naturais atingem suas características químicas por dissolução de reações químicas com sólidos, líquidos e gases com os quais tenham mantido contato durante as diferentes etapas do ciclo hidrológico. As variações nas composições químicas de cada corpo aquático podem ser compreendidas se o histórico ambiental e as reações químicas do sistema rocha-água-atmosfera-solo são considerados.

No processo de percolação da chuva em uma vertente, a água transporta os minerais provenientes das rochas, dos solos e da vegetação, decorrentes do

intemperismo e decomposição, para o interior dos cursos d'água, adquirindo assim, as suas composições.

Os principais fatores que interferem nos processos de intemperismo, segundo Licht (1998, p. 26) são “a resistência dos minerais primários, formadores de rocha”; [...] “a granulação e a textura da rocha”; o clima, que com o aumento da temperatura intervém no controle dos reagentes da matéria orgânica, no aumento da evaporação e, conseqüentemente, da precipitação; [...] “a topografia e condições de drenagem”, que devido às condições de alta declividade, facilitam a erosão e o carregamento dos componentes do solo, rocha e cobertura vegetal com o escoamento superficial. Além desses fatores, a água, pluvial ou fluvial, também contribui com o processo de intemperismo, pois dependendo de suas características químicas, seus constituintes iônicos são mais reativos, podendo haver “gases dissolvidos, matéria orgânica e inorgânica solúvel e materiais dispersos em dimensões coloidais” em sua composição (LICHT, 1998, p.29).

A dispersão geoquímica é o processo de locomoção de íons e partículas para novos ambientes geoquímicos, que resulta da atuação de agentes mecânicos, como a injeção de magmas ou movimentação de materiais superficiais, por ação, por exemplo, das águas de drenagem (LICHT, 1998).

A água superficial e o material sólido suspenso ou em solução são provenientes do escoamento superficial ou de fontes de águas subterrâneas (LICHT, 1998). Todo mineral solúvel transportado pelas drenagens está relacionado aos constituintes, que deixaram de ser precipitados e que vão produzir as feições hidrogeoquímicas anômalas nas drenagens (LICHT, 1998).

Assim, o sistema de drenagem possui características químicas provenientes de reações entre elementos químicos, sólidos, gases e líquidos, decorrentes de processos de origem natural ou antrópica, adquirindo assim uma gama de elementos que são expostos ao ser humano de variadas formas.

De acordo com Cortecci (2011, p. 5),

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 por processos geoquímicos relevantes, controladores da transferência dos elementos ao solo, às plantas e aos homens, considerando a passagem intermediária pelos animais.

Muitas dessas substâncias podem permanecer no ambiente aquático por um tempo considerável, dependendo de sua composição, de como ele é absorvido pela

biomassa e de como é transportado, características que determinam também sua biodisponibilidade e sua toxicidade.

Segundo Licht (1998), a forma como os elementos traço ocorrem nos diferentes ambientes (solo, sedimentos de drenagem, rocha, etc.), determina o seu comportamento químico. “Os elementos tendem a se associar nos processos geológicos devido as suas mobilidades relativas” (LICHT, 1998, p.8).

“A mobilidade de um elemento pode ser definida como a facilidade com que ele se move em um certo ambiente, e pode ser dividida em química e mecânica” (LICHT, 1998, p.35).

Rohde (2000, p.41-42), estabelece que a mobilidade geoquímica “é a facilidade com que o elemento (ou substância) se desloca em um determinado meio” O conhecimento das formas químicas estáveis de um conjunto de condições e/ou atividades, como pH, concentração, CTC, teor de matéria orgânica, quantidade de sais dissolvidos, clima e temperatura, contribuem para a compreensão da mobilidade de um elemento contaminante (ROHDE, 2000).

A disponibilidade geológica, ou geodisponibilidade, é conceituada por Cortecci (2011, p.7) como “a porção do conteúdo total de um elemento ou composto, parte de um material geológico, que pode ser liberada à superfície ou próximo à superfície, por processos mecânicos, físicos ou biológicos” e é determinada pela suscetibilidade da rocha à intemperização, abundância dos minerais, topografia, clima, porosidade e permeabilidade das rochas e estrutura geológica.

Cortecci (2011, p.8) ainda define a biodisponibilidade, como sendo “a porção de uma espécie química que está disponível para ingestão, inalação ou assimilação por um organismo vivo”, ligada à geodisponibilidade e a mobilidade dos elementos.

O comportamento hidrogeoquímico de um elemento pode ser estabelecido com os valores referentes à temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e alcalinidade da água (ARAUJO, 2006).

As características físicas das águas estão ligadas aos aspectos de temperatura, cor, odor, sabor, turbidez e sólidos em suspensão (SANTOS, 1997).

As propriedades iônicas abrangem a mensuração das características de condutividade elétrica (CE), dureza, alcalinidade, potencial hidrogeniônico (pH), resíduo seco (RS), sólidos totais dissolvidos (STD), demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (SANTOS, 1997).

“O processo de dissolução é influenciado pelo pH, pela temperatura e pelo grau de saturação de cada elemento. Em geral, a dissolução é mais rápida em ambientes ácidos do que em ambientes alcalinos” (SANTOS, 1997, p.86).

Segundo Santos (1997, p.90), o potencial hidrogeniônico - pH - “é a medida da concentração hidrogeniônica da água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes.”

A escala do pH varia de 0 a 14, “onde o ponto neutro é a condição de equilíbrio, que ocorre quando a atividade hidrogeniônica é igual à do íon hidroxila”. Águas com pH maior que 7 são alcalinas e águas com pH menor que 7 são ácidas (LICHT, 1998, p.35).

Os valores de potencial hidrogeniônico (pH) variam em função das cargas de elementos que recebem no processo de intemperização das rochas, lançamento de efluentes industriais e domésticos, acúmulo de lixo nas localidades, absorção das características dos solos e influência das atividades agrícolas do entorno (ARAUJO, 2006).

“Muitos elementos metálicos são solúveis apenas sob condições ácidas, e com o aumento do pH, tendem a precipitar como hidróxidos ou como sais básicos” (LICHT, 1998, p.35).

“O pH é um dos fatores mais importantes na mobilidade e na mobilização dos elementos em solução”, pois à medida que as águas de fontes diversas se misturam, elas alteram seus valores de pH. Águas ácidas ao reagirem com as rochas, neutralizam seu pH e precipitam os metais-traço da solução imediatamente (LICHT, 1998, p.37).

Cortecci (2011, p. 4) afirma que águas ácidas atacam mais as rochas e minerais, “aumentando a porcentagem de metais pesados com potencial tóxico em solução, criando condições para surgimento de solos e águas tóxicos.”

Assim como o pH, as argilas tem essencial função na mobilidade dos elementos no ambiente superficial, devido à sua capacidade de troca de cátions (CTC), que está relacionada à facilidade dos argilominerais em receber moléculas de água ou cátions entre as lâminas que constituem sua estrutura (LICHT, 1998, p.39-40).

A condutividade elétrica “é a medida da facilidade de uma água conduzir a corrente elétrica, estando diretamente ligada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons” (SANTOS, 1997, p.88).

Os valores da condutividade tendem a aumentar paralelamente ao crescimento dos valores de temperatura (SANTOS, 1997).

As variações de temperatura podem estar relacionadas com o lançamento de efluentes, remoção da vegetação marginal, aumento do florescimento de plantas aquáticas, matéria orgânica em suspensão e turbidez da água. Seus níveis variam com a temperatura do clima local, quantidade de carga de solutos e sedimentos provenientes do lançamento de efluentes e de outros rios, e variação dos valores de pH (ARAUJO, 2006).

Os relacionamentos entre o teor dos elementos e substâncias químicas, e a saúde do homem e dos animais podem ser dificultados por questões relativas à mobilidade e à dispersão destes elementos e substâncias, governadas pelos princípios da geoquímica e da dinâmica das águas superficiais e subterrâneas. Fatores como o pH, tipo e abundância de argilo-minerais, teor de matéria orgânica, reatividade química, gradientes hidráulicos, porosidade e permeabilidade necessitam ser considerados nestes tipos de estudo. Muitas vezes os efeitos tóxicos de uma substância se manifestam distante de sua introdução no meio ambiente, podendo se dar em áreas pontuais ou ao longo de estruturas geológicas lineares, como as falhas. Apesar da dificuldade, existem padrões muito bem conhecidos de relacionamento entre a incidência de moléstias no homem e nos animais, com a abundância ou deficiência de elementos. Em alguns casos, o produto da degradação de uma substância é mais tóxico e mais persistente no solo do que a substância original (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Na forma solúvel, os metais podem ser precipitados com outros componentes e fixados no solo por meio dos minerais. A atividade dos metais no solo é determinada pelo equilíbrio entre as partículas de argila, matéria orgânica, hidróxidos de ferro e até pelo tipo de solo. No caso de solos com elevado teor de argila, a mobilidade e disponibilidade dos metais para os vegetais são reduzidas. Já na presença de substâncias húmicas, originadas da degradação química e biológica de plantas, organismos e tecidos animais, o solo apresenta maior disponibilidade biológica devido ao aumento da solubilidade dos metais (LIMA, 2003).

Lima (2003) aponta que as alterações nas variáveis físico-químicas como pH, salinidade e temperatura, tanto do meio aquático quanto terrestre, podem influenciar na composição do metal e modificar sua disponibilidade à absorção. Por isso, diferentes espécies vegetais e animais de hábitos aquáticos estão sendo estudados

devido à sua importância como bioacumuladores de metais na redução desses elementos em rios, lagos e mares, relevando suas funções na cadeia alimentar.

Sendo assim, análises das características hidrogeoquímicas de determinado corpo d'água podem fornecer informações indispensáveis para orientar a utilização da água sem ocasionar impactos negativos à saúde humana, animal e vegetal.

“São inúmeros os componentes químicos e as espécies microbiológicas que podem comprometer tanto o aspecto estético quando o sanitário propriamente dito” (BRANCO; AZEVEDO; TUNDISI, 2002, p.246).

Os padrões de qualidade de água referem-se [...] a um certo número de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos que possam comprometer a qualidade da água do ponto de vista de sua estética e de sua salubridade. Do ponto de vista da salubridade, exige-se que a água não contenha patógenos ou substâncias químicas em concentrações tóxicas ou que possam tornar-se nocivas à saúde pelo uso continuado da água. Do ponto de vista estético, as exigências se referem a aspectos físicos e organolépticos que tornem a água repugnante ao consumidor [...] (BRANCO; AZEVEDO; TUNDISI, 2002, p.246).

“As águas geralmente são consideradas potáveis quando podem ser consumidas pelo homem sem ocasionar prejuízos a sua saúde” (SANTOS, 1997, p.97).

A poluição pode ser definida por Filho (1997, p.109), como “uma alteração artificial da qualidade físico-química da água, suficiente para superar os limites ou padrões de pré-estabelecidos para determinado fim”.

Segundo Filho (1997), a poluição pode ser pontual – quando a fonte está concentrada numa pequena superfície -, difusa – quando a fonte de contaminação se estende sobre uma grande superfície – e linear – quando a fonte de contaminação é um rio ou canal.

Os padrões de qualidade ambiental visam à proteção à saúde pública e o controle às substâncias tóxicas, elementos radioativos, microorganismos patógenos e outras substâncias presentes nas águas e são definidos por meio de exames dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e bacteriológicos (SANTOS, 1997).

Resíduos sólidos provenientes do lixo doméstico e agropecuário em processos de compostagem são ricos em elementos metálicos. O aumento da atividade industrial, o uso excessivo de fertilizantes e a disposição de resíduos

sólidos sobre a superfície geram escoamento superficial contaminado, que sem a atenção necessária, pode entrar no sistema de captação de esgoto urbano e poluir as águas superficiais, subterrâneas e o solo da região, representando um risco potencial ao meio ambiente e à saúde pública (LIMA, 2003).

