

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

# GEODIVERSIDADE DA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

LEVANTAMENTO  
GEOQUÍMICO AMBIENTAL



2022

**SGBO**  
SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM



LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

**GEODIVERSIDADE DA  
REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE**

**LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO AMBIENTAL**

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **MINISTRO DE ESTADO**

Adolfo Sachsida

### **SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Pedro Paulo Dias Mesquita

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor Presidente**

Esteves Pedro Colnago

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Márcio José Remédio

#### **Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

#### **Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Romano

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

#### **Chefe do Departamento de Gestão Territorial**

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

#### **Chefe da Divisão de Gestão Territorial**

Maria Adelaide Mansini Maia

#### **Chefe da Divisão de Geologia Aplicada**

Tiago Antonelli

#### **Chefe do Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

#### **Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração**

João Alberto Oliveira Diniz

#### **Chefe do Departamento de Informações Institucionais**

Edgar Shinzato

#### **Chefe da Divisão de Geoprocessamento**

Hiran Silva Dias

#### **Chefe da Divisão de Cartografia**

Fábio Silva da Costa

#### **Chefe da Divisão de Documentação Técnica**

Roberta Pereira da Silva de Paula

#### **Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação**

Patrícia Düringer Jacques

#### **Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação**

David Teles Ferreira

#### **Chefe do Departamento de Apoio Técnico**

Maria José Cabral Cezar

#### **Chefe da Divisão de Editoração Geral**

Lucas Victor de Alcântara Estevão

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO RECIFE**

### **Superintendente**

Vanildo Almeida Mendes (in memoriam)

### **Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial**

Robson de Carlo da Silva

### **Supervisor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Adson Brito Monteiro

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM  
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

**LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

---

**GEODIVERSIDADE DA  
REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE**

**LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO AMBIENTAL**

**AUTORES**

Aline Nogueira  
Eduardo Paim Vilgio



---

Rio de Janeiro  
2022

**GEODIVERSIDADE DA REGIÃO METROPOLITANA  
DE RECIFE: LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO AMBIENTAL**

**REALIZAÇÃO**

Superintendência de Recife

**COORDENAÇÃO TÉCNICA**

Eduardo Paim Viglio

**COORDENAÇÃO NACIONAL**

**DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL**

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

**DIVISÃO DE GESTÃO TERRITORIAL – DIGATE**

Maria Adelaide Mansini Maia

**COORDENAÇÃO TEMÁTICA**

**GEODIVERSIDADE**

Marcelly Ferreira Machado

Marcelo Eduardo Dantas

**EQUIPE EXECUTORA**

Andre Luís Invernizzi

Paulo Leite

José Walquer

Eduardo Paim Viglio

**MONTAGEM FINAL**

Aline Nogueira

Eduardo Paim Viglio

André Luís Invernizzi

Maria Cecília de Medeiros Silveira

Deborah Ribeiro Baptista

**NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

Priscila Cristina de Faria Ururahy

**REVISÃO DE TEXTO**

Ricardo Cesar Bustilos Villafan

**PROJETO GRÁFICO / DIAGRAMAÇÃO**

DIVISÃO DE EDITORAÇÃO GERAL – DIEDIG

Andréia Continentino

**Este produto pode ser encontrado em:**

**Serviço Geológico do Brasil – CPRM**

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

[seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

N778g

Nogueira, Aline.

Geodiversidade da região metropolitana de Recife :  
levantamento geoquímico ambiental / autores Aline Nogueira,  
Eduardo Paim Viglio. – Rio de Janeiro : CPRM, 2022.

1 recurso eletrônico

Levantamento da geodiversidade.

ISBN 978-65-5664-266-6

1.Geoquímica. 2.Geodiversidade. I. Nogueira, Aline.  
II. Viglio, Eduardo Paim. III. Título.

CDD 551.9

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB -7 / 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

# APRESENTAÇÃO

---

**É** com grande satisfação que o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, no papel institucional de subsidiar o Estado na formulação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável, dá continuidade à série de publicações que vem divulgando sobre o mapeamento da geodiversidade, discorrendo desta vez sobre a região.

Trata-se de um trabalho de abordagem multidisciplinar, que envolve profissionais de diversificadas formações em geociências, oferecendo compreensão e recomendação integradas sobre o complexo físico da paisagem, envolvendo os elementos abióticos para o planejamento territorial ambiental de diferentes recortes do território brasileiro.

O Brasil é detentor de riquíssima geodiversidade. Com base nessa premissa, a abordagem da temática envolve uma análise integrada entre a geologia, a geomorfologia e a pedologia associada às formações superficiais. Ou seja, cada unidade de geodiversidade mapeada irá representar o trinômio rocha-relevo-regolito/solo, num enfoque genuinamente geossistêmico. Informações sobre o potencial hídrico superficial e subterrâneo também são consideradas na análise.

Tendo o homem forte ligação com o espaço físico, a sustentabilidade do desenvolvimento nacional passa necessariamente pela harmonia entre as necessidades humanas e as respostas do todo natural, sem comprometer a capacidade de atender as carências das futuras gerações.

O Serviço Geológico do Brasil - CPRM sente-se honrado em contribuir, com o esforço e o conhecimento dos seus pesquisadores, para a promoção de planos de ordenamento territorial que considerem cada vez mais a geodiversidade, não só como condicionante no planejamento e gestão de ocupação, a orientação na implementação de políticas públicas, a prevenção de desastres naturais e o auxílio às obras de infraestrutura, mas também pela existência de potenciais recursos do patrimônio geológico a preservar.

A expectativa é de que esta produção científica seja capaz de abrir novas fronteiras do conhecimento, gerando valor e mais qualidade de vida para o ser humano.

**ALICE SILVA DE CASTILHO**

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial





# SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>2. METODOLOGIA</b> .....  | <b>11</b> |
| Águas superficiais .....   | 11        |
| Parâmetros físico-químicos.....  | 12        |
| Sedimentos de fundo .....  | 12        |
| Solo .....   | 12        |
| Referências legais e os indicativos de concentrações permitidas utilizadas ..... | 12        |
| Análises Estatísticas e Confecção dos Mapas Geoquímicos .....                    | 12        |
| <b>3. RESULTADOS OBTIDOS</b> .....   | <b>13</b> |
| Águas superficiais.....  | 13        |
| Sedimentos de Fundo.....   | 15        |
| Solos .....  | 15        |
| <b>4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....   | <b>24</b> |
| <b>5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b> .....   | <b>24</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>26</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Mapa de anomalias geoquímicas em águas superficiais .....                     | 13 |
| Figura 2 - Mapa de anomalias geoquímicas em sedimento de fundo .....                     | 17 |
| Figura 3 - Mapa de anomalias geoquímicas em solo superficial (solo Top) .....            | 18 |
| Figura 4 - Mapa de anomalias geoquímicas em solo subsuperficial (solo Sub) .....         | 19 |
| Figura 5 - Áreas com valores acima do permitido para solo Top sobre base geológica ..... | 22 |
| Figura 6 - Áreas com valores acima do permitido para solo Sub sobre base geológica ..... | 23 |
| Figura 7 - Áreas com necessidades de trabalhos de detalhe ou monitoramento .....         | 25 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Sumário estatístico com os resultados das amostras de água de superfície coletadas para cátions, parâmetros físico-químicos e respectivos parâmetros legais..... | 14 |
| Tabela 2 - Sumário estatístico com os resultados das amostras de sedimento de fundo coletadas e respectivos parâmetros legais .....   | 16 |
| Tabela 3 - Sumário estatístico com os resultados das amostras de solo Top coletadas e respectivos parâmetros legais. ....   | 20 |
| Tabela 4 - Sumário estatístico com os resultados das amostras de solo Sub, coletadas e respectivos parâmetros legais. ....  | 21 |
| Tabela 5 - Número de violações dos elementos químicos analisados a cada valor indicativo ou a legislação brasileira por meio amostral.....                                  | 24 |

**APÊNDICE I - Tabelas de localização e resultados analíticos ..... 27**

**LISTA DE TABELAS**

|   |   |
|---|---|
| Tabela 6 - Localização das Amostras de Solo.....                            | 2 |
| Tabela 7 - Localização das Amostras de Água e Sedimento.....                | 3 |
| Tabela 8 - Localização e Resultados Analíticos para Águas Superficiais..... | 4 |
| Tabela 9 - Resultados de Solo Superficial (Top).....                        | 5 |
| Tabela 10 - Resultados de Solo Subsuperficial (Sub).....                    | 6 |
| Tabela 11 - Resultados de Sedimento de Fundo.....                           | 7 |

**APÊNDICE II - Descrição dos elementos encontrados em valores  
acima do permitido pela legislação .....35**

**ELEMENTOS**

|         |    |
|---------|----|
| As..... | 2  |
| B.....  | 3  |
| Ba..... | 4  |
| Cd..... | 5  |
| Co..... | 6  |
| Cr..... | 7  |
| Cu..... | 8  |
| Fe..... | 9  |
| Hg..... | 10 |
| Mn..... | 11 |
| Mo..... | 12 |
| Na..... | 13 |
| Ni..... | 14 |
| Pb..... | 15 |
| Sb..... | 16 |
| Se..... | 17 |
| Sr..... | 18 |
| V.....  | 19 |
| Zn..... | 20 |

**APÊNDICE III - Mapas Geoquímicos .....45**

**MAPAS / ELEMENTOS**

|         |   |
|---------|---|
| As..... | 2 |
| B.....  | 3 |
| Ba..... | 4 |
| Cd..... | 5 |
| Co..... | 6 |
| Cr..... | 7 |

## MAPAS / ELEMENTOS

|          |    |
|----------|----|
| Cu.....  | 8  |
| Fe ..... | 9  |
| Hg ..... | 10 |
| Mn.....  | 11 |
| Mo.....  | 12 |
| Na ..... | 13 |
| Ni ..... | 14 |
| Pb.....  | 15 |
| Sb.....  | 16 |
| Se ..... | 17 |
| Sr.....  | 18 |
| V.....   | 19 |
| Zn.....  | 20 |



# GEODIVERSIDADE DA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

## LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO AMBIENTAL

EM 2003, O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM) participou da estruturação dos levantamentos geoquímicos de baixa densidade, juntamente com diversas outras instituições, com finalidade múltipla, ficando responsável pelo recobrimento de todo o território nacional. Esses levantamentos utilizam ferramentas de pesquisa regionais, objetivando o reconhecimento de grandes áreas a partir da coleta de poucas amostras. Os meios amostrais utilizados são as águas superficiais, os sedimentos de fundo dos rios, amostras de solo superficiais e profundas e uma amostra da água de abastecimento público das sedes municipais da região investigada. Os trabalhos são planejados por bacias hidrográficas, respeitando os limites estaduais. Os produtos finais são chamados de Atlas Geoquímicos das Bacias ou dos Estados trabalhados, compostos por uma coleção de mapas que podem ser usados como instrumentos de planejamento territorial, desenvolvimento de projetos e ações sustentáveis do meio físico, favorecendo uma gestão ambiental, social e econômica mais equilibrada. A metodologia foi adequada a uma visão mais detalhista como apoio aos trabalhos de geodiversidade. Até o momento, todos os resultados obtidos e consistidos encontram-se no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o GeoSGB, e publicados na página de Geoquímica Ambiental do Departamento de Gestão Territorial (DEGET).

### ■ INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Recife (RMR) constitui-se atualmente de 14 municípios, sendo eles: Recife, Cabo, Igarassu, Itamaracá, Jaboatão, Moreno, Olinda, Paulista, São Lourenço da Mata, Abreu e Lima, Araçoiaba, Camaragibe, Itapissuma e Ipojuca. O levantamento geoquímico ambiental da Região Metropolitana de Recife foi efetuado no período de 4 de junho a 20 de agosto de 2018, como sendo um produto adicional ao levantamento da geodiversidade, onde foram coletadas um total de 27 amostras de água superficial, 28 amostras de solo superficial (denominado como solo Top), 28 amostras de solo subsuperficial (denominado como solo Sub) e 48 amostras de sedimento de fundo, totalizando 2.772 km<sup>2</sup> de área levantada.

### ■ METODOLOGIA

As amostras de solo Top, solo Sub, sedimento de fundo e de água superficial seguiram os procedimentos de coleta, armazenamento, tratamento e análise padrão dos levantamentos já realizados, com o adensamento de malha descrito a seguir. As características georreferenciais e as propriedades de cada ponto de coleta foram anotadas em caderneta digital, através de *tablet* diretamente no campo.

No Apêndice I, são apresentadas as tabelas de localização dos pontos amostrados e as tabelas de resultados analíticos de todos os meios amostrais. No Apêndice II, encontra-se a descrição detalhada dos 19 elementos que foram encontrados em valores acima dos limites legais e, no Apêndice III, os 42 mapas que mostram a distribuição nos diversos meios.

### Águas superficiais

As amostras de água superficial são coletadas no mesmo ponto da amostragem do sedimento de fundo, em locais abaixo do leito ativo do nível d'água. Em cada ponto, as amostras são captadas com o auxílio de uma seringa sem agulha, filtradas por filtros com trama de 0,45 $\mu$  e acondicionadas em dois tubos de polietileno de 50 ml. Um dos tubos é acidificado com 10 gotas de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub> 1:1), sendo mantido refrigerado até análise por ICP-OES no LAMIN-Rio para 28 cátions (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V e Zn). O segundo tubo não é acidificado, mas também é mantido sob refrigeração até análise por cromatografia iônica para 7 ânions (fluoreto, cloreto, brometo, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato) no LAMIN-Manaus. Todos os recipientes utilizados na amostragem foram ambientalizados com a própria água amostrada antes da coleta.