As principais fontes de contaminação da água superficial e subterrânea são as atividades industriais, comerciais e presença de focos de contaminações potenciais como aterros sanitários, lixões, depósitos de rejeitos de mineração, lagoas de contenção de rejeito industrial, além dos compostos orgânicos.

Contaminantes orgânicos como óleos minerais, produtos de petróleo, fenóis, pesticidas, toxinas provenientes de cianobactérias, entre outras substâncias, podem produzir efeitos tóxicos à saúde humana ou animal (BRANCO; AZEVEDO; TUNDISI, 2002).

Outro exemplo de substâncias que podem ser prejudiciais à saúde são os metais, “importantes para manter os processos fisiológicos dos tecidos vivos e dos organismos” e regular os processos bioquímicos, porém em concentrações elevadas podem ser tóxicos aos organismos vivos (BRANCO; AZEVEDO; TUNDISI, 2002, p.253).

Os metais pesados são formados por um grupo de metais mais densos ou menos densos, não biodegradáveis, cuja disponibilidade no ambiente se deve principalmente às atividades humanas (FIGUEIREDO, 2000 apud MARTINS JR; PINESE, 2003). Esses metais, uma vez introduzidos no meio ambiente, são de fácil disseminação e associação com outros elementos e podem ocasionar efeitos adversos se em contato com corpos biológicos.

O homem, por sua vez, necessita para sua sobrevivência, de elementos disponíveis principalmente na água e nos alimentos, podendo estar suscetíveis à absorção elevada ou reduzida desses elementos, resultando na sua intoxicação ou na sua desnutrição, dependendo da reação do sistema imunológico, do nível de concentração do elemento, de sua composição e do tempo de exposição ao mesmo (AZEVEDO & CHASIN, 2003), pois muitos elementos têm sua essencialidade no desenvolvimento dos organismos.

Cortecci (2011, p. 5) adverte que nem todos os elementos são essenciais para a saúde humana, mas pode-se destacar alguns elementos importantes para o bom desenvolvimento e funcionamento das funções vitais, subdivididos em “macronutrientes essenciais (aproximadamente 100 mg/dia: Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S)

e micronutrientes essenciais (cerca de 10 mg/dia: Cr, Co, Cu, F, I, Fe, Mn, Mo, Se, Zn, e possivelmente Ni, Si, Sn, V).”

Segundo a OMS – Organização Mundial da Saúde – (1998, p. 216), “a proporção da ingestão de elemento que está biologicamente disponível é frequentemente determinada por sua especificação química, que pode diferir entre alimentos”.

Se as estimativas das variações de segurança para uma dieta normal ou habitual ocorrerem naturalmente e resultarem de sintomas reconhecíveis de deficiência ou excesso, as informações sobre as limitações e necessidades da ingestão dos elementos traço podem ser utilizadas com eficiência em diferentes grupos populacionais (OMS, 1998).

A OMS (1998) destaca que os elementos traço também podem ser ingeridos a partir de fontes não dietéticas, como água, ar (pela inalação ou devido a exposição industrial), solo (geofagia, alimentos mal lavados, dissolução ou escoamento superficial).

“Os distúrbios relacionados aos elementos traço podem ser detectados por uma comparação da análise da dieta com estimativas de variações toleráveis de ingestão de elementos traço”, considerando-se outras variáveis que influenciam o risco (OMS, 1998, p.253).

Os tecidos dos organismos com atividades metabólicas maiores e dinâmica mais rápida são mais suscetíveis às anomalias no fornecimento de elementos traço (OMS, 1998). “O crescimento linear, imunidade celular e humoral, hematopoiese, reprodução e a dinâmica da mucosa gastrointestinal e cutânea são portanto particularmente afetados” (OMS, 1998, p.253). As deficiências de nutrientes e outros processos de doenças que desequilibram a saúde e decorrem da multiplicidade de outras deficiências, complicam a identificação dos componentes relacionados ao fornecimento de elementos traço (OMS, 1998).

Os fatores predisponentes para o desenvolvimento de riscos e defeitos à saúde resultantes da disponibilidade de elementos traço refletem a influência das diferenças sociais e étnicas na composição da dieta ao alcance das populações e são definidas pela baixa absorção dos elementos por ingestão inadequada, doenças e estados de saúde, como por exemplo, devido à infecções intestinais, interações de nutrientes com drogas, perda aumentada por estados catabólicos, enteropatias, insuficiência renal, necessidade aumentada por gravidez ou lactação, adolescência,

infância ou recém-nascidos (OMS, 1998).

As variáveis que modificam o conteúdo de elementos traço dos alimentos ou da água potável podem influenciar profundamente o risco de que as anomalias na ingestão de elementos traço possam ser suficientes para causar doenças atribuíveis a deficiência ou excesso (OMS, 1998, p.260).

Geralmente, as comunidades urbanas sofrem menos riscos do que as comunidades rurais, que utilizam somente uma fonte geográfica de suprimentos de alimentos e água (OMS, 1998).

Tais limitações sobre a variação e origens geográficas dos alimentos básicos e água aumentam acentuadamente o efeito da composição das rochas e solos em uma área na entrada de elementos traço nas cadeias alimentares ou na água potável coletada a partir de fontes da superfície ou poços artesianos (OMS, 1998, p.260).

A captação de elementos específicos pode ser afetada acentuadamente pelas diferenças na umidade do solo e acidez ou alcalinidade, que surgem por causas naturais ou práticas de cultivo, irrigação, industrialização e/ou urbanização (OMS, 1998).

Considerando que a avaliação das necessidades de fornecimento dos elementos traço tem uma complexidade inerente à variação dos fatores que influenciam no estado de saúde das populações, é apropriado atentar para os processos de determinação dos parâmetros que indicam deficiência e toxicidade desses elementos.

A toxicidade da água é definida por Branco, Azevedo e Tundisi (2002, p.248) como a “sua capacidade de provocar estados mórbidos” e depende da interação de diferentes espécies e condições físicas e químicas.

Para Figueiredo (2000 apud MARTINS JR; PINESE, 2003, p.109), “a toxicidade seria a capacidade de uma substância de causar danos aos organismos vivos”.

A toxicidade dos metais na água é determinada pelo grau de oxidação dos íons metálicos e pela maneira como ocorre. Em geral, a forma iônica do metal é mais tóxica, porém se houver complexação com ácidos fúlvicos e húmicos a toxicidade é reduzida (BRANCO; AZEVEDO; TUNDISI, 2002, p.253).

Com a finalidade de determinação do padrão de comportamento de um elemento químico e de seus potenciais tóxicos, é necessário obter informações a respeito dos processos que o originaram além de uma visualização de sua

distribuição espacial em determinado ambiente para identificação de anomalias geoquímicas, que permitem analisar os possíveis desdobramentos sobre a saúde humana.

Licht (1983, p.56) define anomalia geoquímica como “um desvio da normalidade”, [...] “um desvio dos padrões geoquímicos considerados como normais para um determinado espaço geoquímico.”

“A anomalia geoquímica é considerada quando teores anormalmente altos ou baixos de um elemento ou combinação dos mesmos, ou sua distribuição espacial anormal, em um tipo de amostra particular, em ambiente específico, determinado por uma técnica analítica específica, ocorrem num ambiente que teoricamente não deveria apresentar aquele quadro geoquímico” (ALIEVI; PINESE; CELLIGOI, 2009, p.98).

Outro conceito de anomalia é apresentado por Rohde (2000, p.41), que define “valores acrescidos ao background devido ao aumento da concentração em um ou mais elementos, relacionados com a existência da contaminação ambiental.” Ele ainda diferencia anomalia significativa de anomalia não-significativa, sendo a primeira relacionada com intervenção humana direta ou indireta e a segunda originada por processos naturais (ROHDE, 2000).

Buscando-se avaliar os efeitos dos elementos químicos presentes no rio Paraná na região de Porto Rico, sobre a saúde coletiva, será apresentada uma caracterização dos elementos químicos Si, Ca, Fe, Sn e Bi com a finalidade de mensurar suas possíveis causas e efeitos sobre o ambiente social. Em seguida, serão apresentadas as legislações que determinam os padrões de ingestão dos elementos químicos avaliados.

## 7.2 HIDROGEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS Si, Ca, Bi, Fe e Sn

### 7.2.1 Silício (Si)

Fisicamente, o silício (Si) é um metalóide de cor cinza-escuro, de brilho metálico e estrutura cristalina semelhante à do diamante. Faz parte do grupo do carbono, é duro e normalmente não é encontrado em estado puro na natureza (SILÍCIO, 2008). É o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, depois do oxigênio, sendo mais comumente encontrado na natureza sob a forma de óxidos e silicatos. Estes últimos são exemplificados em minerais como amiantos, tremolita, feldspatos, barro, e mica (OMS, 1998). “Uma outra fonte de liberação do silício é o quartzo, que é um dos mais resistentes minerais ao ataque físico-químico (SANTOS, 1997, p.94).

À temperatura ambiente, o silício é mau condutor de eletricidade e calor porém, à altas temperaturas há um considerável aumento de sua reatividade com os halogênios (flúor, cloro, bromo e iodo) e certos metais. “De modo geral, o silício não é atacado pelos ácidos comuns, mas uma mistura de ácido nítrico com ácido fluorídrico consegue dissolvê-lo. Como não se combina diretamente com o oxigênio, não entra em combustão na atmosfera”, no entanto, ao reagir com o flúor, o silício inflama-se e produz óxido (SILÍCIO, 2008). De acordo com Reimann & Caritat (1998 apud COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DOS ELEMENTOS, 2008, p.62), “a mobilidade do silício é baixa sob condições de oxidação e redução.”

O Silício “aparece [...] sob a forma de partículas coloidais ( $\text{SiO}_4\text{H}_4$ ), devido principalmente a sua alta estabilidade química na maioria dos minerais, além da baixa solubilidade dos compostos que forma no intemperismo das rochas” (SANTOS, 1997, p.94).

De acordo com Lima Filho, Filho e Tsai (1999), solos sujeitos à intemperização e lixiviação, com cultivos excessivos, baixo pH e alto teor de Al apresentam baixos níveis de Si trocável. Eles afirmam também que, o ácido silícico presente na solução do solo, nas águas doces e nos oceanos, quando interage com espécies aquosas de Alumínio, pode reduzir sua toxidez em animais e seres humanos.

Há compostos de silício de grande poder absorvente, sendo usados como anti-sépticos e secantes em ataduras para curativos. É muito utilizado por seus

componentes químicos e elétricos em indústrias de silicones, de vidro, cerâmica, materiais de construção civil, eletrônicas, farmacêuticas, siderúrgicas e médicas (SILÍCIO, 2008).

O silício pode ser encontrado também na água, tanto superficial como subterrânea, onde tem sua origem geológica natural, que é modificada por fatores químicos, físicos ou biológicos, como intemperismo e reação com outros elementos.

“Sua presença nas águas não prejudica à saúde nem à agricultura, porém é prejudicial quando as águas são utilizadas para fins industriais, porque a sílica forma incrustações resistentes, principalmente em caldeiras” (SANTOS, 1997, p.94).

De acordo com Carneiro e Algranti (2007), atividades como mineração, jateamento de areia, escavações de túneis, corte e lapidação de pedras, serviços de terraplanagem, entre outras, são consideradas de risco por produzirem uma grande quantidade de poeira contendo sílica livre cristalina que, se inaladas podem desenvolver uma doença chamada silicose.

Essa poeira possui maior toxicidade para as células do pulmão do que se comparada com outras poeiras, pois as partículas de sílica se alojam nos bronquíolos respiratórios e alvéolos pulmonares e, dependendo diretamente de sua dimensão, pode originar um câncer (BON; SANTOS, 2007).

Por outro lado, o risco que essas atividades representam pode diminuir se forem tomadas medidas de prevenção, como a utilização de equipamentos de proteção respiratória individual e, de controle no ambiente (SOUZA; QUELHAS, 2003).

Vários compostos de silício estão presentes também na água, na atmosfera, em muitas plantas e nos ossos, tecidos e fluidos internos de alguns animais (SILÍCIO, 2008).