## Parâmetros físico-químicos

Para resultados mais condizentes com a realidade de cada amostra com a água no local amostrado durante a etapa de campo, são medidos *in situ* os parâmetros físico-químicos de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica. Para esses dados, foi utilizado o aparelho medidor multiparâmetro OAKTON PDC650.

## Sedimentos de fundo

A amostragem do sedimento de fundo dos rios foi realizada de forma composta, aqui superficial, retirando a palavra violaram..zar..colocar ou como elemento quem locais onde h em bacias com áreas entre 50 a 100 km<sup>2</sup>, em locais onde há deposição da fração fina, preferencialmente, sendo todas abaixo do leito ativo do nível d'água. No caso de material mais arenoso, é efetuado um peneiramento preliminar no campo, com peneiras de 20# visando a eliminação do material grosso. A coleta é feita com utensílios plásticos ou de ácido inoxidável, até atingir um peso entre 1 e 2 kg de material, posteriormente ensacado, lacrado e enviado ao laboratório. No laboratório, são secadas em temperatura máxima de 55°C, peneiradas em 80 *mesh*, sendo o passante triturado a 200 *mesh* e analisado para 54 elementos por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma (ICP-OES) e Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), após abertura por água-régia a quente no Laboratório SGS-Geosol em Vespasiano, MG. Os 54 elementos são: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Yb, Zn e Zr.

## Solo

As amostras de solo foram planejadas em malha aproximada de 12,5 x 12,5 km, preferencialmente em cortes de estrada, onde é visível a exposição do perfil, onde foi coletada a amostra Top na profundidade de 0 a 20 cm e a amostra Sub também por 20 cm a partir do topo do horizonte B. Preferencialmente, a amostragem foi realizada em meia encosta, mas ocorreram casos de amostragem em áreas aplainadas (com utilização de um trado). Ambos os materiais são peneirados no campo para retirada de fragmentos vegetais em peneiras de nylon de aproximadamente 20 *mesh*, ensacados, identificados, lacrados e enviados ao laboratório, possuindo um peso médio de 1 a 2 kg, posteriormente ensacado, lacrado e enviado ao mesmo laboratório anterior, passando por tratamento e análise idênticos ao das amostras de sedimento.

## Referências legais e os indicativos de concentrações permitidas utilizadas

Para as amostras de água, foram usados, preferencialmente, os valores máximos permitidos para Água Doce Classe I da Resolução CONAMA 357 de 17/03/2005 (BRASIL, 2005), eventualmente os permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde no 2914 de 2011 (BRASIL, 2011), ou os parâmetros para água subterrânea da resolução CONAMA 396 de 2008 (BRASIL, 2008) ou do *Guidelines for drinking-water quality – da World Health Organization – (WHO)* de 2011 (WHO, 2011).

Para as amostras de sedimento de fundo foram usados os valores de Nível 1 para Água Doce da resolução CONAMA 454, de 01/11/2012 para sedimentos dragados (BRASIL, 2012) ou os valores de prevenção (*Threshold Effects Level – TEL*) do *Screening Quick Reference Tables* (NOAA-SQURT) da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), de 2008 (BUCHMAN, 2008).

Para as amostras de solo, foram utilizados os valores orientadores de Prevenção da Resolução CONAMA 420 de 28/12/2009 (BRASIL, 2009) e os TEL da NOAA—SQURT (*Target 2008*) (BUCHMAN, 2008). Eventualmente, foram também considerados os Valores de Referência de Qualidade de Solo divulgados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – (FEAM–MG), de 2011 e também os valores de referência da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – (CETESB) (CETESB, 2005).

## Análises Estatísticas e Confecção dos Mapas Geoquímicos

Os mapas geoquímicos dos elementos que apresentaram valores acima dos limites legais permitidos ou indicativos para o elemento no respectivo meio, uma descrição sucinta sobre as propriedades dos elementos químicos e uma tabela com todos os resultados obtidos encontram-se nos apêndices deste trabalho. As tabelas com os resultados compõem o apêndice I, as descrições dos elementos químicos compõem o apêndice II e os mapas geoquímicos compõem o apêndice III. Os mapas foram confeccionados utilizando-se a base de dados de cada meio amostral e os resultados de cada elemento formando a espacialização tendencial de cada ponto. Esses pontos foram representados como uma imagem raster, para os parâmetros Solo Sub e Sedimento, ou pontos com diferentes simbologias e cores para os parâmetros Água de superfície e Solo Top. Os intervalos considerados levaram em conta parâmetros da estatística retirados dos boxplots, como a mediana, quartis e IQR (Interquartile Range) com a inserção do valor máximo permitido

dentro do parâmetro legal do elemento no meio. Cada mapa mostra o padrão de distribuição do elemento no respectivo meio, sendo representada também a rede de drenagem e a localização da área edificada. Na legenda são mostrados: uma tabela com os parâmetros estatísticos básicos e legais do elemento químico, um histograma e um boxplot que explicam a distribuição apresentada. Todo o conjunto de dados foi trabalhado utilizando-se o software ArcGis 10.6, com shapes montadas a partir de dados tabulados em campo, corrigidos e consistidos em escritório, usando o DATUM WGS84 e coordenadas UTM para o Fuso 25 Sul, posteriormente transformados em coordenadas geográficas decimais.

## RESULTADOS OBTIDOS

### Águas superficiais

Nas amostras de águas superficiais coletadas não foram detectados os cátions dos elementos: Ag, As, Be, Cd, Co, Cr, Ni, Se, Sn e V. O cátion Ti foi encontrado em apenas uma amostra.

O mapa da Figura 1 mostra as nove áreas de anomalias geoquímicas. São elas:

Área 1, nos rios Jaboatão e Pixaó, apresentando valores acima do permitido para os elementos B e Na. Na área 2, no Riacho Mirueira, com valores acima do

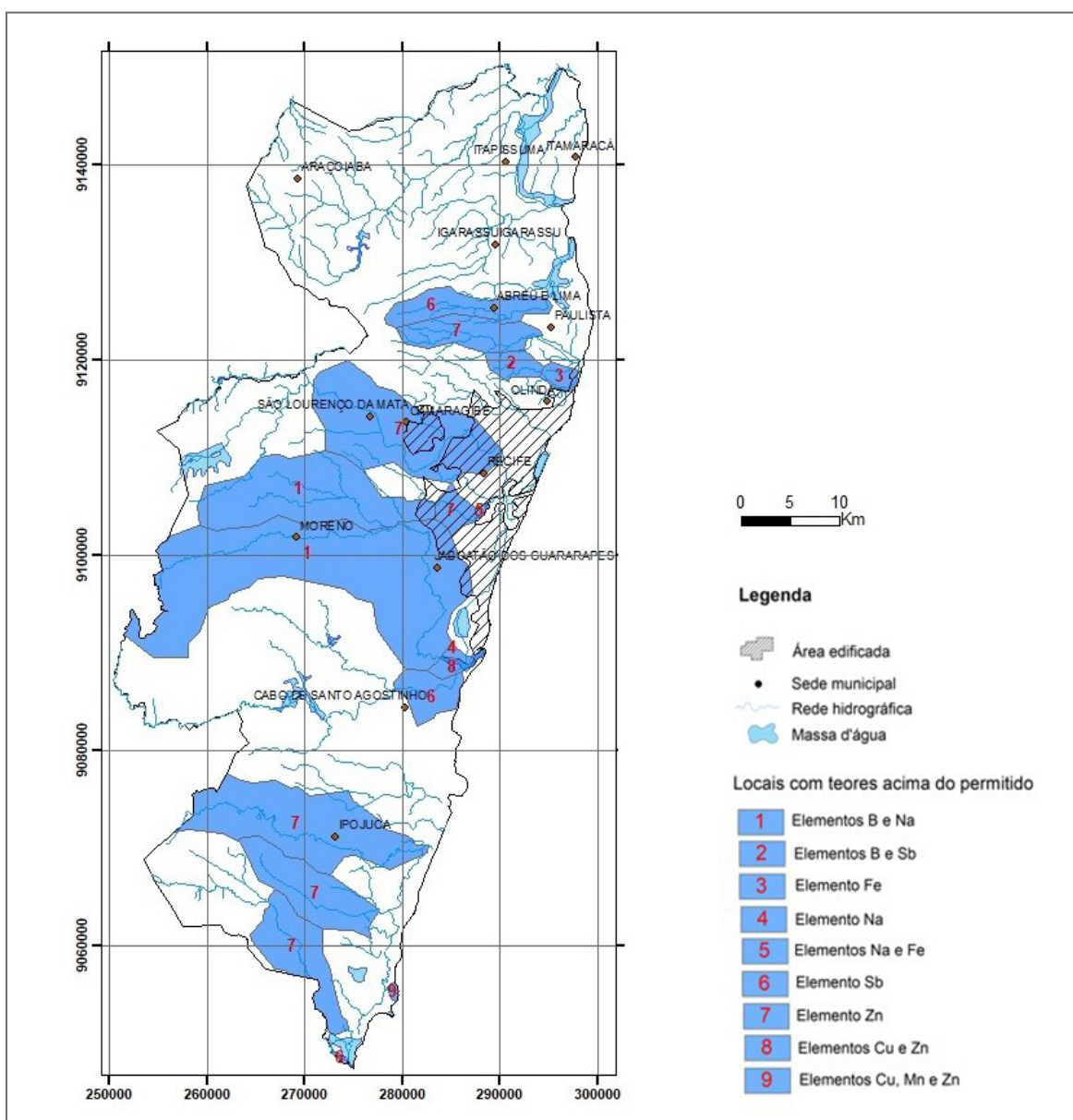


Figura 1: Mapa de anomalias geoquímicas em águas superficiais. Fonte: elaborado pelos autores.

permitido para os elementos B e Sb. Na área 3, no Rio Frágoso, ocorrem valores acima do permitido para Fe. Na área 4, em um trecho mais a jusante do Rio Jaboatão, ocorre valor acima do permitido para Na. Na área 5, no Rio Tejuipió, apresenta valores acima do permitido para os elementos Na e Fe. Na área 6, no Rio do Barro Branco, o elemento Sb ocorre em valores acima do permitido. Na área 7, o elemento que está acima do valor permitido é o Zn, que foi encontrado

próximo de Ipojuca, nos rios Ipojuca, Arimbi e Sibiró do Meio; próximo de Recife no Rio Tejuipió e próximo de Camaragibe, no Rio Capibaribe. Na área 8, aparecem valores acima do permitido para os elementos químicos Zn e Cu, no Rio Jaboatão. Na área 9, ocorrem valores acima do permitido para os elementos químicos Zn, Mn e Cu, próximo à foz do Rio Ipojuca.

A Tabela 1, apresenta os parâmetros estatísticos obtidos.

**Tabela 1:** Sumário estatístico com os resultados das amostras de água de superfície coletadas para cátions, parâmetros físico-químicos e respectivos parâmetros legais.

| PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA ÁGUA DE SUPERFÍCIE - RECIFE |          |                    |                |                  |              |              |              |         |               | PARÂMETROS LEGAIS DE REFERÊNCIA |            |            |          |       |
|--|----------|--------------------|----------------|------------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------------|---------------------------------|------------|------------|----------|-------|
| Elemento   | Unidade  | Limite de Detecção | Num de Medidas | Medidas > Limite | Valor MÍNIMO | Valor MÁXIMO | Valor Médio  | Mediana | Desvio Padrão | PORT. MS 2914 / 2011            | CONAMA 357 | CONAMA 396 | WHO 2011 |       |
| Cátions  | Ag       | mg/L               | 0,01           | 27               | 0            | -            | -            | -       | -             | -                               | -          | 0,1        | -        |       |
|  | Al       | mg/L               | 0,01           | 27               | 27           | 0,01         | <b>0,19</b>  | 0,06    | 0,05          | 0,04                            | 0,2        | 0,1        | 0,2      |       |
|  | As       | mg/L               | 0,002          | 27               | 0            | -            | -            | -       | -             | -                               | 0,01       | 0,01       | 0,01     | 0,01  |
|  | B        | mg/L               | 0,007          | 27               | 6            | 0,0035       | 2,42         | 0,23    | 0,05          | 0,51                            |            | 0,5        | 0,5      | 2,4   |
|  | Ba       | mg/L               | 0,01           | 27               | 27           | 0,005        | 0,06         | 0,04    | 0,03          | 0,01                            | 0,7        | 0,7        | 0,7      | 0,7   |
|  | Be       | mg/L               | 0,001          | 27               | 0            | -            | -            | -       | -             | -                               |            | 0,04       | 0,004    |       |
|  | Ca       | mg/L               | 0,5            | 27               | 27           | 2            | 321,85       | 31,81   | 8,26          | 66,55                           |            |            |          |       |
|  | Cd       | mg/L               | 0,001          | 27               | 0            | -            | -            | -       | -             | -                               | 0,005      | 0,001      | 0,005    | 0,003 |
|  | Co       | mg/L               | 0,003          | 27               | 0            | -            | -            | -       | -             | -                               |            | 0,05       |          |       |
|  | Cr       | mg/L               | 0,003          | 27               | 0            | -            | -            | -       | -             | -                               | 0,05       | 0,05       | 0,05     | 0,05  |
|  | Cu       | mg/L               | 0,002          | 27               | 3            | 0,001        | <b>0,02</b>  | 0,0000  | 0,0000        | 0,01                            | 2          | 0,009      | 2        | 2     |
|  | Fe       | mg/L               | 0,01           | 27               | 27           | 0,02         | <b>2,77</b>  | 0,62    | 0,4           | 0,69                            | 0,3        | 0,3        | 0,3      |       |
|  | K        | mg/L               | 0,1            | 27               | 26           | 1,79         | 313,44       | 21,65   | 3,8           | 62,72                           |            |            |          |       |
|  | Li       | mg/L               | 0,001          | 27               | 5            | 0,0005       | 0,012        | 0,01    | 0,0000        | 0,02                            |            | 2,5        |          |       |
|  | Mg       | mg/L               | 0,01           | 27               | 27           | 0,72         | 1122,22      | 77,73   | 3,07          | 232,35                          |            |            |          |       |
|  | Mn       | mg/L               | 0,01           | 27               | 24           | 0,0035       | <b>0,15</b>  | 0,04    | 0,03          | 0,03                            | 0,1        | 0,1        | 0,1      |       |
|  | Mo       | mg/L               | 0,007          | 27               | 26           | 0,01         | 0,01         | 0,01    | 0,01          | 0,00                            |            |            | 0,07     |       |
|  | Na       | mg/L               | 0,01           | 27               | 27           | 8,44         | 9491,3       | 671,02  | 24,81         | 1989,88                         | 200        |            | 200      | 50    |
|  | Ni       | mg/L               | 0,007          | 27               | 0            | -            | -            | -       | -             | -                               | 0,07       | 0,025      | 0,02     | 0,07  |
|  | Pb       | mg/L               | 0,002          | 27               | 4            | 0,001        | 0,01         | -       | -             | -                               | 0,01       | 0,01       | 0,01     | 0,01  |
|  | Sb       | mg/L               | 0,002          | 27               | 13           | 0,001        | 0,01         | -       | -             | -                               | 0,005      | 0,005      | 0,005    | 0,02  |
| Se   | mg/L     | 0,002              | 27             | 0                | -            | -            | -            | -       | -             | 0,01                            | 0,01       | 0,01       | 0,04     |       |
| Si   | mg/L     | 0,01               | 27             | 27               | 0,93         | 13,58        | 7,33         | 7,43    | 2,63          |                                 |            |            |          |       |
| Sn   | mg/L     | 0,01               | 27             | 0                | -            | -            | -            | -       | -             |                                 |            |            |          |       |
| Sr   | mg/L     | 0,01               | 27             | 27               | 0,005        | 7,02         | 53,0000      | 0,06    | 1,46          |                                 |            |            |          |       |
| Ti   | mg/L     | 0,005              | 27             | 1                | 0,0025       | -            | -            | -       | -             |                                 |            |            |          |       |
| V  | mg/L     | 0,01               | 27             | 0                | 0,005        | -            | -            | -       | -             |                                 | 0,1        | 0,05       |          |       |
| Zn   | mg/L     | 0,01               | 27             | 17               | 0,005        | <b>0,29</b>  | 0,07         | 0,03    | 0,08          | 5                               | 0,18       | 5          |          |       |
| Ânions   | Brometo  | mg/L               | 0,01           | -                | -            | -            | -            | -       | -             |                                 |            |            |          |       |
|  | Cloreto  | mg/L               | 0,01           | -                | -            | -            | -            | -       | -             | 250                             | 250        | 250        |          |       |
|  | Fluoreto | mg/L               | 0,01           | -                | -            | -            | -            | -       | -             | 1,5                             | 1,4        | 1,5        | 1,5      |       |
|  | Fosfato  | mg/L               | 0,01           | -                | -            | -            | -            | -       | -             |                                 |            |            |          |       |
|  | Nitrato  | mg/L               | 0,01           | -                | -            | -            | -            | -       | -             | 10                              | 10         | 10         | 50       |       |
|  | Nitrito  | mg/L               | 0,01           | -                | -            | -            | -            | -       | -             | 1                               | 1          | 1          | 3        |       |
| Sulfato  | mg/L     | 0,01               | -              | -                | -            | -            | -            | -       | 250           | 250                             | 250        |            |          |       |
| Físico-químicos  | pH       | -                  | -              | 27               | 27           | <b>6,22</b>  | 9,27         | 6,88    | 6,85          | 0,58                            |            |            |          |       |
|  | OD       | mg/L               | -              | 27               | 27           | <b>0,87</b>  | 11,46        | 6,44    | 7,23          | 2,93                            |            |            |          |       |
|  | Condut.  | µS/cm              | -              | 27               | 27           | 65           | <b>44900</b> | 3366,79 | 217,000       | 9468,19                         |            | 100        |          |       |
|  | Temp     | °C                 | -              | 27               | 27           | 25,2         | 29,5         | 26,88   | 26,3          | 1,33                            |            |            |          |       |

Fonte: elaborada pelos autores



## Sedimentos de Fundo

Nas amostras de sedimento de fundo dos rios não foram detectados os elementos químicos Au, B, Ge, Re, Se, Ta. O Te foi detectado em apenas uma amostra. Os elementos As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn estão acima dos valores permitidos, seguidos pelos parâmetros legais de referências do CONAMA 454 e NOAA SQuiRT 2008 (TEL). Para o elemento químico As, a contaminação está fora da área edificada; para Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn está dentro da área edificada de Recife.

A Tabela 2 evidencia todos os parâmetros estatísticos das amostras analisadas.

Na Figura 2, foi confeccionado um mapa da área com a rede hidrográfica, onde foram designadas 10 áreas anômalas que possuem valores acima dos limites permitidos. Na área 1, o elemento As foi detectado em duas localizações, uma no extremo sul da área, na Bacia do Rio Merepe, e a outra na parte central na Bacia do Rio Jaboatão. Na área 2, o elemento Cd, foi detectado em duas localizações, uma na Bacia do Rio Morno e, a outra, próximo à localidade de Abreu Lima, na Bacia do Rio Barro Branco. A área 3 apresenta os elementos Cd, Cu e Ni e está localizada na Bacia do Rio Capibaribe. O elemento Cr ocorre na área 4, em quatro pontos: na Bacia do Rio Tabatinga, que fica próximo à localidade de Igarassu; na Bacia do Rio Paratibe que fica próximo à localidade de Paulista; na Bacia do Rio Pirapema, no extremo oeste da área; próximo à cidade de Cabo de Santo Agostinho, na Bacia do Rio Gurjaú e no extremo sul da área, na bacia do Rio Sibiró do Meio. A área 5 apresenta anomalias de Cr e Ni na bacia do Rio Pirapema. Na área 6 ocorrem anomalias de Cu na bacia do Rio Igarassu. A área 7 apresenta anomalias de Cu, Cd e Cr, na bacia do Rio Capibaribe. Na área 8, ocorrem anomalias de Cu e Hg do Rio Morno. Na área 9 ocorrem anomalias de Cu, Hg e Ni, na bacia do Rio Tejió enquanto anomalias de Hg ocorrem na área 10, na bacia do Rio Botafogo.

## Solos

Nas amostras de solo não foram detectados, nem na superfície (Top) nem em subsuperfície (Sub), os elementos químicos Au, B, Re e Ta. O Ge foi detectado em apenas uma amostra Top e em apenas quatro amostras Sub, enquanto Na, Te e W apresentaram poucos resultados acima do limite de quantificação. Os elementos Ba, Co, Hg, Mo, Ni, Se, Sr, V e Zn apresentaram concentrações acima dos valores orientadores de prevenção, citados anteriormente, tanto nas amostras Top quanto nas amostras Sub. Já os elementos As, Cd, Cr, Cu, Pb e Sb apenas no solo Sub.

Para os solos Top, a quantidade de amostras que apresentaram valores acima dos parâmetros legais e respectivo valor máximo foram: 3 amostras de Ba com valor máximo de 200 ppm; 5 amostras de Co com valor máximo de 0,3 ppm; 10 amostras de Hg com máximo de 0,09 ppm; 25 amostras de Mo com máximo de 3,93 ppm; todas as amostras de Ni com máximo de 25,9 ppm; 9 amostras de Se com máximo de 2 ppm; 14 amostras de Sr com máximo de 82,3 ppm; 3 amostras de V com máximo de 200 ppm e 4 amostras de Zn com valor máximo de 87 ppm.

Para os solos Sub, a quantidade de amostras que apresentaram valores acima dos parâmetros legais e respectivo valor máximo foram: 15 amostras de As e valor máximo de 7 ppm; 5 amostras de Ba com valor máximo de 171 ppm; 2 amostras de Cd com máximo de 016 ppm; 3 amostras de Co com máximo de 15,9 ppm; 2 amostras de Cr com máximo de 95 ppm; 1 amostras de Cu com valor de 125,4 ppm; 12 amostras de Hg com máximo de 0,09 ppm; 4 amostras de Mo com máximo de 4,56 ppm; 1 amostra de Ni com valor de 22 ppm; 5 amostras de Pb com máximo de 85,3 ppm; 2 amostras de Sb com valor máximo de 1,98 ppm; 3 amostras de Se com máximo de 2 ppm; 11 amostras de Sr com máximo de 176,8 ppm; 4 amostras de V com máximo de 194 ppm e 6 amostras de Zn com valor máximo de 67 ppm.

As áreas onde ocorrem as violações podem ser vistas nas Figuras 3 e 4. Todos os dados estatísticos podem ser conferidos na Tabelas 3, para solo superficial e na Tabela 4, para solo subsuperficial.

Nas Figuras 5 e 6, ao ser plotado um mapa utilizando como base a geologia da área e os resultados da amostragem, pode-se conferir que, majoritariamente, as concentrações de elementos químicos que estão acima das normas estão nas porções situadas no Complexo Belém do São Francisco, na Suíte Intrusiva Itaporanga, no Complexo Vertente e, também, nas formações Algodoadas e Barreiras.

A Suíte Intrusiva Itaporanga faz parte dos granitoides deformados e possuem valores elevados de Cr, Zn e Mo. O Complexo Belém do São Francisco, que pertence aos Domínios dos Complexos Gnáissico-Migmatíticos, com predomínio de gnaisses ortoderivados, possuem teores de Co, V, Zn e Sc acima do permitido. Essas duas porções compõem a parte cristalina do embasamento da área. O Complexo Vertente integra o domínio das sequências Vulcano-sedimentares proterozoicas dobradas, e possui teores de Ba, Co, Ni, Zn e Se acima do permitido. Por fim, no domínio sedimentar temos a Formação Algodoadas (metaconglomerados) com anomalias de Cr, Co, Ni, V e Zn. Já para a Formação Barreiras, com seus pacotes de rochas sedimentares, teores acima do permitido para Zn, Mo e V.

**Tabela 2:** Sumário estatístico com os resultados das amostras de sedimento de fundo coletadas e respectivos parâmetros legais.