Segundo Filho (2007), o silício é o terceiro elemento traço essencial mais abundante do corpo humano, depois do Ferro e Zinco. É encontrado principalmente nos tecidos conjuntivos ou conectivos, como aorta, traquéias, tendões e pele, além de ser responsável pelas ligações entre outros tecidos e preenchimento dos órgãos, promove a biossíntese de colágeno e a formação e calcificação dos tecidos ósseos, o qual está relacionado à idade. Seus efeitos nas plantas são similares ao dos animais, pois estão relacionados à nutrição, resistência a estresses causados por fatores físicos, climáticos e biológicos, redução dos efeitos tóxicos de metais pesados e crescimento. Quando usado como fertilizante, pode melhorar as

propriedades químicas do solo, regular a transpiração das plantas e reduzir os danos da geada.

A deficiência de silício no organismo pode aumentar os riscos a doenças como artrite degenerativa, arteriosclerose, enfraquecimento das unhas e envelhecimento precoce (FILHO, 2007).

Em animais, a deficiência do elemento produz deformidades do esqueleto e ossos periféricos, com articulações malformadas e conteúdo reduzido de cartilagem articular (ARAUJO, 2006).

Apesar dos valores nutricionais do silício para uma ingestão adequada ainda não terem sido estipulados, estima-se que uma dieta humana diária deva conter entre 20 e 30mg de dióxido de Silício ou Sílica ( $\text{SiO}_2$ ) (FILHO, 2007).

“As manifestações gerais da toxicidade de silício são coletivamente descritas como silicose” (OMS, 1998, p.149). A ingestão do elemento por adultos varia entre 21 a 49 mg/dia na Finlândia, EUA e Reino Unido (OMS, 1998).

### **7.2.2 Ferro (Fe)**

Segundo Lima (2003), o ferro puro é um metal branco-prateado, maleável, muito reativo e facilmente oxidável, sendo dificilmente comercializado nesta forma. Já o ferro em pó é uma substância cinzenta e brilhante.

É o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre, depois do oxigênio, silício e alumínio, compondo 30% da massa total do planeta e constituindo 80% do seu núcleo (LIMA, 2003).

Os minerais ferromagnesianos, componentes dos diversos litotipos ou de solos lateríticos, tais como piroxênios, olivinas e biotita são os principais minerais portadores de ferro. Nos arenitos e nos folhelhos, os óxidos, os carbonatos e os hidróxidos de ferro constituem muitas vezes o material de cimentação (SANTOS, 1997, p.92).

Os estados de oxidação dos compostos de ferro variam de II a IV, sendo os mais comuns os estados II (ferroso) e III (férico) (LIMA, 2003).

De acordo com Lima (2003), em soluções aquosas o ferro ocorre nos estados II e III, ou em compostos orgânicos. Em condições aeróbicas, ou quando o pH se aproxima da neutralidade, íons ferrosos são convertidos a íons férricos que, por sua vez, formam hidróxidos de ferro insolúveis.

Segundo Lima (2003), o estado de oxidação e a forma físico-química do ferro é que determinam seu comportamento no meio ambiente e sua disponibilidade na biota.

“O ferro está envolvido em uma extensa quantidade de interações que modificam a utilização ou metabolismo de ambos elementos traço essenciais e potencialmente tóxicos” (OMS, 1998, p.24).

Solos altamente ácidos potencializam a captação de alumínio, ferro e manganês pela planta. O impacto das variáveis geoquímicas e do solo sobre a ingestão dos elementos traço depende dos tipos de plantas que fazem parte da dieta (OMS, 1998).

No entanto, o ferro é essencial para o desenvolvimento de plantas e animais, inclusive o homem, os quais estão suscetíveis à exposição do elemento, seja ela de origem ambiental, alimentar ou ocupacional.

O ferro é utilizado principalmente nas indústrias metalúrgica, siderúrgica e automobilística, na fabricação de barras de aço, maquinário agrícola e implementos, aços inoxidáveis, de ligas metálicas, de ímãs, tintas, pigmentos, abrasivos, compostos para polimentos, na soldagem de metais e, como pó, atuando como catalisador em reações químicas. Dentre os produtos de aço derivados do ferro estão concreto armado, arames, vergalhões, telas, treliças, alambrados etc. (LIMA, 2003).

Muitos alimentos e bebidas contêm ferro, representando o principal meio de exposição ao homem. Para se estabelecer uma estimativa da necessidade mínima diária de ferro para uma pessoa são levados em conta fatores como idade, sexo, estado fisiológico e disponibilidade do metal no alimento, podendo variar de 10 a 50mg/dia (LIMA, 2003).

Alimentos como leite, ovos, peixes, frutos do mar, vegetais verdes, frutas e alguns grãos, além de bebidas como cerveja, vinho, café, refrigerantes e chás apresentam quantidades de ferro consideráveis. Para adultos, é recomendada uma ingestão diária de 10-20mg de ferro e, no período de gravidez, de 30mg. Contudo, em períodos de maior necessidade de ferro (na infância, gravidez ou hemorragia) sua absorção é aumentada (LIMA, 2003).

O ferro alimentar é mais facilmente absorvido no estado ferroso, porém encontra-se no organismo principalmente na forma férrica. A absorção do ferro no organismo se dá principalmente nas mitocôndrias, nas células mucosas, nas

porções superiores do intestino delgado, na hemoglobina, mioglobina, enzimas, fígado, baço, medula óssea etc., sendo responsável pela manutenção da homeostase celular, auxilia no transporte de oxigênio aos tecidos, entre outras funções. A deficiência de ferro pode causar anemia hipocrômica microcítica, alteração do metabolismo muscular, etc (LIMA, 2003).

Segundo Santos (1997, p.92),

no corpo humano, o ferro atua na formação da hemoglobina (pigmento do glóbulo vermelho que transporta o oxigênio dos pulmões para os tecidos). A sua carência pode causar anemia e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes.

As fontes naturais de contaminação ambiental do ferro são o desgaste natural das rochas contendo minérios de ferro, meteoritos e o escoamento superficial do metal. As fontes antropogênicas são as emissões pelas atividades de mineração, fundição, soldagem, polimento de metais, efluentes de esgotos municipais e industriais, uso de fertilizantes agrícolas etc. O ferro e seus compostos são liberados na atmosfera principalmente na forma de material particulado pelas indústrias e atividades de mineração, que apresentam concentração maior de ferro nas áreas de sua localização (LIMA, 2003).

Os riscos que os processos de siderurgia e metalurgia oferecem são inúmeros. Lima (2003) destaca algumas enfermidades originadas a partir da exposição à poeiras, fumos metálicos, gases, vapores, névoas, sais e outros metais decorrentes dessas atividades: siderose, irritação da pele e mucosa, alteração no parênquima pulmonar (hematita do pulmão do mineiro), pneumoconioses, câncer pulmonar e estomacal, irritação, hiperemia e inflamação da conjuntiva, esclerose sistêmica (escleroderma), “febre dos fumos” entre outras.

Além disso, essas atividades também podem ocasionar acidentes graves envolvendo óleos, ácidos e solventes como explosões, incêndios e liberação de substâncias tóxicas (LIMA, 2003).

### **7.2.3 Estanho (Sn)**

Segundo Winter (apud MINEROPAR, 2005), o estanho é um metal de estrutura cristalina sólida, de cor branca, apresenta bastante flexibilidade e leveza.

Resiste ao ataque de água do mar, porém é atacado por álcalis, ácidos e sais ácidos.

É encontrado em altas concentrações em sedimentos argilosos e em baixos teores nas rochas ultramáficas e calcárias. Em rochas sedimentares, sua concentração é controlada devido à abundância de minerais resistentes como cassiterita, esfero e magnetita (BGS apud MINEROPAR, 2005).

Sua mobilidade é altamente dependente do pH durante o intemperismo. Na forma solúvel, acompanha o comportamento geoquímico do alumínio e do ferro, permanecendo nas rochas intemperizadas juntamente com os hidróxidos desses metais. Há evidências de que em ambientes aquáticos a forma inorgânica do Sn seja metilada para vários compostos (KABATA PENDIAS & PENDIAS apud MINEROPAR, 2005).

A maioria dos complexos de  $\text{Sn}^{4+}$  contém ligações com oxigênio, flúor, azoto e enxofre (COTTON et al. apud BATISTA, 2003).

De acordo com a OMS (1998), o estanho não tem função bioquímica conhecida. Porém, Schwarz e cols. (apud OMS, 1998), descreveram propriedades diversas do estanho que sugerem uma possibilidade de importância funcional na estrutura terciária de proteínas e bio substâncias.

O estanho é utilizado comercialmente na composição de ligas metálicas, incluindo solda, peltre, cobre, metais fusíveis e bronze, além de servir de revestimento de latas de bebidas e alimentos em conserva, prevenindo a corrosão do aço comum e na fabricação de tintas antiferrugem usadas nos cascos de navios. Quando pulverizado sobre vidros na forma de sal, produz películas condutoras de eletricidade usadas em painéis luminosos (MINEROPAR, 2005).

A inalação, ingestão ou contato com a pele de alguns compostos orgânicos de Sn podem interferir no funcionamento do cérebro e do sistema nervoso, causar efeitos adversos nos pulmões, dores de estômago, anemia e problemas nos rins e fígado (ATSDR apud MINEROPAR, 2005).

Segundo Winter (apud Mineropar, 2005), altas concentrações de Sn podem causar câncer e talvez mutações.

De acordo com Silva et al. (apud Silva et al., 2006), a função e essencialidade do estanho sobre a saúde humana ainda é controversa, pois faltam estudos a respeito de sua deficiência, além de sua suposta participação no hormônio gastrina.

Mattos (2009) fornece exemplos de produtos que contém estanho, os quais são pastas de dente, perfumes, sabões, repelentes etc. Entre os efeitos decorrentes da exposição ao Sn, ela cita pneumoconiose não fibrogênita, irritação severa e queimação da pele, danos renais e hepáticos, além de efeitos gastrointestinais, neuro, hemato e imunológicos. Pode também ser genotóxico e inibir a síntese do heme oxigenase.

Figueiredo (apud Araújo, 2006), defende que o estanho é necessário em nível de ultratraços e auxilia o crescimento.

Sua deficiência provoca falta de crescimento, alopecia, resposta deprimida ao som, mudança nas concentrações minerais em órgãos variados. Seu excesso causa depressão, anemia e ataca o sistema nervoso central (ARAÚJO, 2006).

As conseqüências da deficiência de estanho em seres humanos precisam ser mais estudadas. No entanto, os exemplos de intoxicação do elemento após a ingestão oral são normalmente associados ao excesso de ingestão de alimentos contaminados por corrosão de latas revestidas de estanho (OMS, 1998, p. 198).

A ingestão de grandes concentrações de estanho é inversamente proporcional à sua absorção, ou seja, quanto maiores os níveis consumidos, menores serão os níveis de absorção (OMS, 1998).

Devido à falta de estudos relacionados ao estanho e seu comportamento sobre a saúde humana, não se pode avaliar as necessidades médias e normativas e estabelecer uma variação segura de ingestão do elemento para a população (OMS, 1998, p. 199).

Porém, alguns estudos recentes determinaram os níveis de estanho para a ingestão por seres humanos entre 1,0 a 2,3mg/kg da dieta no Reino Unido e 0,65mg/dia nos Países Baixos (OMS, 1998).

#### **7.2.4 Cálcio (Ca)**

O cálcio (Ca) é o quinto elemento mais abundante nas rochas da crosta continental, constituindo cerca de 3,5% do seu peso. É um metal alcalino-terroso, que ocorre na natureza no estado de oxidação +2. Forma um grande número de silicatos, carbonatos e fosfatos e é um constituinte dos plagioclásios e de muitos anfibólios e piroxênios. Nas redes cristalinas, o cálcio é parcialmente substituído por sódio, manganês, estrôncio, ítrio e elementos terras raras, de modo que seu

comportamento geoquímico controla a ocorrência de vários elementos-traço nas rochas. O maior volume de cálcio é fixado no primeiro estágio de cristalização e é um elemento característico das rochas máficas, pobres em sílica (MINEROPAR, 2001).