| PARÂMETROS ESTATÍSTICOS E LEGAIS PARA SEDIMENTOS (% e ppm) |         |                    |                |                  |              |              |             |         |               | PARÂMETROS LEGAIS  |             |
|--|---------|--------------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|---------|---------------|--------------------|-------------|
| Elemento   | Unidade | Limite de Detecção | Num de Medidas | Medidas > Limite | Valor MÍNIMO | Valor Máximo | Valor Médio | Mediana | Desvio Padrão | conama 454 NIVEL 1 | NOOA SQuIRT |
| Ag   | ppm     | 0,01               | 48             | 18               | 0,005        | 2,62         | 0,26        | 0,01    | 0,54          |                    | 0,5         |
| Al   | %       | 0,01               | 48             | 48               | 0,35         | 3,14         | 1,44        | 1,37    | 0,74          |                    |             |
| As   | ppm     | 1                  | 48             | 15               | 0,5          | 7,0          | 1,41        | 0,5     | 1,73          | 5,9                | 5,9         |
| Au   | ppm     | 0,1                | 48             | 0                | -            | -            | -           | -       | -             |                    |             |
| B  | ppm     | 10                 | 48             | 0                | -            | -            | -           | -       | -             |                    |             |
| Ba   | ppm     | 5                  | 48             | 48               | 14           | 218          | 98,25       | 92,5    | 54,46         |                    |             |
| Be   | ppm     | 0,1                | 48             | 48               | 0,3          | 3,6          | 1,08        | 0,95    | 0,73          |                    |             |
| Bi   | ppm     | 0,02               | 48             | 48               | 0,01         | 1,75         | 0,17        | 0,07    | 0,3           |                    |             |
| Ca   | %       | 0,01               | 48             | 48               | 0,03         | 6,28         | 0,65        | 0,12    | 1,44          |                    |             |
| Cd   | ppm     | 0,01               | 48             | 48               | 0,02         | 0,74         | 0,12        | 0,05    | 0,17          | 0,6                | 0,59        |
| Ce   | ppm     | 0,05               | 48             | 48               | 13,5         | 345,18       | 88,86       | 63,97   | 71,08         |                    |             |
| Co   | ppm     | 0,1                | 48             | 48               | 1,1          | 18,6         | 5,01        | 4,1     | 3,56          |                    | 50          |
| Cr   | ppm     | 1                  | 48             | 48               | 7,0          | 80,0         | 31,35       | 29,0    | 15,28         | 37,3               | 37,3        |
| Cs   | ppm     | 0,05               | 48             | 48               | 0,24         | 3,21         | 1,13        | 0,86    | 0,81          |                    |             |
| Cu   | ppm     | 0,5                | 48             | 48               | 2,5          | 97,7         | 19,51       | 14,65   | 19,6          | 35,7               | 35,7        |
| Fe   | %       | 0,01               | 48             | 48               | 0,53         | 6,04         | 2,34        | 2,38    | 1,1           |                    | 2,00%       |
| Ga   | ppm     | 0,1                | 48             | 48               | 1,8          | 22,9         | 9,08        | 8,65    | 5,28          |                    |             |
| Ge   | ppm     | 0,1                | 48             | 0                | -            | -            | -           | -       | -             |                    |             |
| Hf   | ppm     | 0,05               | 48             | 35               | 0,025        | 0,44         | 0,1         | 0,08    | 0,09          |                    |             |
| Hg   | ppm     | 0,01               | 48             | 36               | 0,005        | 0,68         | 0,06        | 0,02    | 0,11          | 0,17               | 0,17        |
| In   | ppm     | 0,02               | 48             | 31               | 0,01         | 0,06         | 0,02        | 0,02    | 0,02          |                    |             |
| K  | %       | 0,01               | 48             | 48               | 0,04         | 0,37         | 0,14        | 0,12    | 0,08          |                    |             |
| La   | ppm     | 0,1                | 48             | 48               | 8,00         | 162,9        | 40,43       | 27,25   | 34,71         |                    |             |
| Li   | ppm     | 1                  | 48             | 48               | 3,0          | 19,0         | 7,73        | 7,0     | 3,95          |                    |             |
| Lu   | ppm     | 0,01               | 48             | 48               | 0,005        | 0,2          | 0,09        | 0,08    | 0,04          |                    |             |
| Mg   | %       | 0,01               | 48             | 48               | 0,04         | 0,98         | 0,21        | 0,17    | 0,18          |                    |             |
| Mn   | ppm     | 5                  | 48             | 48               | 43           | 1246,00      | 249,27      | 194,5   | 212,94        |                    | 460         |
| Mo   | ppm     | 0,05               | 48             | 48               | 0,32         | 3,8          | 1,1         | 0,81    | 0,76          |                    |             |
| Na   | %       | 0,01               | 48             | 35               | 0,005        | 1,13         | 0,13        | 0,01    | 0,27          |                    |             |
| Nb   | ppm     | 0,05               | 48             | 48               | 0,54         | 6,16         | 1,6         | 1,32    | 1,1           |                    |             |
| Ni   | ppm     | 0,5                | 48             | 48               | 3,1          | 30,9         | 9,87        | 8,6     | 5,69          | 18                 | 18          |
| P  | ppm     | 50                 | 48             | 48               | 76           | 3151         | 647,56      | 340,5   | 742,66        |                    |             |
| Pb   | ppm     | 0,2                | 48             | 48               | 4,6          | 49,00        | 15,51       | 13,2    | 9,11          | 35                 | 35          |
| Rb   | ppm     | 0,2                | 48             | 48               | 3,7          | 72,00        | 20,94       | 16,45   | 16,56         |                    |             |
| Re   | ppm     | 0,1                | 48             | 0                | -            | -            | -           | -       | -             |                    |             |
| S  | %       | 0,01               | 48             | 45               | 0,005        | 1,67         | 0,24        | 0,05    | 0,54          |                    |             |
| Sb   | ppm     | 0,05               | 48             | 27               | 0,025        | 9,25         | 0,34        | 0,06    | 1,33          |                    |             |
| Sc   | ppm     | 0,1                | 48             | 48               | 1,1          | 11,5         | 4,53        | 4,3     | 2,61          |                    |             |
| Se   | ppm     | 1                  | 48             | 0                | -            | -            | -           | -       | -             |                    |             |
| Sn   | ppm     | 0,3                | 48             | 48               | 0,5          | 31,9         | 2,87        | 1,8     | 4,56          |                    |             |
| Sr   | ppm     | 0,5                | 48             | 48               | 8,2          | 658,4        | 67,75       | 19,95   | 151,12        |                    |             |
| Ta   | ppm     | 0,05               | 48             | 0                | -            | -            | -           | -       | -             |                    |             |
| Tb   | ppm     | 0,02               | 48             | 48               | 0,11         | 1,88         | 0,52        | 0,42    | 0,36          |                    |             |
| Te   | ppm     | 0,05               | 48             | 1                | 0,025        | 0,05         | -           | -       | -             |                    |             |
| Th   | ppm     | 0,1                | 48             | 48               | 1,00         | 128,8        | 26,67       | 19,35   | 24,697        |                    |             |
| Ti   | %       | 0,01               | 48             | 47               | 0,005        | 0,23         | 0,07        | 0,07    | 0,05          |                    |             |
| Tl   | ppm     | 0,02               | 48             | 46               | 0,01         | 0,61         | 0,16        | 0,13    | 0,12          |                    |             |
| U  | ppm     | 0,05               | 48             | 48               | 0,8          | 6,85         | 2,86        | 2,45    | 1,39          |                    |             |
| V  | ppm     | 1                  | 48             | 48               | 8,00         | 109,00       | 40,81       | 37,5    | 22,22         |                    |             |
| W  | ppm     | 0,1                | 48             | 13               | 0,05         | 0,5          | 0,08        | 0,05    | 0,08          |                    |             |
| Y  | ppm     | 0,05               | 48             | 48               | 2,93         | 23,5         | 10,01       | 9,01    | 4,99          |                    |             |
| Yb   | ppm     | 0,1                | 48             | 48               | 0,2          | 1,5          | 0,66        | 0,6     | 0,32          |                    |             |
| Zn   | ppm     | 1                  | 48             | 48               | 11,0         | 267,0        | 54,27       | 32,0    | 61,38         | 123                | 123         |
| Zr   | ppm     | 0,5                | 48             | 43               | 0,25         | 21,3         | 4,06        | 2,95    | 4,06          |                    |             |

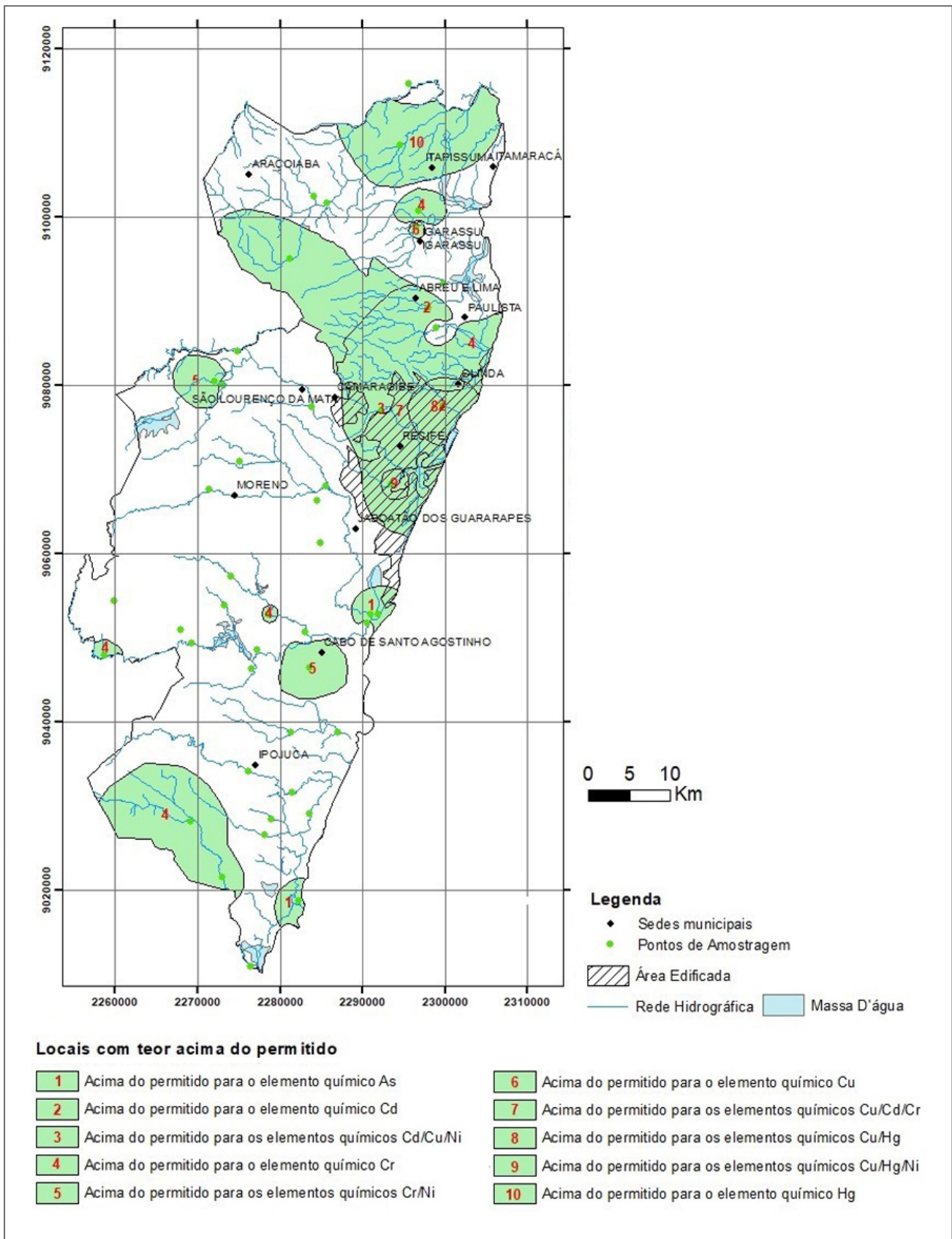
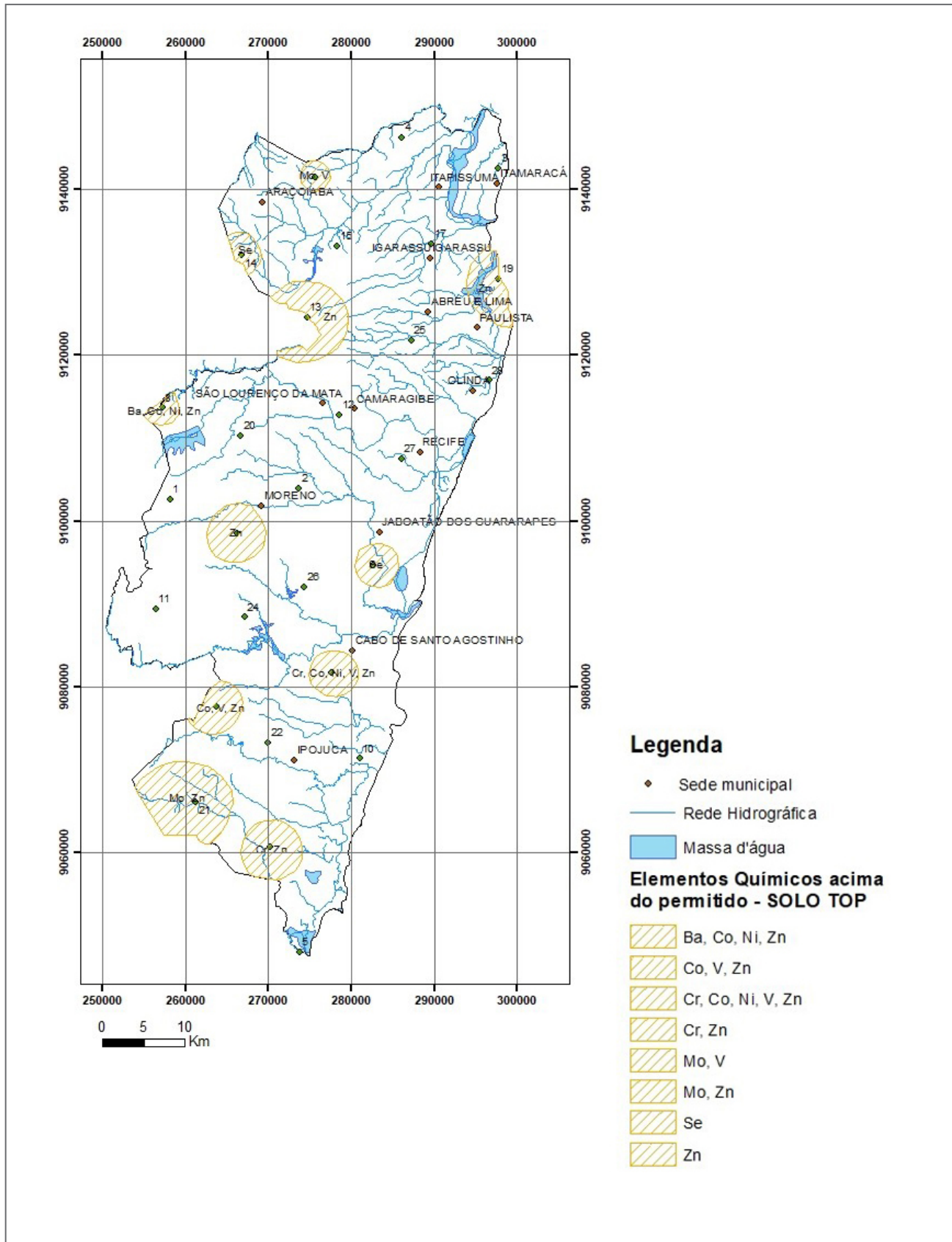


Figura 2: Mapa de anomalias geoquímicas em sedimento de fundo. Fonte: elaborado pelos autores.