Ocorre principalmente nos minerais calcita, aragonita e dolomita, em rochas calcárias, sendo o plagioclásio e a apatita as maiores fontes de cálcio das rochas ígneas (MINEROPAR, 2001).

A concentração média de cálcio nas rochas se mostra da seguinte forma: 7,4% nos gabros e 0,9% nos granitos. Nas rochas sedimentares a concentração de Ca reflete a abundância de calcita ou dolomita, e em alguns sedimentos detríticos, os plagioclásios são os principais hospedeiros de cálcio (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Os sais de cálcio possuem moderada a elevada solubilidade, sendo muito comum precipitar como carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). É um dos principais constituintes da água e o principal responsável pela dureza. Apresenta-se, em geral, sob a forma de bicarbonato e raramente como carbonato (SANTOS, 1997, p.91).

A mobilidade do cálcio é muito elevada, pois possui poucas barreiras geoquímicas atribuídas à sua adsorção, à diminuição do pH e à sua incorporação na matéria orgânica (COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DOS ELEMENTOS, 2008).

O cálcio é um dos principais elementos para se definir a dureza da água. Esta propriedade iônica é definida como o poder de consumo de sabão por determinada área ou a capacidade da água neutralizar o sabão pelo efeito do cálcio e alguns elementos como Fe, Mn, Cu, Ba, etc. A dureza da água é expressa em mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Águas duras são incrustantes e produzem grandes consumos de sabão, além de dificultar o cozimento dos alimentos. A dureza pode ser expressa como dureza temporária, permanente e total. O quadro 1 mostra a classificação da água quanto a dureza, segundo Custódio & Llamas (1983 apud FEITOSA & FILHO, 1997).

Quadro 1. Classificação das águas segundo a dureza em mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

TIPO	TEOR DE CaCO <sub>3</sub> (mg/L)
Branda	< 50
Pouco Dura	50 – 100
Dura	100 – 200
Muito Dura	>200

Fonte: Custódio & Llamas (1983 apud Feitosa & Filho, 1997).

Segundo Martins Jr. e Pinese (2003, p.122), as águas duras influenciam “sensivelmente a biodisponibilidade e eventualmente a toxicidade dos elementos químicos.” Em águas pouco duras, os metais tornam-se mais tóxicos devido ao aumento da permeabilidade da membrana celular para outros cátions (MARTINS JR.; PINESE, 2003).

No corpo humano o cálcio tem a função de manter os ossos saudáveis, além de atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar os impulsos nervosos e as contrações musculares. Sua carência provoca raquitismo e osteoporose e seu excesso provoca dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo e pedras nos rins. Segundo os médicos ortomoleculares, sua ingestão em demasia pode causar o envelhecimento da célula (SANTOS, 1997, p.91).

Nos seres humanos, a concentração média do cálcio no sangue é de 60,5 mg/dm<sup>3</sup>, nos ossos 170.000 p.p.m., no fígado 100-360 p.p.m., nos músculos 140-700 p.p.m. A quantidade média de cálcio em uma pessoa de 70 kg é de 1,00 kg e a ingestão diária é de 600-1.400 mg (MINEROPAR, 2001).

“É benéfico à agricultura sendo essencial para o crescimento dos vegetais e a sua abundância em águas para irrigação tende a favorecer a redução dos perigos da alta concentração de sódio no solo” (SANTOS, 1997, p.91).

### 7.2.5 Bismuto (Bi)

O Bismuto (Bi) é um metal considerado raro na crosta terrestre, de cor branca, sendo pesado, quebradiço podendo ser encontrado em temperatura

ambiente no estado sólido. É o menos tóxico dos metais pesados, de pouca condutibilidade elétrica e térmica (MARCONDES, 2011).

Segundo Winter (apud MINEROPAR, 2005), a abundância natural do bismuto, em p.p.b., é de 25 nas rochas crustais e 0,02 na água do mar. O elemento é encontrado geralmente associado a outros compostos tais como a Bismita ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ), Bismutinita ( $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ), Bismutita ( $\text{BiO}_2\text{CO}_3$ ), Emblemetita ( $\text{CuBiS}_2$ ) e mais raramente em estado nativo. A abundância do Bismuto em rochas sedimentares reflete principalmente a presença de detritos graníticos e matéria orgânica.

Artificialmente, o Bi é produzido principalmente como subproduto do refino do cobre e chumbo. Pode ser usado na produção de ferros maleáveis, como catalisador na fabricação de fibras acrílicas, na produção de cosméticos, e na detecção de fogo devido ao seu baixo ponto de fusão. Na medicina, as aplicações do bismuto vão desde o tratamento de úlceras estomacais, sífilis, espasmos gástricos e dispepsias até seu uso como antidiarréico (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Tem sua utilização também na produção de cosméticos, produtos terapêuticos e médicos (MARCONDES, 2011).

Quanto a sua toxicidade o Bismuto é um dos metais pesados menos tóxicos da natureza e não apresenta função biológica conhecida. Apesar disto há a possibilidade de ocorrerem intoxicações através de altas dosagens de Bi, podendo provocar alterações renais e ocasionar lesões tubulares. Também pode atingir a pele e as mucosas, onde pode produzir eritema e pigmentação. Altas concentrações de elemento no organismo também podem deslocar o chumbo do organismo para as vias de circulação sanguínea, causando os sintomas de intoxicação aguda por este metal (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

### **7.3 LEGISLAÇÃO**

Segundo o mapa das Bacias Hidrográficas do Paraná elaborado pela SUDERHSA (2007), a Bacia do Rio Paraná está dividida em 3 sub-bacias, sendo a região do município de Porto Rico enquadrada na Bacia do Paraná 1.

A Portaria SUREHMA (1991) nº 011/91, de 19 de setembro de 1991, em seu artigo 1º, enquadra todos os cursos d'água da Bacia do Paraná 1 na classe 2.

A Resolução nº 357 do CONAMA (2005), de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu

enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Considerando os elementos químicos investigados nesse estudo, os parâmetros de qualidade da água para consumo foram determinados somente para alguns dos elementos, como o ferro e estanho. Não foram encontradas legislações que determinem os teores dos elementos cálcio, silício e bismuto em corpos aquáticos destinados ao consumo humano.

No parágrafo III do artigo 4º da Resolução nº 357, fica estabelecido que as águas doces de classe 2 são destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e a atividade de pesca (CONAMA, 2005).

No artigo 14, parágrafo II, os padrões de qualidade das águas doces de classe 1 apontam um valor máximo permitido de 0,3mg/L de ferro dissolvido. Conforme afirma o artigo 15, os parâmetros estabelecidos para as águas doces de classe 1 se aplicam também às águas de classe 2 (CONAMA, 2005).

Segundo Lima (2003), a presença de ferro em águas que entram no sistema de captação e que são destinadas ao consumo humano, não está relacionada diretamente aos motivos de saúde. O que se observa é que a presença de microorganismos filamentosos que utilizam compostos de ferro na obtenção de energia para seu crescimento nessas águas, está ligada à alterações no padrão da água potável, que inclui aumento da turbidez, modificação de paladar, odor, presença de espuma, aparecimento de ferrugem em instalações sanitárias e nas roupas lavadas e obstrução nas canalizações, bem como pode modificar a cor e o gosto de produtos laticínios e bebidas.

No caso do estanho, silício, bismuto e cálcio a Resolução nº 357 (CONAMA, 2005) não determina nenhum valor máximo permitido para qualquer classe de águas doces, salinas ou salobras. Contudo, estabeleceu o valor máximo de 4,0mg/L de estanho total como padrão de lançamento de efluentes, em seu artigo 34, inciso 5º.

Segundo os padrões de potabilidade da água nacionais e internacionais apresentados pela CETESB (1990 apud SANTOS, 1997), a OMS e o Ministério da Saúde recomendam que o teor de Fe total nas águas deve ser de 0,3 mg/L.

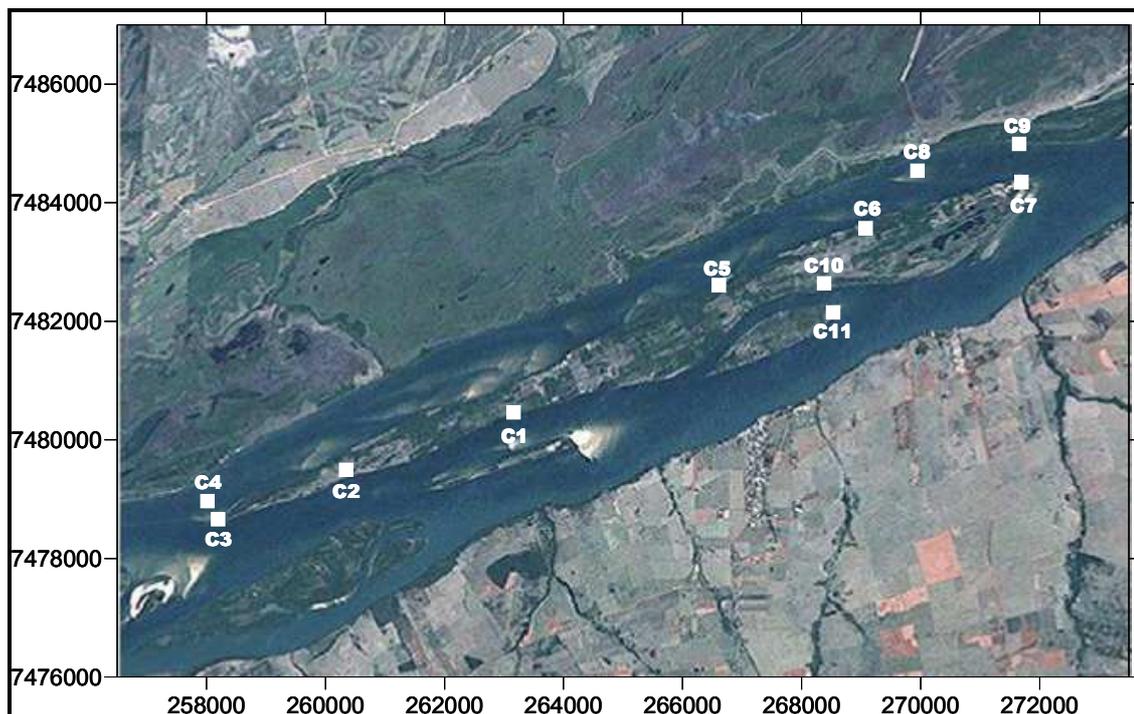
Em tabela específica, a CETESB (1990 apud SANTOS, 1997) apresenta os padrões de qualidade ambiental no Brasil, onde determina que os teores de Estanho e ferro solúvel nos rios de classe 2 devem ser de 2,0 mg/L e 0,3 mg/L, respectivamente.

Visto que não há determinação dos padrões de qualidade ambiental referentes aos elementos silício, bismuto e cálcio, para águas superficiais destinadas ao consumo humano entre outras atividades que implicam em contato direto ou indireto das populações com os elementos constituintes das águas fluviais, ressalta-se a importância de estudos mais aprofundados dos efeitos de alguns elementos químicos sobre a saúde humana ou animal, para a comprovação da ausência de riscos. A falta de legislações que determinam as concentrações de certos elementos químicos que fazem parte da dieta alimentar e/ou de substâncias de ingestão cotidiana por humanos pode decorrer da carência de conhecimento de sua toxicidade à saúde coletiva.

## **8 RESULTADOS**

Foram definidos nos trabalhos de campo 11 pontos para coleta de água (Figura 3) no rio Paraná, no entorno das ilhas Mutum e Porto Rico. Os dados obtidos foram organizados no quadro 2.

Figura 3. Localização dos pontos de coleta.



Fonte: Vasconcellos et al., 2009.

Para melhor análise dos dados das concentrações dos elementos químicos e das propriedades físicas e iônicas da água, foram elaborados mapas de suas respectivas distribuições geográficas.