**Figura 3:** Mapa de anomalias geoquímicas em solo superficial (Solo Top). Fonte: elaborado pelos autores.

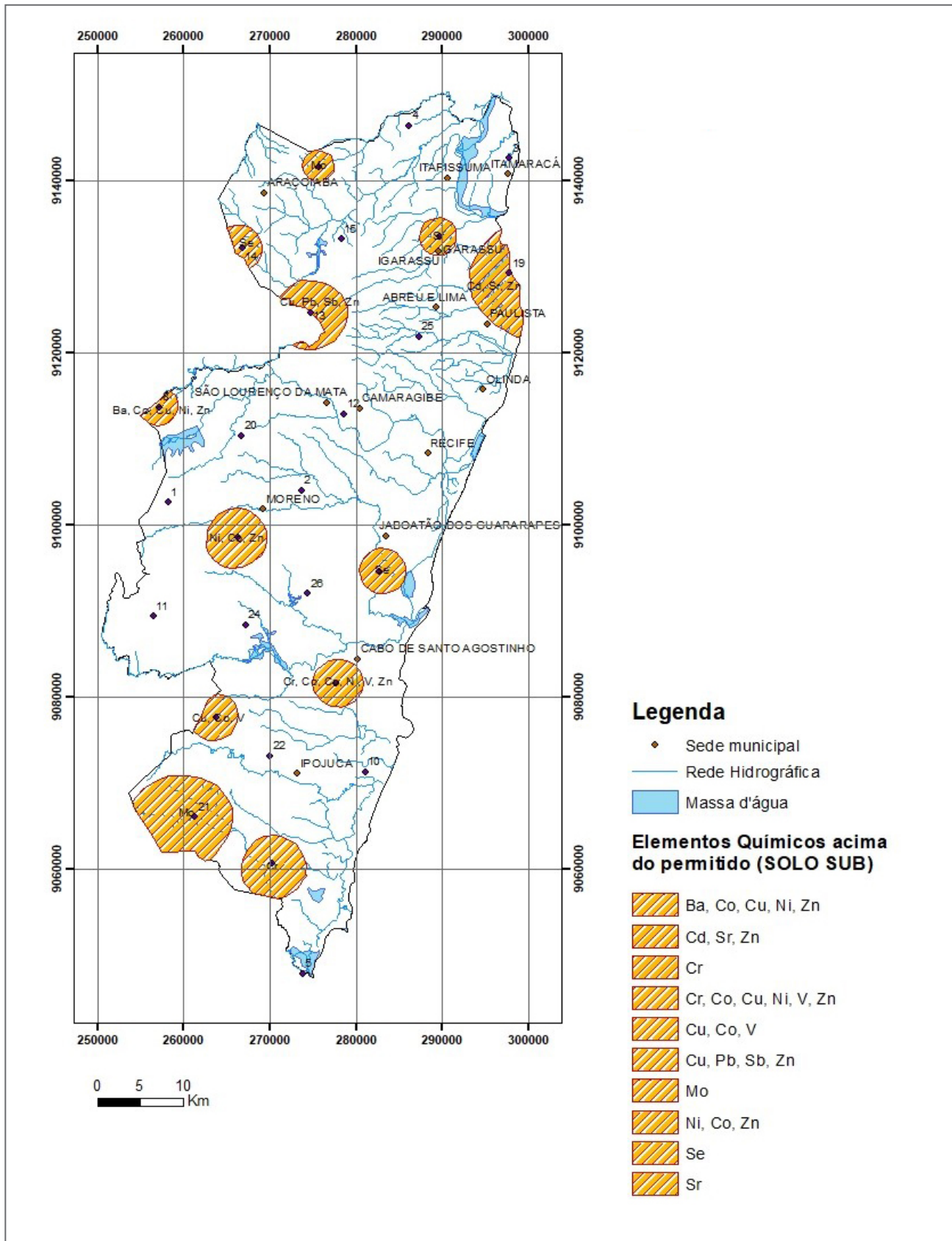


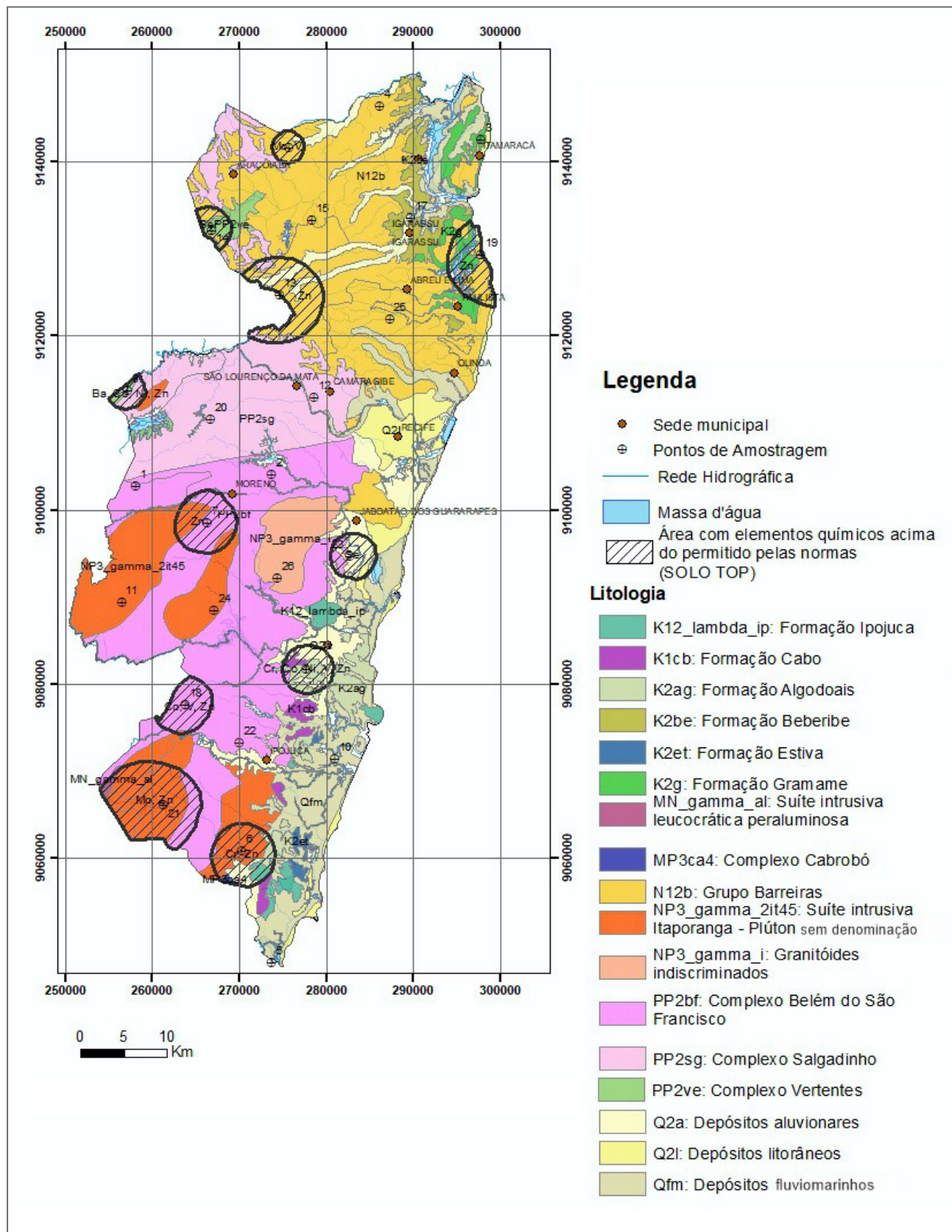
Figura 4: Mapa de anomalias geoquímicas em solo subsuperficial (Solo Sub). Fonte: elaborado pelos autores.

**Tabela 3:** Sumário estatístico com os resultados das amostras de solo Top coletadas e respectivos parâmetros legais.

| PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA SOLO TOP |         |                    |                   |                  |              |              |         |         |               | PARÂMETROS LEGAIS DE REFERÊNCIA |        |            |             |
|---------------------------------------|---------|--------------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|---------|---------|---------------|---------------------------------|--------|------------|-------------|
| Elemento                              | Unidade | Limite de Detecção | Número de Medidas | Medidas > Limite | Valor Mínimo | Valor Máximo | Média   | Mediana | Desvio Padrão | VQR MG                          | CETESB | CONAMA 420 | NOAA SQUIRT |
| Ag                                    | ppm     | 0,01               | 28                | 21               | 0,005        | 0,3          | 0,068   | 0,045   | 0,0767        | 0,45                            | 2      | 2          | -           |
| Al                                    | %       | 0,01               | 28                | 28               | 0,58         | 4,67         | 2,438   | 2,33    | 1,0076        | -                               | -      | -          | -           |
| As                                    | ppm     | 1                  | 28                | 16               | 0,5          | 7            | 1,857   | 1       | 1,6824        | 8                               | 15     | 15         | 0,9         |
| Au                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 0                | -            | -            | -       | -       | -             | -                               | -      | -          | -           |
| B                                     | ppm     | 10                 | 28                | 0                | -            | -            | -       | -       | -             | 11,5                            | -      | -          | -           |
| Ba                                    | ppm     | 5                  | 28                | 28               | 7            | 200          | 46,607  | 34,5    | 41,7836       | 93                              | 150    | 150        | 160         |
| Be                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 24               | 0,05         | 1,1          | 0,285   | 0,2     | 0,2655        | -                               | -      | -          | 1,1         |
| Bi                                    | ppm     | 0,02               | 28                | 26               | 0,01         | 0,24         | 0,092   | 0,08    | 0,0569        | -                               | -      | -          | -           |
| Ca                                    | %       | 0,01               | 28                | 25               | 0,005        | 1,02         | 0,116   | 0,035   | 0,2107        | -                               | -      | -          | -           |
| Cd                                    | ppm     | 0,01               | 28                | 27               | 0,005        | 0,26         | 0,038   | 0,03    | 0,0475        | 0,4                             | 1,3    | 1,3        | 0,8         |
| Ce                                    | ppm     | 0,05               | 28                | 28               | 3,73         | 142,05       | 34,742  | 21,825  | 35,4218       | -                               | -      | -          | -           |
| Co                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 28               | 0,3          | 16,5         | 2,232   | 0,85    | 3,7658        | 6                               | 25     | 25         | 2,4         |
| Cr                                    | ppm     | 1                  | 28                | 28               | 13           | 101          | 35,607  | 26,5    | 22,575        | 75                              | 75     | 75         | 0,38        |
| Cs                                    | ppm     | 0,05               | 28                | 28               | 0,12         | 2,59         | 0,797   | 0,385   | 0,7870        | -                               | -      | -          | -           |
| Cu                                    | ppm     | 0,5                | 28                | 28               | 2,2          | 46,2         | 11,971  | 5,8     | 12,1413       | 49,82                           | 60     | 60         | -           |
| Fe                                    | %       | 0,01               | 28                | 28               | 1,11         | 12,08        | 3,309   | 2,99    | 2,2119        | -                               | -      | -          | -           |
| Ga                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 28               | 2,1          | 33,8         | 16,689  | 15,3    | 8,5967        | -                               | -      | -          | -           |
| Ge                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 1                | 0,05         | 0,2          | 0,055   | 0,05    | 0,0283        | -                               | -      | -          | -           |
| Hf                                    | ppm     | 0,05               | 28                | 18               | 0,025        | 1,48         | 0,173   | 0,09    | 0,2904        | -                               | -      | -          | -           |
| Hg                                    | ppm     | 0,01               | 28                | 22               | 0,005        | 0,09         | 0,035   | 0,03    | 0,0253        | 0,03                            | 0,5    | 0,5        | 0,3         |
| In                                    | ppm     | 0,02               | 28                | 21               | 0,01         | 0,09         | 0,031   | 0,03    | 0,0199        | -                               | -      | -          | -           |
| K                                     | %       | 0,01               | 28                | 26               | 0,005        | 0,21         | 0,051   | 0,02    | 0,056         | -                               | -      | -          | -           |
| La                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 28               | 1,9          | 47,9         | 13,442  | 10      | 11,72         | -                               | -      | -          | -           |
| Li                                    | ppm     | 1                  | 28                | 15               | 0,5          | 5            | 1,625   | 1       | 1,636         | -                               | -      | -          | -           |
| Lu                                    | ppm     | 0,01               | 28                | 21               | 0,005        | 0,14         | 0,029   | 0,02    | 0,030         | -                               | -      | -          | -           |
| Mg                                    | %       | 0,01               | 28                | 27               | 0,005        | 0,18         | 0,048   | 0,025   | 0,048         | -                               | -      | -          | -           |
| Mn                                    | ppm     | 5                  | 28                | 28               | 15           | 682          | 123,035 | 76      | 143,9432      | -                               | -      | -          | -           |
| Mo                                    | ppm     | 0,05               | 28                | 28               | 0,3          | 3,93         | 1,541   | 1,305   | 0,8604        | 0,9                             | 30     | 30         | 3           |
| Na                                    | %       | 0,01               | 28                | 3                | 0,005        | 0,02         | 0,006   | 0,005   | 0,00399       | -                               | -      | -          | -           |
| Nb                                    | ppm     | 0,05               | 28                | 28               | 0,15         | 4,12         | 0,799   | 0,465   | 0,8604        | -                               | -      | -          | -           |
| Ni                                    | ppm     | 0,5                | 28                | 28               | 0,7          | 25,9         | 5,1607  | 3,65    | 5,4700        | 21,48                           | 30     | 30         | 0,26        |
| P                                     | ppm     | 50                 | 28                | 28               | 52           | 1564         | 385,25  | 287,5   | 380,5718      | -                               | -      | -          | -           |
| Pb                                    | ppm     | 0,2                | 28                | 28               | 2,7          | 101,7        | 16,207  | 12,9    | 18,1902       | 19,5                            | 72     | 72         | 55          |
| Rb                                    | ppm     | 0,2                | 28                | 28               | 0,5          | 41,9         | 8,978   | 3,15    | 12,1715       | -                               | -      | -          | -           |
| Re                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 0                | -            | -            | -       | -       | -             | -                               | -      | -          | -           |
| S                                     | %       | 0,01               | 28                | 28               | 0,01         | 0,08         | 0,029   | 0,03    | 0,015         | -                               | -      | -          | -           |
| Sb                                    | ppm     | 0,05               | 28                | 11               | 0,025        | 1,37         | 0,141   | 0,025   | 0,271         | 0,5                             | 2      | 2          | 3           |
| Sc                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 28               | 0,9          | 22,1         | 5,060   | 2,6     | 5,736         | -                               | -      | -          | -           |
| Se                                    | ppm     | 1                  | 28                | 9                | 0,5          | 2            | 0,696   | 0,5     | 0,342         | 0,51                            | 5      | 5          | 0,7         |
| Sn                                    | ppm     | 0,3                | 28                | 28               | 0,4          | 9,9          | 2,210   | 1,8     | 1,844         | -                               | -      | -          | 19          |
| Sr                                    | ppm     | 0,5                | 28                | 28               | 1,6          | 82,3         | 14,675  | 9,1     | 19,4171       | 9,47                            | -      | -          | -           |
| Ta                                    | ppm     | 0,05               | 28                | 0                | -            | -            | -       | -       | -             | -                               | -      | -          | -           |
| Tb                                    | ppm     | 0,02               | 28                | 27               | 0,01         | 0,71         | 0,194   | 0,16    | 0,1698        | -                               | -      | -          | -           |
| Te                                    | ppm     | 0,05               | 28                | 1                | 0,025        | 0,06         | 0,026   | 0,025   | 0,0066        | -                               | -      | -          | -           |
| Th                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 28               | 2,2          | 44,2         | 16,9    | 15      | 10,0754       | -                               | -      | -          | -           |
| Ti                                    | %       | 0,01               | 28                | 26               | 0,005        | 0,29         | 0,036   | 0,02    | 0,054         | -                               | -      | -          | -           |
| Tl                                    | ppm     | 0,02               | 28                | 25               | 0,01         | 0,5          | 0,092   | 0,06    | 0,1110        | -                               | -      | -          | 1           |
| U                                     | ppm     | 0,05               | 28                | 28               | 0,32         | 5,02         | 1,338   | 1,025   | 1,0370        | -                               | -      | -          | -           |
| V                                     | ppm     | 1                  | 28                | 28               | 14           | 200          | 67,25   | 56      | 44,2297       | 128,51                          | 275    | -          | 42          |
| W                                     | ppm     | 0,1                | 28                | 4                | 0,05         | 0,3          | 0,075   | 0,05    | 0,0645        | -                               | -      | -          | -           |
| Y                                     | ppm     | 0,05               | 28                | 28               | 0,34         | 12,47        | 3,016   | 2,255   | 2,657         | -                               | -      | -          | -           |
| Yb                                    | ppm     | 0,1                | 28                | 19               | 0,05         | 1            | 0,216   | 0,15    | 0,219         | -                               | -      | -          | -           |
| Zn                                    | ppm     | 1                  | 28                | 28               | 5            | 87           | 23,785  | 18      | 21,5807       | 46,3                            | 60,00  | 300,00     | 16,00       |
| Zr                                    | ppm     | 0,5                | 28                | 28               | 0,7          | 59           | 7,057   | 2,25    | 11,798        | -                               | -      | -          | -           |

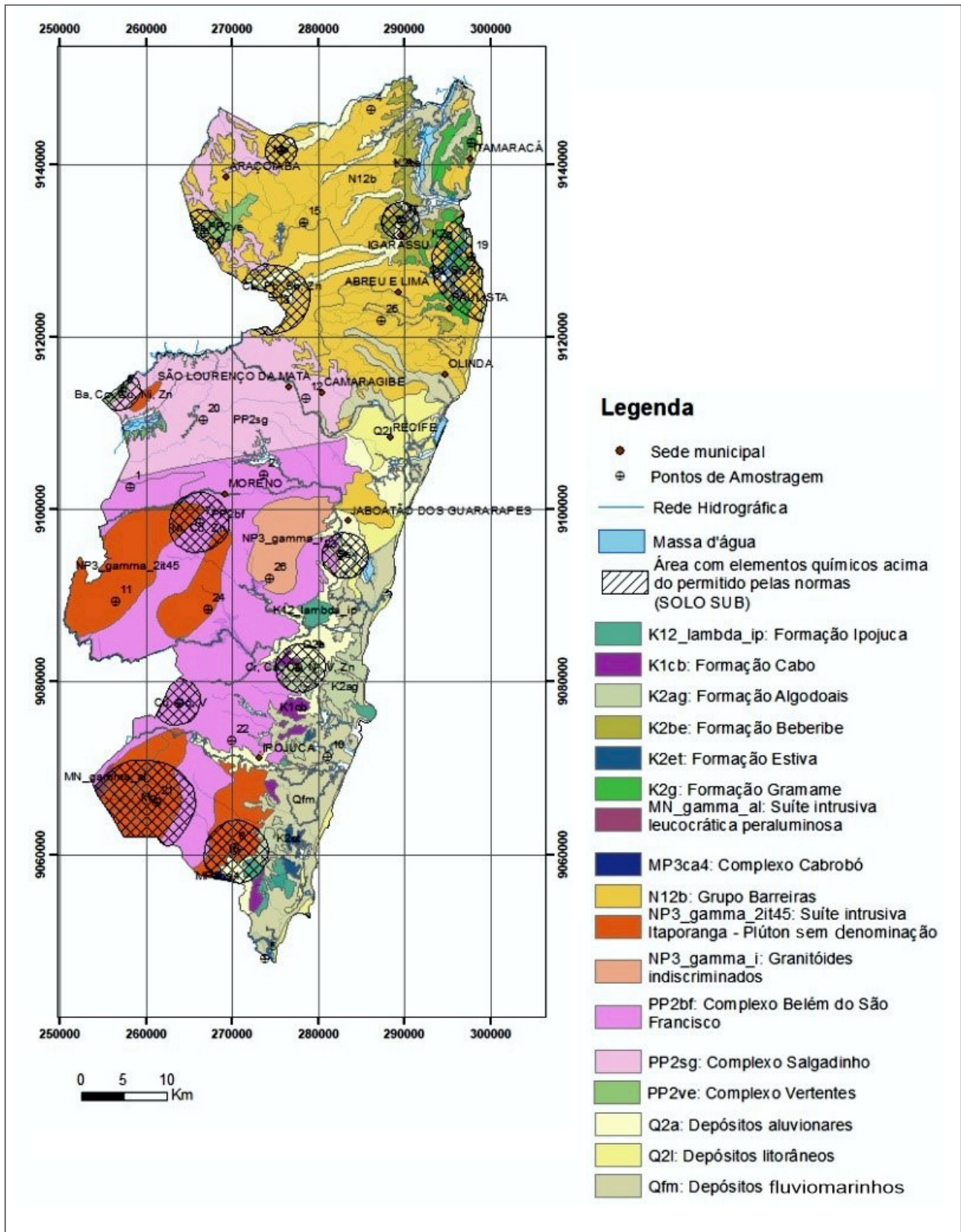
**Tabela 4:** Sumário estatístico com os resultados das amostras de solo Sub, coletadas e respectivos parâmetros legais.

| PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA SOLO SUB |         |                    |                   |                  |              |              |        |         |               | PARÂMETROS LEGAIS DE REFERÊNCIA |        |            |             |
|---------------------------------------|---------|--------------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|--------|---------|---------------|---------------------------------|--------|------------|-------------|
| Elemento                              | Unidade | Limite de Detecção | Número de Medidas | Medidas > Limite | Valor Mínimo | Valor Máximo | Média  | Mediana | Desvio Padrão | VQR MG                          | CETESB | CONAMA 420 | NOAA SQuIRT |
| Ag                                    | ppm     | 0,01               | 26                | 16               | 0,005        | 0,42         | 0,066  | 0,03    | 0,10          | 0,45                            | 2      | 2          | -           |
| Al                                    | %       | 0,01               | 26                | 26               | 0,48         | 4,43         | 2,594  | 2,725   | 1,03          | -                               | -      | -          | -           |
| As                                    | ppm     | 1                  | 26                | 15               | 0,5          | 7            | 1,596  | 1       | 1,503         | 8                               | 15     | 15         | 0,9         |
| Au                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 0                | 0,05         | 0,05         | 0,05   | 0,05    | 1,415         | -                               | -      | -          | -           |
| B                                     | ppm     | 10                 | 26                | 0                | 0,5          | 0,5          | 0,5    | 0,5     | 0             | 11,5                            | -      | -          | -           |
| Ba                                    | ppm     | 5                  | 26                | 26               | 5            | 171          | 49,230 | 33      | 48,955        | 93                              | 150    | 150        | 160         |
| Be                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 20               | 0,05         | 1,2          | 0,311  | 0,25    | 0,311         | -                               | -      | -          | 1,1         |
| Bi                                    | ppm     | 0,02               | 26                | 24               | 0,01         | 0,24         | 0,091  | 0,075   | 0,066         | -                               | -      | -          | -           |
| Ca                                    | %       | 0,01               | 26                | 17               | 0,005        | 1,59         | 0,102  | 0,025   | 0,309         | -                               | -      | -          | -           |
| Cd                                    | ppm     | 0,01               | 26                | 21               | 0,005        | 0,16         | 0,025  | 0,02    | 0,030         | 0,04                            | 1,3    | 1,3        | 0,8         |
| Ce                                    | ppm     | 0,05               | 26                | 26               | 2,96         | 275,4        | 40,061 | 22,985  | 56,179        | -                               | -      | -          | -           |
| Co                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 26               | 0,2          | 15,9         | 2,242  | 0,85    | 3,840         | 6                               | 25     | 25         | 2,4         |
| Cr                                    | ppm     | 1                  | 26                | 26               | 6            | 95           | 36,730 | 27,5    | 23,89         | 75                              | 75     | 75         | 0,38        |
| Cs                                    | ppm     | 0,05               | 26                | 26               | 0,08         | 3,75         | 0,952  | 0,46    | 1,0450        | -                               | -      | -          | -           |
| Cu                                    | ppm     | 0,5                | 26                | 26               | 1,9          | 125,4        | 12,915 | 5,4     | 24,273        | 49,82                           | 60     | 60         | -           |
| Fe                                    | %       | 0,01               | 26                | 26               | 0,64         | 11,59        | 3,495  | 2,67    | 2,233         | -                               | -      | -          | -           |
| Ga                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 26               | 2,2          | 37,7         | 18,311 | 18,65   | 9,300         | -                               | -      | -          | -           |
| Ge                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 4                | 0,05         | 0,2          | 0,0615 | 0,05    | 0,032         | -                               | -      | -          | -           |
| Hf                                    | ppm     | 0,05               | 26                | 23               | 0,025        | 1,56         | 0,237  | 0,105   | 0,33          | -                               | -      | -          | -           |
| Hg                                    | ppm     | 0,01               | 26                | 20               | 0,005        | 0,09         | 0,036  | 0,03    | 0,02          | 0,03                            | 0,5    | 0,5        | 0,3         |
| In                                    | ppm     | 0,02               | 26                | 20               | 0,01         | 0,09         | 0,035  | 0,03    | 0,020         | -                               | -      | -          | -           |
| K                                     | %       | 0,01               | 26                | 22               | 0,005        | 0,47         | 0,057  | 0,02    | 0,09          | -                               | -      | -          | -           |
| La                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 26               | 1,6          | 58,4         | 13,530 | 8,1     | 14,342        | -                               | -      | -          | -           |
| Li                                    | ppm     | 1                  | 26                | 17               | 0,5          | 12           | 1,9423 | 1       | 2,483         | -                               | -      | -          | -           |
| Lu                                    | ppm     | 0,01               | 26                | 19               | 0,005        | 0,19         | 0,0328 | 0,01    | 0,048         | -                               | -      | -          | -           |
| Mg                                    | %       | 0,01               | 26                | 21               | 0,005        | 0,55         | 0,051  | 0,02    | 0,106         | -                               | -      | -          | -           |
| Mn                                    | ppm     | 5                  | 26                | 26               | 15           | 524          | 97,65  | 49,5    | 115,701       | -                               | -      | -          | -           |
| Mo                                    | ppm     | 0,05               | 26                | 26               | 0,4          | 4,56         | 1,646  | 1,39    | 0,99          | 0,9                             | 30     | 30         | 3           |
| Na                                    | %       | 0,01               | 26                | 2                | 0,005        | 0,02         | 0,0057 | 0,005   | 0,003         | -                               | -      | -          | -           |
| Nb                                    | ppm     | 0,05               | 26                | 26               | 0,15         | 2,5          | 0,625  | 0,38    | 0,620         | -                               | -      | -          | -           |
| Ni                                    | ppm     | 0,5                | 26                | 26               | 1,6          | 22           | 5,046  | 3,45    | 4,714         | 21,48                           | 30     | 30         | 0,26        |
| P                                     | ppm     | 50                 | 26                | 25               | 25           | 1174         | 269,15 | 162     | 272,95        | -                               | -      | -          | -           |
| Pb                                    | ppm     | 0,2                | 26                | 26               | 2,7          | 85,3         | 14,915 | 11,2    | 15,922        | 19,5                            | 72     | 72         | 55          |
| Rb                                    | ppm     | 0,2                | 26                | 26               | 0,3          | 79,7         | 10,1   | 3,3     | 18,517        | -                               | -      | -          | -           |
| Re                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 0                | 0,05         | 0,05         | 0,05   | 0,05    | 1,415         | -                               | -      | -          | -           |
| S                                     | %       | 0,01               | 26                | 25               | 0,005        | 0,09         | 0,029  | 0,02    | 0,02          | -                               | -      | -          | -           |
| Sb                                    | ppm     | 0,05               | 26                | 7                | 0,025        | 1,98         | 0,152  | 0,025   | 0,392         | 0,5                             | 2      | 2          | 3           |
| Sc                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 26               | 0,7          | 26,1         | 6,1    | 2,85    | 6,90          | -                               | -      | -          | -           |
| Se                                    | ppm     | 1                  | 26                | 4                | 0,5          | 2            | 0,653  | 0,5     | 0,418         | 0,51                            | 5      | 5          | 0,7         |
| Sn                                    | ppm     | 0,3                | 26                | 26               | 0,5          | 6,9          | 2,12   | 1,9     | 1,464         | -                               | -      | -          | 19          |
| Sr                                    | ppm     | 0,5                | 26                | 26               | 0,8          | 176,8        | 19,207 | 8,95    | 38,65         | 9,47                            | -      | -          | -           |
| Ta                                    | ppm     | 0,05               | 26                | 0                | 0,025        | 0,025        | 0,025  | 0,025   | 7,076         | -                               | -      | -          | -           |
| Tb                                    | ppm     | 0,02               | 26                | 25               | 0,01         | 0,81         | 0,203  | 0,135   | 0,226         | -                               | -      | -          | -           |
| Te                                    | ppm     | 0,05               | 26                | 1                | 0,025        | 0,09         | 0,027  | 0,025   | 0,012         | -                               | -      | -          | -           |
| Th                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 26               | 1,8          | 42,1         | 19,446 | 17,15   | 10,00         | -                               | -      | -          | -           |
| Ti                                    | %       | 0,01               | 26                | 24               | 0,005        | 0,26         | 0,039  | 0,02    | 0,051         | -                               | -      | -          | -           |
| Tl                                    | ppm     | 0,02               | 26                | 22               | 0,01         | 0,77         | 0,111  | 0,06    | 0,1607        | -                               | -      | -          | 1           |
| U                                     | ppm     | 0,05               | 26                | 26               | 0,32         | 5,08         | 1,365  | 1,15    | 1,098         | -                               | -      | -          | -           |
| V                                     | ppm     | 1                  | 26                | 26               | 11           | 194          | 73,19  | 65,5    | 47,89         | 128,51                          | 275    | -          | 42          |
| W                                     | ppm     | 0,1                | 26                | 2                | 0,05         | 0,2          | 0,05   | 0,05    | 0,030         | -                               | -      | -          | -           |
| Y                                     | ppm     | 0,05               | 26                | 26               | 0,27         | 15,77        | 3,2384 | 1,835   | 3,898         | -                               | -      | -          | -           |
| Yb                                    | ppm     | 0,1                | 26                | 15               | 0,05         | 1,3          | 0,240  | 0,1     | 0,350         | -                               | -      | -          | -           |
| Zn                                    | ppm     | 1                  | 26                | 26               | 4            | 67           | 20,269 | 12,5    | 19,18         | 46,3                            | 60,00  | 300,00     | 16,00       |
| Zr                                    | ppm     | 0,5                | 26                | 26               | 1            | 56,8         | 9,619  | 4,95    | 12,715        | -                               | -      | -          | -           |