As propriedades físicas e iônicas obtidas abrangem os dados de potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (C.E.) e temperatura (T°C).

Quadro 2. Dados coletados por amostras – potencial hidrogeniônico (pH); temperatura (T.); condutividade elétrica (C.E.) e concentrações dos elementos químicos (mg/L).

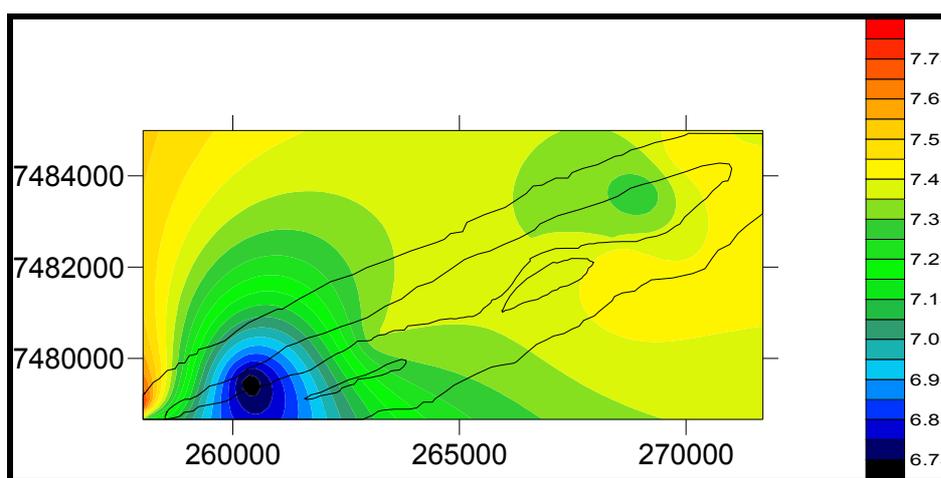
Amostras	pH	T. (°C)	C.E. (μS/cm)	Bi (mg/L)	Ca (mg/L)	Fe (mg/L)	Sn (mg/L)	Si (mg/L)
C1	7,4	28,5	0,02	0,46	3,73	0,04	0,07	3,31
C2	6,7	28,5	0,10	0,46	4,05	-	-	3,18
C3	7,2	28,5	0,04	0,46	3,55	-	-	3,32
C4	7,8	28,5	0,01	0,45	3,39	-	0,06	3,40
C5	7,4	28,5	0,12	0,46	3,43	-	0,06	3,39
C6	7,3	28,5	0,08	0,46	-	-	-	3,25
C7	7,5	29,5	0,01	0,45	3,43	0,04	0,08	3,44
C8	7,5	29,5	0,01	0,46	3,32	-	0,06	3,43
C9	7,4	29,5	0,02	0,46	3,21	-	0,07	3,35
C10	7,4	29,5	0,01	0,40	3,47	0,01	0,07	3,38
C11	7,5	29,5	0,01	0,46	3,49	0,02	0,08	3,38

Bi – Bismuto; Ca – Cálcio; Fe – Ferro; Sn – Estanho; Si – Silício; (-) não detectado.

Fonte: autora, 2007.

A figura 4 mostra a variação de pH no entorno das ilhas Mutum e Porto Rico. Os valores obtidos nas 11 amostras variam de 6,7 a 7,8.

Figura 4. Valores de potencial hidrogeniônico da água no entorno das ilhas Mutum e Porto Rico.



Fonte: Vasconcellos et al., 2009.

Segundo a Resolução nº 357 do CONAMA (2005), o pH das águas doces de classe 2, utilizadas para o abastecimento humano, recreação de contato primário, aquicultura, atividades de pesca, entre outros usos, devem estar entre 6,0 e 9,0, o

que evidencia que as variações de pH constatadas na região estão dentro dos padrões estabelecidos.

Os valores de pH obtidos na área de estudo demonstram condições ácidas da água na região sudoeste da ilha Mutum, o que pode estar relacionado com uma quantidade elevada de sólidos em suspensão (matéria orgânica) provenientes da vegetação ali presente. A partir desta região, há um crescimento contínuo nos valores de pH, em direção nordeste da ilha Mutum e em toda ilha de Porto Rico, representando condições de alcalinidade da água.

Destaca-se a amostra C4 na margem direita do rio Paraná, com um valor de pH de 7,8, o maior valor observado. Azevedo (2005 apud ZANETTI, 2009), afirma que o aumento dos valores de pH podem estar relacionados com a maior presença de biomassa fitoplanctônica, em decorrência da utilização do íon bicarbonato na formação de biomassa.

Os valores de condutividade elétrica (Quadro 2) apresentaram uma variação extremamente baixa para águas doces, entre 0,01 a 0,12  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com valores menores na margem esquerda do rio Paraná e maiores valores na margem direita.

Santos (1997) alerta que a condutividade elétrica tende a aumentar conforme a elevação da temperatura da água, por isso, deve-se coletar também os valores referentes à temperatura.

Não foi possível fazer uma correlação coerente dos valores de condutividade e temperatura, pois os valores se mostram inversamente proporcionais. A temperatura apresentou elevação de apenas  $1^{\circ}\text{C}$ , variando de  $28,5^{\circ}\text{C}$  a  $29,5^{\circ}\text{C}$ . As amostras que registraram os menores valores de condutividade elétrica apresentaram os maiores valores de temperatura. Para os maiores valores de condutividade foram verificados menores temperaturas das amostras de água.

De acordo com Zanetti (2009), a temperatura da água é influenciada por fatores como flutuação fluviométrica, turbidez e temperatura do ambiente. Além disso, a variação de temperatura pode estar relacionada com o lançamento de efluentes, remoção da cobertura vegetal da vertente, aumento de plantas aquáticas, quantidade de matéria orgânica em suspensão, entre outros (ARAUJO, 2006).

A espacialização dos teores dos elementos químicos presentes no rio Paraná no entorno das ilhas Mutum e Porto Rico pode ser observada nos mapas a seguir.

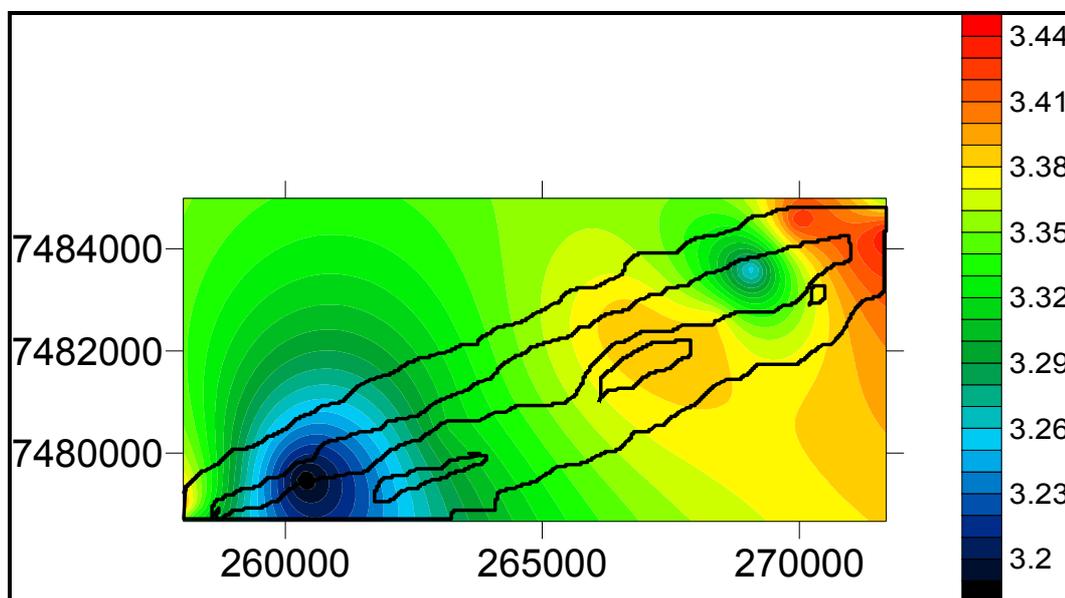
Os valores obtidos para o silício estão entre 3,18 e 3,44 mg/L (Figura 5). Porém, nenhuma legislação determinando os níveis de toxicidade do elemento em

corpos d'água foi encontrada, o que está provavelmente relacionado com a ausência ou menor possibilidade de reação tóxica do elemento em ambiente aquático e sua menor disponibilidade, visto que os minerais que contém sílica são mais resistentes à ataques físico-químicos e de difícil dissolução.

Os valores das concentrações de silício obtidos apresentam-se positivos no extremo leste da ilha Mutum e uma concentração crescente em toda ilha de Porto Rico. Já na região oeste e nordeste da ilha Mutum, ocorrem anomalias negativas decorrentes de sua baixa disponibilidade nessas regiões.

Devido à falta de legislação que delimite o VMP, não se pode afirmar que a presença de Si nas águas superficiais seja prejudicial à saúde humana ou animal. Porém, conforme bibliografia, pode-se estimar uma ingestão média diária para adultos de 20-30mg de dióxido de Si (FILHO, 2007) ou entre 21-49mg/dia (OMS, 1998).

Figura 5. Distribuição geográfica do Si nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico – PR.



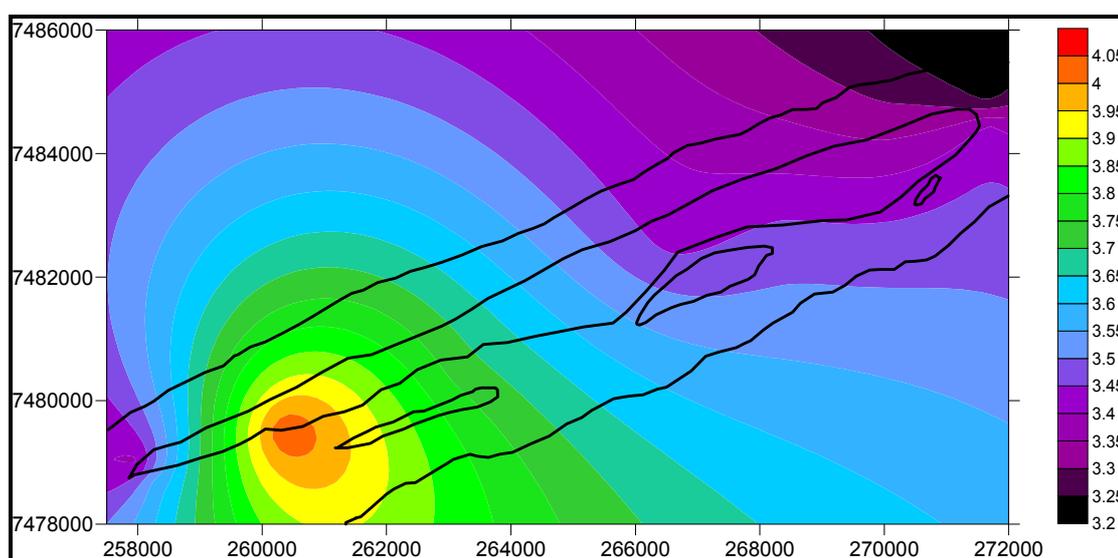
Fonte: Vasconcellos et al., 2009.

Estudos realizados por Zanetti (2009), demonstram que a disponibilidade do Si no rio Paraná na região de Porto Rico não interferem na qualidade da água, pois apresentam valores entre 0,1 e 18,06mg/L, considerando-se o período de águas baixas e o período de cheias.

Os resultados da distribuição do cálcio (Figura 6) se mostrou bastante heterogêneo, variando de 3,2 a 4,05mg/L, no entanto apresentando baixas concentrações, com média de 3,5mg/L por amostra. Os valores aumentam de nordeste para sudoeste, ou seja, à montante do arquipélago os níveis de cálcio são menores, enquanto à jusante os valores se elevam. Verifica-se claramente um crescimento abrupto da concentração de Ca na porção sudoeste do arquipélago, evidenciando uma anomalia hidrogeoquímica positiva.

Observando-se o quadro dos dados coletados por amostras (Quadro 2), pode-se verificar que a amostra C2, com menor valor de pH (6,7), apresenta o segundo maior valor de condutividade elétrica (0,10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e o maior valor referente aos teores de Ca, com 4,05mg/L, o que possivelmente está relacionado à maior presença de matéria orgânica no local, que permite uma maior capacidade de transmissão de corrente elétrica, confirmando que a mobilidade do cálcio é elevada devido às poucas barreiras geoquímicas atribuídas principalmente à diminuição do pH e à sua incorporação na matéria orgânica (COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DOS ELEMENTOS, 2008).

Figura 6. Distribuição geográfica do Ca nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico – PR.



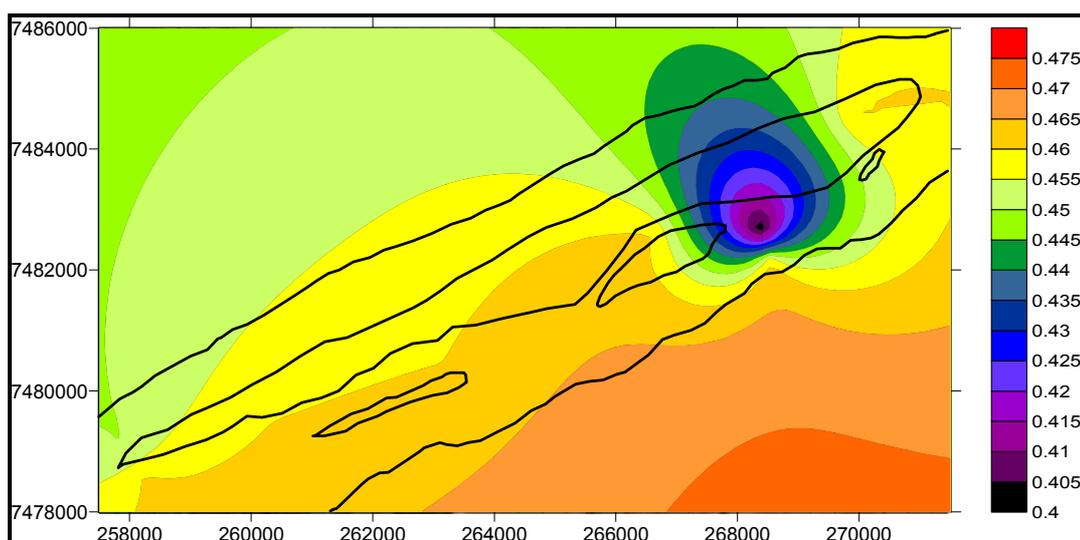
Fonte: Vasconcellos et al., 2009.

Segundo Zanetti (2009), os teores de Ca avaliados no rio Paraná, não apresentam grandes concentrações, visto que tem uma variação entre 0,07-6,42mg/L.

A Resolução CONAMA nº357 (2005), não determina os VMPs para as concentrações de cálcio ou qualquer outro composto derivado nas águas doces de classe 2, permitindo considerar que o elemento não tem repercussão negativa sobre a saúde da população local, pois as concentrações se mostram baixas e os valores para a ingestão média diária avaliados são de 600-1.400mg (MINEROPAR, 2001) e de 320-920mg (PARR, 1992 apud OMS, 1998), denotando a importância de sua função biológica.

A partir da análise entre o quadro de dados (Quadro 2) e a representação da distribuição espacial da concentração de bismuto (Figura 7) verifica-se que os resultados obtidos de concentração de bismuto se apresentaram bastante baixos, permanecendo entre 0,40 e 0,46mg/L, tendo uma variação de apenas 0,06mg/L entre as onze amostras. No entanto, verificou-se uma diminuição da concentração de Bismuto, caracterizando uma anomalia hidrogeoquímica negativa na porção nordeste do arquipélago, próximo à ilha Porto Rico.

Figura 7. Distribuição geográfica do Bi nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico – PR.



Fonte: Vasconcellos et al., 2009.

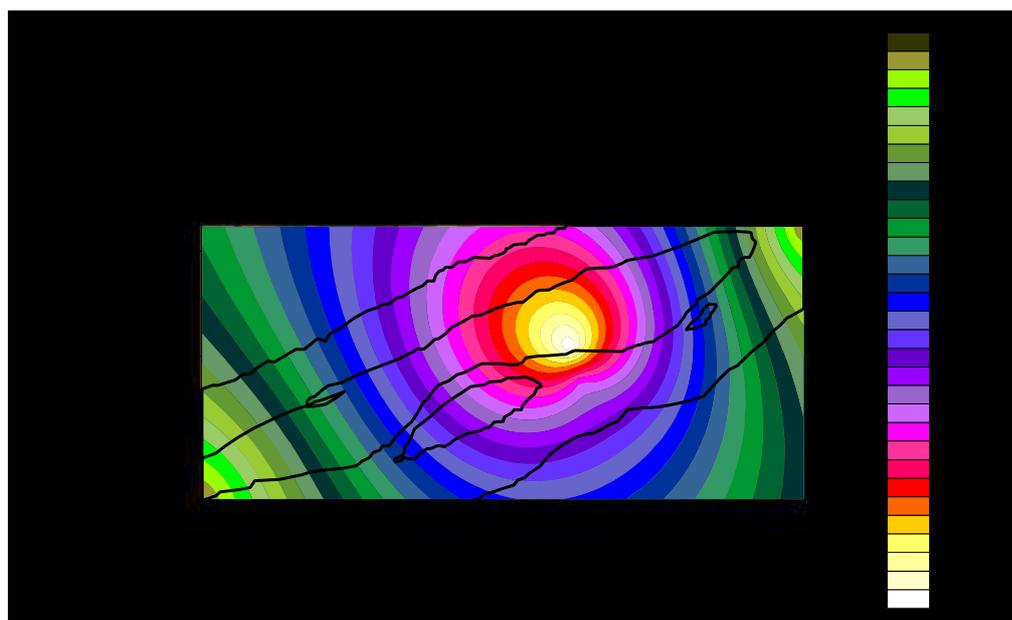
A falta de parâmetros legais ou oficiais, como a Resolução 357 (CONAMA, 2005), impossibilitou que esses dados fossem confrontados com os níveis máximos

propostos para este tipo de situação e/ou fazer qualquer correlação com os outros elementos ou com os valores de pH, temperatura ou condutividade elétrica, visto que o elemento não apresenta função biológica conhecida e é considerado o metal menos tóxico na natureza (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

No entanto, pode-se assinalar que há a possibilidade de ocorrerem intoxicações através de altas dosagens de Bi, podendo provocar alterações renais e ocasionar lesões tubulares, além de atingir a pele e as mucosas, onde pode produzir eritema e pigmentação. Altas concentrações de elemento no organismo também podem deslocar o chumbo do organismo para as vias de circulação sanguínea, causando os sintomas de intoxicação aguda por este metal (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Os resultados mensurados dos teores do ferro apresentaram-se entre 0,01 e 0,04mg/L, com variação de apenas 0,03mg/L. No mapa da distribuição geográfica do Fe (Figura 8) observa-se uma anomalia negativa na margem esquerda da Ilha Mutum, valor que se mostra crescente ao se aproximar das extremidades das ilhas, tanto à montante quanto à jusante. É válido ponderar que das 11 amostras coletadas, somente em 4 amostras foram detectadas concentrações do elemento.

Figura 8. Distribuição geográfica do Fe nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico – PR.



Fonte: Vasconcellos et al., 2009.

Zanetti (2009), em estudo sobre a hidrogeoquímica do rio Paraná, seus afluentes e lagoas internas da planície de inundação na região de Porto Rico, aponta que as concentrações de Fe apresentaram variação entre 0,05-11,27mg/L. Os maiores valores foram verificados nas lagoas internas, que têm sua interconectividade com o rio em alguns períodos de cheias.

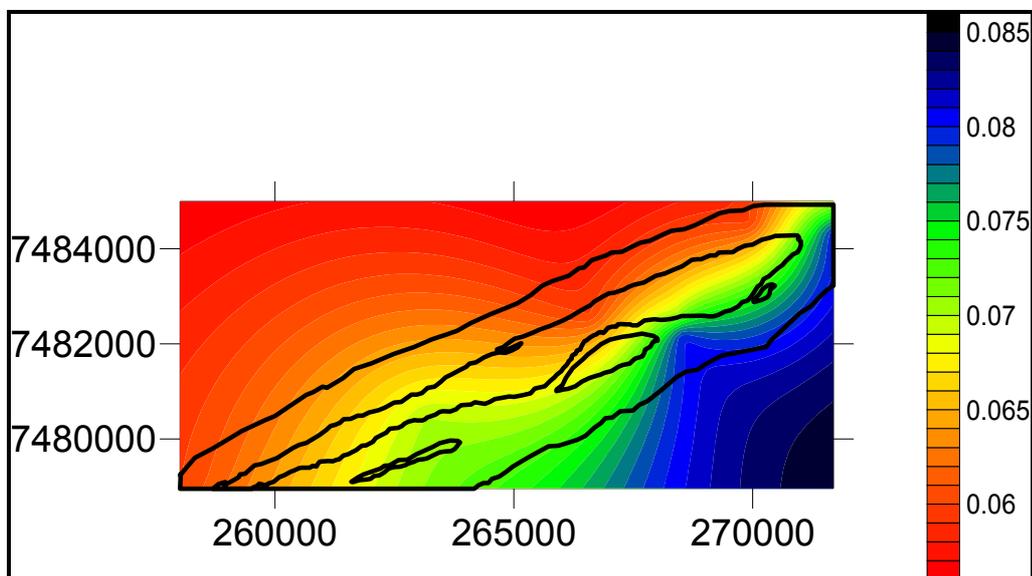
Segundo a Resolução 357 (CONAMA, 2005), os valores máximos permitidos para o ferro solúvel em águas doces de classes 1 e 2 é de 0,3mg/L.

Parr (1992 apud OMS, 1998) ressalta que a ingestão média diária de ferro por um adulto pode variar de 8,1-30mg. Lima (2003) observa que para adultos, é recomendada uma ingestão diária de 10-20mg do elemento e adverte que em períodos de maior necessidade de ferro (na infância, gravidez ou hemorragia) sua absorção é aumentada, podendo haver uma ingestão de até de 30mg, em períodos de gravidez.

Apesar de o ferro interferir no comportamento hidrogeoquímico de outros elementos, sejam eles essenciais ou potencialmente tóxicos, os baixos teores do elemento averiguados na região de Porto Rico parecem não interferir de maneira preocupante na qualidade da água nem exercer efeitos nocivos à saúde da população local. Os valores que ultrapassaram o VMP verificados por Zanetti (2009) referem-se à interrupção da conectividade rio-planície no período de águas baixas e explicam-se pela elevada presença de matéria orgânica e de macrófitas, responsável pelo consumo de oxigênio.

A espacialização dos teores de estanho podem ser observados na figura 9, onde as concentrações apresentam variação de 0,06 a 0,08mg/L, com diferenciação de apenas 0,02mg/L, considerando 8 amostras nas quais foi detectado o elemento do total de 11 amostras. Os valores decrescem da margem esquerda para a margem direita das ilhas, apresentando uma variação dos mesmos por toda a extensão destas.

Figura 9. Distribuição geográfica do Sn nas águas superficiais do rio Paraná (mg/L), na região de Porto Rico – PR.



Fonte: Vasconcellos et al., 2009.

O CONAMA (2005) não determina nenhum valor para o elemento Sn em qualquer classe de águas doces, salinas ou salobras. Contudo, estabeleceu o valor máximo de 4,0mg/L de Sn total como padrão de lançamento de efluentes.

Em tabela específica, a CETESB (1990 apud SANTOS, 1997) apresenta os padrões de qualidade ambiental no Brasil, onde determina que os teores de Estanho nos rios de classe 2 não devem ultrapassar 2,0 mg/L.

Devido à falta de estudos relacionados ao estanho e seu comportamento sobre a saúde humana, não se pode avaliar as necessidades médias e normativas e estabelecer uma variação segura de ingestão do elemento para a população (OMS, 1998, p. 199).

Porém, alguns estudos recentes determinaram os níveis de estanho para a ingestão por seres humanos entre 1,0 a 2,3mg/kg da dieta no Reino Unido e 0,65mg/dia nos Países Baixos (OMS, 1998).

Procurando-se fazer uma melhor correlação entre os dados hidrogeoquímicos e a saúde coletiva, foram analisados os dados da Unidade Básica de Saúde (UBS) de Porto Rico, conforme estudos apresentados por Canesso (2009).

Os dados da UBS, organizados no quadro das principais enfermidades/internamentos do município de Porto Rico (Quadro 3), no período de 2001 a 2007, apontaram como as causas mais freqüentes dos internamentos, doenças como calculose renal, diarréia, insuficiência cardíaca, pneumonia bacteriana, entre outras. O quadro 3 extraído de uma tabela geral onde estão presentes todas as 42 enfermidades/internamentos registrados em Porto Rico no período avaliado, aponta apenas 9 casos que somados ultrapassam mais de 60% das enfermidades levantadas no município, as quais predominam entre as demais (CANESSO, 2009).

Sabe-se que elementos como o Fe, Sn e Bi, em algumas ocasiões, podem acarretar danos renais, hepáticos, cardíacos ou gastrointestinais, devido à deficiência ou à ingestão excessiva. Porém, avaliando-se os níveis dos elementos analisados em Porto Rico, não há confirmação de que os mesmos exercem influências sobre a saúde humana do local ou tenham alguma relação com as doenças verificadas no quadro, pois é necessário avançar no conhecimento dos fatores que causaram as enfermidades.

Quadro 3 – Principais enfermidades/internamentos do município de Porto Rico (PR) no período de 2001 a 2007.

Enfermidades/Internamentos Porto Rico - PR	Total por Ano								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total	Percentual
Diarréia e gastroenterite origem infec. presumível	28	0	19	5	22	3	0	77	7,86%
DPOC (doença pulmonar obst. crônica)	34	0	6	1	0	0	7	48	4,90%
Hérnia inguinal unilateral ou não especificado	14	3	6	0	12	0	0	35	3,57%
Insuficiência cardíaca	30	0	12	0	2	0	4	48	4,90%
Parto Espontâneo (normal)	80	0	30	2	26	7	4	149	15,20%
Pneumonia bacteriana	41	10	2	1	15	9	1	79	8,06%
Trat. doenças crônicas vias aéreas inferiores (estado de mal asmático)	43	11	9	1	0	9	3	76	7,76%
Tratamento da pielonefrite (Pielonefrite obstrutiva crônica)	9	1	3	1	3	11	3	31	3,16%
Tratamento de calculose renal	30	4	4	0	14	4	1	57	5,82%
Total Parcial								600	61,23%

Fonte: Datasus/UBS Porto Rico, 2009.

Canesso (2009) alerta que o panorama das instalações sanitárias do município de Porto Rico nos anos de 1991 e 2000 apresentou melhoras, porém, ainda são encontrados tipos de instalações precárias ou inadequadas, visto que a maioria das instalações é composta por fossas rudimentares. Esse fator pode ter consequências nas causas das enfermidades presentes no município, referentes à doenças infecciosas ou parasitárias. Aliado a isso, a insuficiência de instalações de abastecimento de água e serviços de saúde, expõem a população a situações de risco à saúde (CANESSO, 2009).

Os dados de abastecimento de água em Porto Rico no ano de 2007 e 2010 (Tabela 1) por domicílios evidenciam um crescimento das unidades residenciais atendidas. Segundo os dados do IBGE, o número total de domicílios recenseados no ano de 2007 era de 1.349 e no ano de 2010 era de 1.216 (IBGE - SIDRA, 2010).

Tabela 1. Abastecimento de água – Porto Rico (PR).

<b><i>Abastecimento de água</i></b>	<b><i>2007</i></b>	<b><i>2010</i></b>
Unidades residenciais atendidas	697	796
Total de unidades atendidas	785	891

Fonte: BDEweb - IPARDES, 2011. Organização da autora, 2011.

Considerando que a população de Porto Rico em 2007 era de 2.462 e em 2010 passou a ser de 2.530 habitantes, a diminuição do número total de domicílios no período de 2007 para 2010 não parece ter motivo lógico. Analisando-se os dados, pode-se notar que em 2007 o total de domicílios que não eram atendidos por rede de abastecimento de água era de 564, pois apenas 785 unidades estavam sendo atendidas. No ano de 2010, 325 domicílios não contavam com rede de abastecimento de água, o que denota que houve um acréscimo do número de domicílios atendidos em relação ao ano de 2007, fato que pode estar relacionado à diminuição do número total de domicílios. Calculando-se a porcentagem do total de unidades atendidas, pode-se confirmar que houve um aumento do número de domicílios atendidos por rede de abastecimento de água, que passou de 58% em 2007 para 73% em 2010.

As infra-estruturas de saneamento instaladas no município de Porto Rico estão sendo incrementadas, buscando-se atingir a totalidade dos habitantes. No entanto, as unidades presentes são deficientes, interferindo assim na qualidade de

vida da população. As ocorrências de diarreias e gastroenterites, responsáveis pela 3ª maior causa por enfermidades e internamentos nas UBS's, podem ter sua origem por questões relacionadas ao saneamento e falta de prevenção.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos teores dos elementos Si, Ca, Bi, Fe e Sn no rio Paraná no entorno das ilhas Mutum e Porto Rico apontaram baixas concentrações desses elementos, que dificilmente interferem na qualidade de vida da população local, visto que essa usufrui de rede de abastecimento de água fornecido pela SANEPAR e de poços tubulares particulares. Este fator não isenta a necessidade de análises químicas, físicas e bacteriológicas das águas utilizadas para abastecimento do município. Há que se destacar que os serviços públicos de abastecimento de água e rede de esgoto são precários e ainda não cobrem a totalidade da população de Porto Rico, oferecendo risco à saúde coletiva.

A disponibilidade dos elementos químicos investigados estão ligadas às características físicas do ambiente da região.

Considerando que o rio Paraná, na região de Porto Rico possui uma vazão média de  $8.183\text{m}^3/\text{s}$  no período de águas baixas e de  $8.300\text{m}^3/\text{s}$  no período de cheias (ZANETTI, 2009), pode-se verificar que a capacidade de diluição dos elementos constituintes pelo rio é grande, lembrando que o seu regime hidrológico é influenciado pelas usinas hidrelétricas de Porto Primavera e Rosana e pelas variações de pluviosidade e temperatura.

O regime hidrológico do rio condiciona os processos erosivos e deposicionais (SOUZA FILHO, 1997), que podem estar interferindo na presença de matéria orgânica na água, visto que os processos erosivos provocam o escorregamento da vegetação e também são influenciados pela sua presença ou ausência, além da composição dos solos e outros componentes. As variações dos valores de pH e condutividade elétrica, bem como das concentrações dos elementos químicos têm relação direta com esses aspectos, que dependem de processos de intemperização das rochas, de características dos solos e rochas, lançamento de efluentes, remoção da vegetação, uso do solo, etc.

Grandes áreas da região de Porto Rico são utilizadas principalmente para pastagens e agricultura. Segundo Zanetti (2009) algumas práticas inadequadas relativas à produção agrícola, como o uso incorreto de insumos, adubação de plantio sem critérios técnicos, uso indiscriminado de agrotóxicos e a presença de lavouras plantadas em quadras facilitando a erosão, são causas da degradação ambiental e de interferência nas características físico-químicas do rio Paraná.

Para mensuração das alterações dos padrões de qualidade ambiental inerentes às características típicas do rio Paraná, é necessária a realização periódica de análises de monitoramento não só geoquímico, mas que abranjam outros tipos de abordagem para com o rio.

A qualidade ambiental está intimamente ligada à qualidade de vida da população, a qual está sujeita a riscos decorrentes de enfermidades e da oferta de serviços de saúde, saneamento básico e infraestruturas urbanas. Para que a população seja bem amparada por sistemas de saúde, é indispensável que os governantes elaborem e executem políticas públicas pautadas na garantia da qualidade de vida e saúde humana.

A ocorrência de doenças de origem infecciosa ou parasitária, doenças renais, cardíacas, gastrointestinais e respiratórias no município de Porto Rico parecem não ter relação com a disponibilidade, deficiência ou toxicidade dos elementos químicos estudados no rio Paraná. Entretanto, não se pode rejeitar a possibilidade desses elementos virem a causar algum tipo de enfermidade nos habitantes, já que as suas concentrações podem variar ao longo do tempo e apresentar outros quadros. Doenças renais, gastrointestinais, problemas cardíacos e doenças pulmonares ou estomacais podem ter suas causas ligadas aos elementos ferro, estanho, cálcio e, talvez, bismuto.

Além disso, a intensificação da atividade turística no município proporciona o maior contato de pessoas com o rio, onde o seu estado de saúde pode ser afetado por doenças que têm o próprio rio como meio de disseminação, devido ao contato dermal ou pela ingestão de alimentos contaminados, pois os pescados são um dos principais componentes da dieta não só de turistas como da população local.

Todos essas considerações mencionadas estão no bojo das discussões estabelecidas pela Geografia da Saúde, Geoquímica e Geologia Médica. De posse dos resultados apresentados nesse trabalho, busca-se contribuir com futuras pesquisas sobre qualidade de vida, saúde pública e na efetivação de ações sobre questões socioambientais, uma vez que não é descartada a necessidade de aprofundamento de investigação dessas questões apesar das relações entre a hidrogeoquímica dos elementos estudados não apresentarem relação direta com as doenças observadas em Porto Rico.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; ZALEWSKI, M. **A planície alagável do alto rio paraná:** importância e preservação. Maringá: Eduem, 1996.
- ALIEVI, Alan; PINESE, José P. P. Aproximações entre Geografia da Saúde e Saúde Ambiental: o papel dos recursos hídricos nos agravos à saúde coletiva. **Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos – Crise, práxis e autonomia:** espaços de resistências e de esperanças. Porto Alegre – RS: 2010. p.1-9.
- ALIEVI, Alan; PINESE, José Paulo P.; CELLIGOI, André. O consumo de água subterrânea e as implicações para a saúde coletiva. In: BARROS, Miriam Vizintim F; YAMAKI, Humberto T.; SALVI, Rosana Figueiredo. **Prospecções em geografia e meio ambiente.** José Paulo Peccinini Pinese (Org.). Londrina: Ed. Humanidades, 2009. p.91-109.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Aspectos gerais da geologia da Bacia do Alto Paraná. In: **Simpósio sobre a Geotecnia da Bacia do Alto Paraná,** São Paulo, 1983. Anais, p. 9-16, 1983. ABMS/ABGE/CBMR.
- ARAUJO, P. R. de. **Interação hidrogeoquímica e geografia da saúde na bacia hidrográfica do Ribeirão Lindóia, zona norte de Londrina – PR.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2006.
- AZEVEDO, Fausto Antonio de; CHASIN, Alice A. da Matta. **Metais:** gerenciamento de toxicidade. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p.99-125.
- BATISTA, Maria João de Almeida Farinha. **Comportamento de Elementos Químicos no Sistema Rocha-solo-sedimento-planta na rea Mineira de Neves Corvo:** Implicações Ambientais. 2003. Disponível em: <[http://e-geo.ineti.pt/edicoes\\_online/teses/mjb/mjb.htm](http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/teses/mjb/mjb.htm)>. Acesso em: 16 fev 2009.
- BERNARDES, Júlia Adão; FERREIRA, Francisco Pontes de Miranda. Sociedade e natureza. In: CUNHA, Sandra Baptista; GUERRA, Antonio José Teixeira. **A questão ambiental:** diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.17-42.
- BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, Antnio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado (Org.). **Erosão e conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 269-300.
- BON, Ana Maria Tibiriça; SANTOS, Alcinéia M. dos Anjos. **Sílica.** Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/conteudo.asp?D=SES&C=777&menuAberto=777>>. Acesso em: 17/11/2007.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** 27. ed. São Paulo: Saraiva, 1991.

BRANCO, Samuel Murgel; AZEVEDO, Sandra M. F. O.; TUNDISI, José Galizia. Água e saúde humana. In: REBOUÇAS, Aldo C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002. p.241-261.

CANALI, Naldy Emerson. Geografia ambiental – desafios epistemológicos. In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Salette (Org.). **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2002. p.165-186.

CANESSO, Renata. **Impacto socioambiental e aspectos da Geografia da Saúde em Porto Rico (PR), alto rio Paraná**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2009.

CARNEIRO, A. P. S.; ALGRANTI, E. **Exposição à sílica e silicose**. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/silica\\_base\\_3.asp](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/SES/silica_base_3.asp)>. Acesso em: 17/11/2007.

CENTRAL ANALÍTICA. Instituto de Química – USP. **Espectrometria de emissão atômica**. Disponível em: <<http://ca.iq.usp.br/conteudo2.php?itemid=31&alt=ICP-AES&c=&paiid=16&PHPSESSID=47a3d23d53fd1b0db2b727ba0b082f63>>. Acesso em: 30 abr. 2011.

**COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DOS ELEMENTOS**. Disponível em: <[www.repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7381/4/4-Elementos.pdf](http://www.repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7381/4/4-Elementos.pdf)>. Acesso em: 21/02/08.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'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.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2005>>. Acesso em: 13/01/2008.

CORTECCI, Gianni. **Geologia e saúde**. Tradução de Wilson Scarpelli. Disponível em: <[www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.htm](http://www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2011.

CUNHA, Luís Henrique; COELHO, Maria Célia Nunes. Política e gestão ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista; GUERRA, Antonio José Teixeira. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.43-79.

DUTRA, Denecir de Almeida. **Geografia da Saúde e Saúde Coletiva: contribuições à compreensão do território em saúde**. p. 1427-1435.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. (Revisado em setembro de 2009). Brasília: EMBRAPA, Serviço de Produção de Informação, 2009.

FEITOSA, Fernando A. C.; FILHO, João Manoel. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Ed.: Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1997.

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

FERNANDES, O. V. Q.; SOUZA FILHO, E. E. Efeitos hidrológicos sobre a evolução de um conjunto de ilhas no rio Paraná, PR. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba: Ed. da UFPR. n.43. 1995. p.161-171.

FILHO, João Manuel. Contaminação de águas subterrâneas. In: FEITOSA, Fernando Antonio Carneiro.; FILHO, João Manuel. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. p. 109-132.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. Degradação ambiental. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 337-379.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa municipal estatístico**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=412020>>. Acesso em: 12 jun 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática**. (Banco de Dados Agregados). 2010. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010sp.asp>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **BDEweb - Banco de Dados do Estado**. Disponível em: <<http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em: 24 ago. 2011.

KLUTHCOVSKY, Ana Claudia G. C.; TAKAYANAGUI, Angela Maria Magosso. **Qualidade de vida – aspectos conceituais**. 2007. p.13-15. Disponível em: <[http://www.observatorionacionaldoidoso.fiocruz.br/biblioteca/\\_artigos/12.pdf](http://www.observatorionacionaldoidoso.fiocruz.br/biblioteca/_artigos/12.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2011.

LEAL, Carla Manuela da Silva. **Reavaliar o conceito de qualidade de vida**. 2008. p.1-23. Disponível em: <<http://www.porto.ucp.pt/lusobrasileiro/actas/Carla%20Leal.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2011.

LEFF, Enrique. Tecnologia vida e saúde. In: LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2001. p.310-327.

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

LIMA, Irene Videira de. Ferro. In: AZEVEDO, Fausto Antonio de; CHASIN, Alice A. da Matta. **Metais**: gerenciamento de toxicidade. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p.99-125.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. **O Silício na agricultura**. 1999. Encarte Técnico - Informe Agrônômico, 87. Disponível em: <[www.ipni.org.br/.../87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/7759ddc6878ca7eb83256d05004c6dd1/\\$FILE/Enc1-7-87.pdf](http://www.ipni.org.br/.../87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/7759ddc6878ca7eb83256d05004c6dd1/$FILE/Enc1-7-87.pdf)>. Acesso em 19/11/07.

LIMA FILHO, Oscar Fontão de. **O silício é um fortificante e antiestressante natural para as plantas**. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/Noticias/artigos/artigo1.html>>. Acesso em: 17/11/2007.

LISBOA, Severina Sarah. A relação entre ambiente e saúde vista a partir da evolução do espaço geográfico e da geografia da saúde. In: II Congresso Internacional & IV Simpósio Nacional de Geografia da Saúde, 2009. **Anais...** (CD-ROM). Uberlândia-MG, Universidade Federal de Uberlândia – UFU. p. 262-269.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Paraná**. Rio de Janeiro: José Olympio. 1981.

MARCONDES, Renato. **Bismuto**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/elementos-quimicos/bismuto/>>. Acesso em: 24 maio 2011.

MARTINS JR, José Carlos Gomes; PINESE, José Paulo Peccinini. Meio ambiente e saúde coletiva: abordagens em geologia médica. In: CARVALHO, Márcia Siqueira de. **Geografia, meio ambiente e desenvolvimento**. Márcia Siqueira de Carvalho (Org.). Londrina: a autora, 2003. p.107-125.

MATTOS, Rita de Cássia Oliveira da Costa. **Avaliação da exposição a estanho da população ribeirinha do rio Jamari, RO**. Disponível em: <<http://www.ensp.fiocruz.br/portal-ensp/pesquisa/projeto/index.php?id=1937>>. Acesso em: 27 jan 2009.

MENDES, Tatiana F.; PINESE, José. P. P.; FRANCA, Valmir de; SOUZA FILHO, Edvard. E.; CORREA, Geraldo. T. Aspectos Hidroclimáticos Preliminares das Ilhas Mutum e Porto Rico no Alto Rio Paraná. In: **IV Seminário Latinoamericano de Geografia Física - Geografia Física: Novos Paradigmas e Políticas Ambientais**, 2006, Maringá. IV Seminário Latinoamericano de Geografia Física - Geografia Física: Novos Paradigmas e Políticas Ambientais, 2006.

MENDONÇA, Francisco. Geografia socioambiental. In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Salete (Org.). **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2002. p. 121-144.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Atlas Geoquímico do Estado do Paraná**. Curitiba: Mineropar, 2001.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Geoquímica de solo – horizonte B**: Relatório final de prometo. Curitiba: Mineropar, 2005. v.2. p.185-188; 197-201.

MONKEN, Mauricio; PEITER, Paulo; BARCELLOS, Christovam; ROJAS, Luisa Iñiguez; NAVARRO, Marli; GONDIM, Grácia M. M.; GRACIE, Renata. **O território na saúde**: construindo referências para análises em saúde e ambiente. 2009. Disponível em: <[http://www.saudecoletiva2009.com.br/cursos/c11\\_3.pdf](http://www.saudecoletiva2009.com.br/cursos/c11_3.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2011.

NAKASHIMA, Sandra Yoshimi; CARVALHO, Márcia Siqueira de. Aproximações entre saúde urbana e meio ambiente. In: MARANDOLA, Eduardo; FUSCALDO, Wladimir Cesar; FERREIRA, Yoshiya Nakagawara (Org.). **Geografia, ciência e filosofia**: interdisciplinaridade e interfaces de conhecimento – contribuições científicas da XVIII Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina. Londrina: Ed. Humanidades, 2002. p.239-242.

OKA FIORI, Chisato; SANTOS, Leonardo José Cordeiro (Coord.). **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: escala base 1:250.000. Modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba: MINEROPAR/UFPR, 2006.

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

PEREIRA, Martha Priscilla Bezerra. **Conhecimento geográfico para a promoção da saúde**. Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Jun/2010. v.6. n.10. p.77-88.

PIRES, Ewerton Oliveira. **Geografia da Saúde e Geologia Médica como instrumentos de planejamento e gestão em saúde ambiental**: o caso das anomalias de flúor e da fluorose dentária em Itambaracá – PR. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2008.

ROHDE, Geraldo Mario. **Geoquímica ambiental e estudos de impacto**. São Paulo: Signus Editora. 2000.

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

SANTOS, Almany Costa. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, Fernando Antonio Carneiro.; FILHO, João Manuel. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE. 1997. p. 81-108.

SCARPELLI, Wilson. **Introdução à Geologia Médica**. São Paulo: I FENAFEG. IG/USP, 2003. Disponível em: <[www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.htm](http://www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2011.

SELINUS, O. Geologia Médica. Trad. Fernanda Gonçalves da Cunha. In: **Geologia médica no Brasil**: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente / Cássio Roberto da Silva (Ed.) [et al.]. — Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. p. 1-5.

**SILÍCIO.** Disponível em:

<[http://www.tabela.oxigenio.com/nao\\_metais/elemento\\_quimico\\_silicio.htm](http://www.tabela.oxigenio.com/nao_metais/elemento_quimico_silicio.htm)>. Acesso em: 21 fev. 2008.

SILVA, Cássio Roberto da; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro; CAPITANI, Eduardo de Mello. Geologia Médica no Brasil. In: SILVA, Cássio Roberto da; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro; CAPITANI, Eduardo de Mello. **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. p. 6-14.

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Geologia e geomorfologia do complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. 1997. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. **A Planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.** Maringá: EDUEM: Nupélia, 1997. p.3-46.

SOUZA, Vladimir Ferreira; QUELHAS, Osvaldo Luís Gonçalves. **Avaliação e controle da exposição ocupacional à poeira na indústria da construção.** Ciência & saúde coletiva. Vol. 8. nº 3. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232003000300014&lng=&nrm=iso&tlng=](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232003000300014&lng=&nrm=iso&tlng=)>. Acesso em: 17/11/2007.

STUMM, W. & MORGAN, J. J. **Aquatic Chemistry.** Wiley-Interscience, NY, 583p. 1981.

STUMM, W. **Chemistry of the Solid-Water Interface.** John-Wiley & Sons, Inc., NY, 428p. 1992.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Bacias hidrográficas do Paraná.** 2007. Disponível em: <[http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/DADOS%20ESPACIAIS/Bacias\\_Hidrograficas\\_A4.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/DADOS%20ESPACIAIS/Bacias_Hidrograficas_A4.pdf)>. Acesso em: 13 jul 2009.

SUREHMA. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Portaria nº 011/91, de 19 de setembro de 1991.** Disponível em: <<http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/enquadramento-b-parana1.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2009.

VASCONCELLOS, Jacqueline Mahnic de; GONÇALVES, Eduardo Furuta; PINESE, José Paulo Peccinini; CORREA, Geraldo Terceiro; FRANÇA, Valmir de; SOUZA FILHO, Edvard Elias. Indicativos preliminares da geografia da saúde, auxiliada pela geoquímica das águas superficiais do entorno das ilhas Mutum e Porto Rico, Alto Rio Paraná PR - Brasil. In: II Congresso Internacional & IV Simpósio Nacional de Geografia da Saúde. Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG. 2009. **Anais...** CD-ROM. p.1643-1656.

ZANETTI, Kenia. **Considerações hidroclimáticas e hidrogeoquímicas do município de Porto Rico (PR) e relações com a saúde coletiva no alto rio Paraná.** 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2009.

ZANETTI, Kenia; PINESE, José Paulo P.; FRANÇA, Valmir de. Aspectos hidroclimáticos no alto curso do rio Paraná, região de Porto Rico (PR). In: BARROS, Miriam Vizintim F; YAMAKI, Humberto T.; SALVI, Rosana Figueiredo. **Prospecções em geografia e meio ambiente**. José Paulo Peccinini Pinese (Org.). Londrina: Ed. Humanidades, 2009. p.69-90.