**Figura 5:** Áreas com valores acima do permitido para Solo Top sobre base geológica.  
Fonte: efetuado pelos autores.





**Figura 6:** Áreas com valores acima do permitido para Solo Sub sobre base geológica.  
Fonte: efetuado pelos autores.

## ■ DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na área estudada, foram encontradas no total 258 violações em todos os meios amostrais, como pode ser verificado na Tabela 5.

**Tabela 5:** Número de violações dos elementos químicos analisados a cada valor indicativo ou a legislação brasileira por meio amostral.

| NÚMERO DE VIOLAÇÕES POR ELEMENTO EM CADA MEIO AMOSTRADO |      |           |          |          |       |
|---|------|-----------|----------|----------|-------|
| ELEMENTO  | ÁGUA | SEDIMENTO | SOLO TOP | SOLO SUB | TOTAL |
| As  |      | 3         |          | 15       | 18    |
| B   | 3    |           |          |          | 3     |
| Ba  |      |           | 3        | 5        | 8     |
| Cd  |      | 3         |          | 2        | 5     |
| Co  |      |           | 5        | 3        | 8     |
| Cr  |      | 3         |          | 2        | 5     |
| Cu  | 2    | 5         |          | 1        | 8     |
| Fe  | 15   |           |          |          | 15    |
| Hg  |      | 4         | 10       | 12       | 26    |
| Mn  | 6    |           |          |          | 6     |
| Mo  |      |           | 25       | 21       | 46    |
| Na  | 6    |           |          |          | 6     |
| Ni  |      | 4         | 28       | 1        | 33    |
| Pb  |      | 3         |          | 5        | 8     |
| Sb  | 1    |           |          | 2        | 3     |
| Se  |      |           | 9        | 3        | 12    |
| Sr  |      |           | 14       | 11       | 25    |
| V   |      |           | 3        | 4        | 7     |
| Zn  | 3    | 4         | 4        | 5        | 16    |
| TOTAL   | 36   | 29        | 101      | 92       | 258   |

Fonte: elaborada pelos autores

Alguns elementos como o Mo e Ni possuem uma expressiva quantidade de amostras com valores acima do permitido, mas pode ser explicado pelo baixo e discrepante valor das normas do NOAA SQuiRT 2008 (TEL) em relação às outras normas vigentes.

Para água superficial foram encontradas 36 violações, sendo que o elemento que possui maior quantidade é o Fe, que, possivelmente, está sendo mobilizado pelo intemperismo natural das rochas, assim como o Mn e o Na. Já o B pode ser mobilizado das rochas metassedimentares. Os elementos Cu, Sb e Zn podem ter origem em alguma fonte de poluição antrópica.

Já para os sedimentos de fundo, que geralmente apresentam uma contaminação mais antiga dos leitos dos rios, ou seja, foram mobilizados pelo intemperismo químico ou físico e depositados em seus leitos, ocorrem 29 violações, que podem estar ligadas à poluição, como o Cd, Cu e Zn. Além disso, o As, Cr, Hg, Ni, Pb podem acumular-se devido ao intemperismo de rochas do embasamento cristalino.

Para as amostras de solos, é comum que a camada existente no topo do horizonte B possua os maiores valores de metais do perfil de solo. Ou seja, os valores das amostras do solo de subsuperfície (Solo Sub) devem ser mais elevados que os de superfície (Solos Top). Quando isso não ocorre, é constatado que alguma fonte externa modificou o que seria o natural. E, assim, pode indicar uma poluição de origem antrópica, como deposição de lixo ou até mesmo um deslocamento desse solo, promovido por movimentos de massa. Na área de estudo, em nenhum dos pontos ocorre essa diferença, sendo que todos os elementos químicos que estão acima do limite no Solo Top, também ocorrem no Solo Sub.

De maneira geral, os elementos químicos que estão acima dos limites legais encontram-se no centro-sul da área estudada, nas porções do embasamento cristalino. Deve-se atentar para os elementos potencialmente tóxicos, como As, B, Co, Cd, Hg, Mo, Sb, Se e Sr, que estão presentes nos diversos meios amostrais, pois eles podem ser prejudiciais à saúde, dependendo do contato, quantidade e tempo de exposição.

## ■ CONCLUSÕES E SUGESTÕES

As 258 violações às legislações ou aos valores orientativos dos diversos organismos utilizados estão concentradas em alguns locais que merecem trabalhos de maior detalhe ou de monitoramento das respectivas bacias hidrográficas. Esses locais estão representados na Figura 7.

Uma grande área a norte, caracterizada pela presença de Hg no Rio Botafogo, no município de Itapissuma.

Uma grande faixa com direção E-W cruzando toda a área da RMR, desde as cabeceiras dos rios Araçá e Utinga até a foz do Rio Jardim, abrangendo as sedes municipais de Abreu e Lima e Paulista. Na região ocorrem anomalias de solo dos elementos Cu, Pb, Sb e Zn, nas cabeceiras a W, e de Cd, Sr e Zn, na foz a E, com regiões anômalas em água superficial para Sb, Cu, Mn e Zn, e Cd em sedimento.

Outra grande região, próxima à cidade de Recife, que estende-se até São Lourenço da Mata, Olinda e Jaboatão dos Guararapes, com anomalias de Zn, em águas superficiais, e de Cd, Cu, Cr, Hg e Ni, em sedimentos.

Duas pequenas regiões isoladas, com anomalias de Ni, Co e Zn, em solo próximo a Moreno, na foz do Rio Capiberibe até a cidade de Cabo de Santo Agostinho e com anomalias de Cr, Co, Ce, Ni, V e Zn em solo, Zn em águas superficiais e As em sedimento.

Na porção sul da RMR, temos a última grande área entre os rios Ipojuca e Sibiró do Meio, com uma grande anomalia de Sb, Cu e Zn em águas superficiais e As em sedimento.

Todas essas regiões devem ser submetidas a estudos de maior detalhe, visando definir a origem geogênica ou antropogênica dos valores encontrados e a implantação de um sistema de monitoramento nas águas superficiais e sedimentos, com a coleta de amostras anualmente até definição de período ideal de amostragem, tornando assim, a Região Metropolitana de Recife um local mais saudável para seus habitantes.

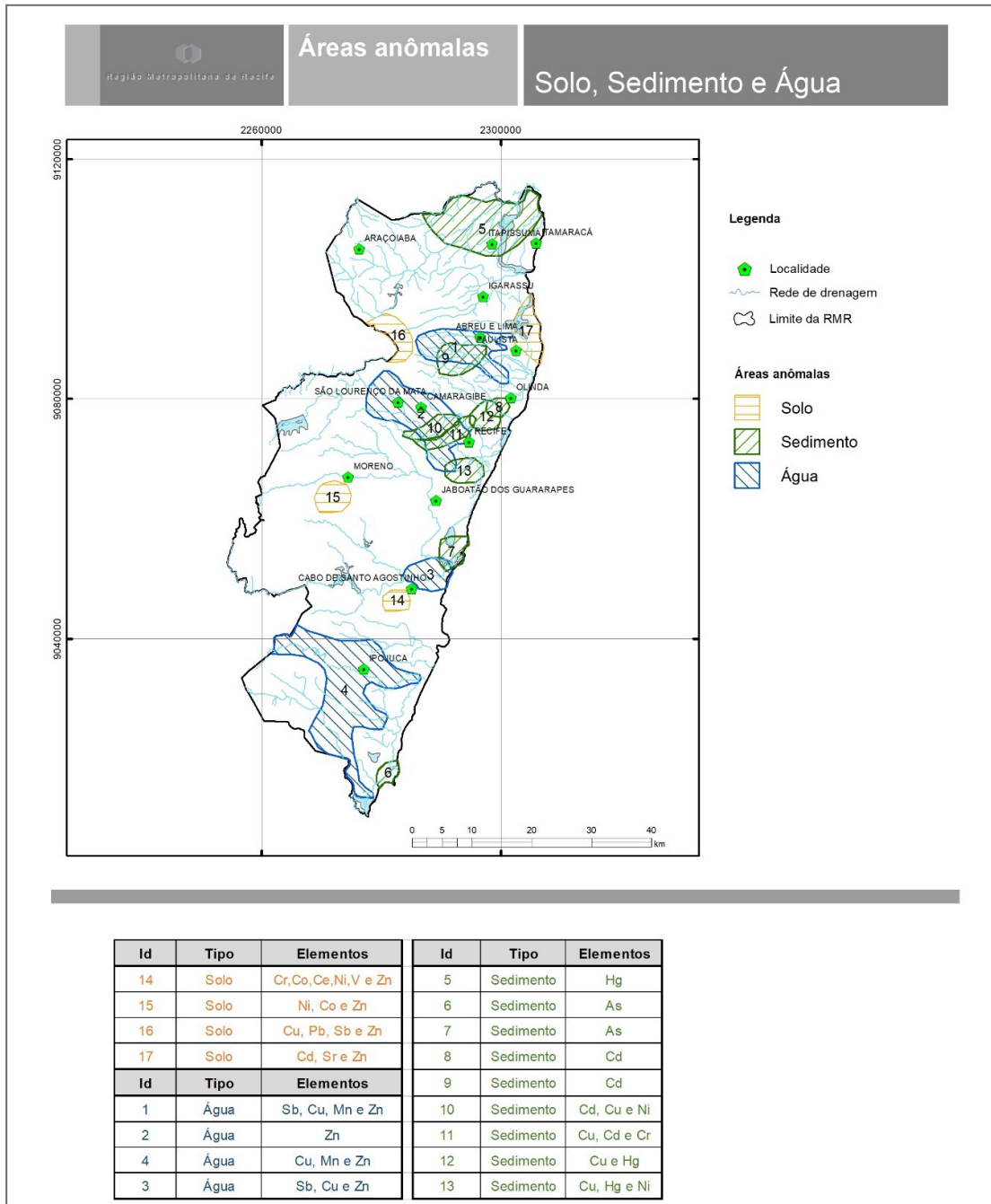


Figura 7: Áreas com necessidades de trabalhos de detalhe ou monitoramento. Fonte: efetuado pelos autores.

## REFERÊNCIAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. **Hazardous substances release:** health effect database. Atlanta: Public Health Statement, 1995. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=107>. Acesso em: 18 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS 2914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: MS, 2011

BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Brasília, DF: MMA, 2005. p. 23.

BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 396**, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF: MMA, 2008. p. 11.

BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF: MMA, 2009. p.16.

BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 454**, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Brasília, DF: MMA, 2012. p. 17.

BUCHMAN, M. F. **NOAA screening quick reference tables**. Seattle, WA: NOAA, 2008. 34 p. (NOAA OR & R Report, 08-1). Disponível em: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/9327>. Acesso em: 18 fev. 2022.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Decisão de Diretoria nº 195-2005-E**, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo - 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/solo/wp-content/uploads/sites/18/2014/12/tabela\\_valores\\_2005.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/solo/wp-content/uploads/sites/18/2014/12/tabela_valores_2005.pdf). Acesso em: 18 fev. 2022.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (MG) - COPAM. **Deliberação Normativa nº 166**, de 29 jun. 2011. Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2, de 6 set. 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18414>. Acesso em: 18 fev. 2022.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1992.

KOLJONEN, T. (ed.). **The geochemical atlas of Finland:** part 2 - till. Espoo: Geological Survey of Finland, 1992.

LIMA FILHO, M. F.; PEDROSA, F. J. A.; MEDEIROS, A. B.; BRITO, M. F. I.; ARAÚJO, R. D.; NÓBREGA, V. A.; MOTA, J. A. Geologia da Bacia do Cabo- PE. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3., 1994, Rio Claro. **Boletim de Resumos [...]**. Rio Claro: SBG, 1994. p. 45-46.

LOPES JUNIOR, I. **Atlas geoquímico do vale do Ribeira:** geoquímica dos sedimentos ativos de corrente. 2. ed. rev. São Paulo: CPRM, 2007.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. - MINEROPAR. **Geoquímica de solo:** horizonte B - relatório final de projeto. Curitiba: MINEROPAR, 2005.

SUMÁRIO MINERAL 2009. Brasília: DNPM, v. 29, jun. 2010. 104 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for drinking-water quality:** 2011. Disponível em: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/water-safety-and-quality/drinking-water-quality-guidelines>. Acesso em: 18/02/2022.

# **APÊNDICE I**

**Tabela de localização e resultados  
analíticos em seus respectivos  
meios amostrais**

**Tabela 6:** Localização das Amostras de Solo

| LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLO |         |            |          |           |          |  |
|--|---------|------------|----------|-----------|----------|--|
| Numero_campo   | Num_Lab | Data       | Latitude | Longitude | Altitude | Localização                                |
| EV-L-0001A   | FFU687  | 06/06/2018 | -35,1945 | -8,1124   | 159      | Base da cruz                               |
| EV-L-0001B   | FFU700  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0002A   | FFU688  | 06/06/2018 | -35,0537 | -8,1009   | 57       | Vargem Fria                                |
| EV-L-0002B   | FFU701  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0003A   | FFU689  | 06/06/2018 | -34,9409 | -8,0691   | 13       | Em frente ao Hospital da Mulher            |
| EV-L-0004A   | FFU690  | 07/06/2018 | -34,8448 | -7,9843   | 16       | Área de aterro                             |
| EV-L-0005A   | FFU691  | 08/06/2018 | -34,8336 | -7,753    | 28       | Oiteiro - Itamaracá                        |
| EV-L-0005B   | FFU702  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0006A   | FFU692  | 08/06/2018 | -34,938  | -7,7185   | 83       | Lado direito da BR-101 sentido Joao Pessoa |
| EV-L-0006B   | FFU703  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0007A   | FFU693  | 08/06/2018 | -35,0555 | -8,6074   | 6        | Barra do Sirinhanhém                       |
| EV-L-0007B   | FFU704  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0008A   | FFU694  | 11/06/2018 | -35,0871 | -8,491    | 11       | Carmela                                    |
| EV-L-0008B   | FFU705  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0009A   | FFU695  | 12/06/2018 | -35,1211 | -8,15     | 97       | Engenho Mato Grosso - Moreno               |
| EV-L-0009B   | FFU706  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0010A   | FFU696  | 12/06/2018 | -35,2025 | -8,0123   | 109      | Próximo ao Chão de Alegria.                |
| EV-L-0010B   | FFU707  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0011A   | FFU697  | 13/06/2018 | -35,0184 | -8,3028   | 13       | Em frente ao Shopping Costa Dourada        |
| EV-L-0011B   | FFU708  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0012A   | FFU698  | 13/06/2018 | -34,9881 | -8,3965   | 10       | Entrando Porto Suape                       |
| EV-L-0012B   | FFU709  |            |          |           |          |  |
| EV-L-0013A   | FFU699  | 15/06/2018 | -35,2101 | -8,232    | 100      | Próximo ao EVS-27                          |
| EV-L-0013B   | FFU710  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0001A   | FFU711  | 07/08/2018 | -35,0085 | -8,0209   | 75       | Campo de futebol                           |
| PL-L-0001B   | FFU726  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0002A   | FFU712  | 07/08/2018 | -35,0434 | -7,9143   | 95       | Estrada de Aldeia - Paudalho               |
| PL-L-0002B   | FFU727  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0003A   | FFU713  | 07/08/2018 | -35,1148 | -7,8463   | 185      | Campo do Exército                          |
| PL-L-0003B   | FFU728  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0004A   | FFU714  | 08/08/2018 | -35,01   | -7,837    | 130      | Engenho d'água                             |
| PL-L-0004B   | FFU729  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0005A   | FFU715  | 08/08/2018 | -35,0335 | -7,7612   | 66       | Três Ladeiras                              |
| PL-L-0005B   | FFU730  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0006A   | FFU716  | 08/08/2018 | -34,906  | -7,8351   | 26       | Igarassu Centro                            |
| PL-L-0006B   | FFU731  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0007A   | FFU717  | 09/08/2018 | -35,1444 | -8,3389   | 76       | Município de Escada                        |
| PL-L-0007B   | FFU732  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0008A   | FFU718  | 09/08/2018 | -34,8338 | -7,8736   | 64       | Maria Farinha                              |
| PL-L-0008B   | FFU733  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0009A   | FFU719  | 06/08/2018 | -35,1168 | -8,0431   | 149      | São Lourenço da Mata                       |
| PL-L-0009B   | FFU734  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0010A   | FFU720  | 07/08/2018 | -35,1682 | -8,4428   | 56       | Ipojuca                                    |
| PL-L-0010B   | FFU735  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0011A   | FFU721  | 07/08/2018 | -35,0883 | -8,3788   | 97       | Usina Ipojuca                              |
| PL-L-0011B   | FFU736  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0012A   | FFU722  | 07/08/2018 | -34,9721 | -8,1856   | 6        | BR 101 Comportas                           |
| PL-L-0012B   | FFU737  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0013A   | FFU723  | 07/08/2018 | -35,1134 | -8,2412   | 114      | Usina Bom Jesus Acesso                     |
| PL-L-0013B   | FFU738  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0014A   | FFU724  | 20/08/2018 | -34,9295 | -7,9401   | 64       | Próximo ao Clube Sitio do Pica-Pau Amarelo |
| PL-L-0014B   | FFU739  |            |          |           |          |  |
| PL-L-0015A   | FFU725  | 20/08/2018 | -35,0477 | -8,2088   | 85       | Usina Bom Jesus                            |
| PL-L-0015B   | FFU740  |            |          |           |          |  |

Fonte: elaborada pelos autores

**Tabela 7:** Localização das Amostras de Água e Sedimento

| LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO |                    |                   |            |         |          |          |  |
|--|--------------------|-------------------|------------|---------|----------|----------|--|
| Número Campo   | Número Laboratório | Material coletado | Data       | LAT     | LONG     | Altitude | Localização                                  |
| EV-A-002   | FUU541             | AGFV              | 05/06/2018 | -8,2374 | -34,9366 | 5        | Rio Candeias Piedade                         |
| EV-A-011   | FUU550             | AGFV              | 05/06/2018 | -7,7521 | -34,9329 | 10       | Rio Botafogo                                 |
| EV-S-002   | FFU781             | ALUV              | 05/06/2018 | -8,2374 | -34,9366 | 5        | Rio Candeias Piedade                         |
| EV-S-011   | FFU788             | ALUV              | 05/06/2018 | -7,7521 | -34,9329 | 10       | Rio Botafogo                                 |
| EV-A-001   | FUU540             | AGFV              | 06/06/2018 | -8,2589 | -35,0129 | 11       | Rio Gurjaú                                   |
| EV-A-003   | FUU542             | AGFV              | 06/06/2018 | -8,1159 | -35,1205 | 98       | Rio Jaboatão - Moreno                        |
| EV-A-004   | FUU543             | AGFV              | 06/06/2018 | -8,086  | -35,09   | 55       | Rio duas Unas                                |
| EV-A-005   | FUU544             | AGFV              | 06/06/2018 | -8,1117 | -35,0128 | 15       | Jaboatão Centro, Rio Duas Unas               |
| EV-A-008   | FUU547             | AGFV              | 06/06/2018 | -7,9185 | -34,8966 | 9        | Timbó - Rio Branco                           |
| EV-A-009   | FUU548             | AGFV              | 06/06/2018 | -7,9394 | -34,888  | 15       | Jardim Paulista Rio Mirueira                 |
| EV-S-001   | FFU780             | ALUV              | 06/06/2018 | -8,2589 | -35,0129 | 11       | Rio Gurjaú                                   |
| EV-S-003   | FFU782             | ALUV              | 06/06/2018 | -8,1159 | -35,1205 | 98       | Rio Jaboatão - Moreno                        |
| EV-S-004   | FFU783             | ALUV              | 06/06/2018 | -8,086  | -35,09   | 55       | Rio duas Unas                                |
| EV-S-008   | FFU786             | ALUV              | 06/06/2018 | -7,9185 | -34,8966 | 9        | Timbó - Rio Branco                           |
| EV-S-009   | FFU787             | ALUV              | 06/06/2018 | -7,9394 | -34,888  | 15       | Jardim Paulista Rio Mirueira                 |
| PL-S-005   | FFU809             | ALUV              | 06/06/2018 | -8,0071 | -35,1113 | 62       | Rio Várzea do Uma                            |
| EV-A-007   | FUU546             | AGFV              | 07/06/2018 | -8,0194 | -34,877  | 15       | Rio Beberibe - Peixinhos                     |
| EV-A-010   | FUU549             | AGFV              | 07/06/2018 | -7,9694 | -34,8675 | 12       | Rio Mineira                                  |
| EV-S-007   | FFU785             | ALUV              | 07/06/2018 | -8,0194 | -34,877  | 15       | Rio Beberibe - Peixinhos                     |
| EV-A-012   | FUU551             | AGFV              | 08/06/2018 | -7,6888 | -34,9259 | 4        | Engenho Umbu                                 |
| EV-A-022   | FUU561             | AGFV              | 08/06/2018 | -8,1023 | -34,9277 | 9        | Rio Tejipló                                  |
| EV-S-012   | FFU789             | ALUV              | 08/06/2018 | -7,6888 | -34,9259 | 4        | Engenho Umbu                                 |
| EV-S-022   | FFU799             | ALUV              | 08/06/2018 | -8,1023 | -34,9277 | 9        | Rio Tejipló                                  |
| EV-A-016   | FUU557             | AGFV              | 11/06/2018 | -8,516  | -35,0905 | 8        | Rio Sibiró do meio. Ponte na PE-060          |
| EV-A-017   | FUU556             | AGFV              | 11/06/2018 | -8,4052 | -35,0669 | 4        | Rio Ipojuca                                  |
| EV-S-016   | FFU793             | ALUV              | 11/06/2018 | -8,516  | -35,0905 | 8        | Rio Sibiró do meio. Ponte na PE-060          |
| EV-S-017   | FFU794             | ALUV              | 11/06/2018 | -8,4052 | -35,0669 | 4        | Rio Ipojuca                                  |
| EV-A-018   | FUU557             | AGFV              | 12/06/2018 | -8,2921 | -35,2245 | 80       | Engenho Noruega                              |
| EV-S-018   | FFU795             | ALUV              | 12/06/2018 | -8,2921 | -35,2245 | 80       | Engenho Noruega                              |
| EV-A-020   | FUU559             | AGFV              | 13/06/2018 | -8,4531 | -35,0413 | 13       | Riacho Canoas - Ipojuca                      |
| EV-S-020   | FFU797             | ALUV              | 13/06/2018 | -8,4531 | -35,0413 | 13       | Riacho Canoas - Ipojuca                      |
| EV-A-023   | FUU562             | AGFV              | 14/06/2018 | -8,107  | -34,9969 | 23       | Rio Mussaiba Socorro                         |
| EV-A-024   | FUU563             | AGFV              | 14/06/2018 | -8,1226 | -35,0061 | 40       | Rio Mangarevita, Piedade, Município Jaboatão |
| EV-A-025   | FUU564             | AGFV              | 14/06/2018 | -8,0257 | -35,0159 | 4        | Rio Capibaribe - localidade Penedo           |
| EV-A-026   | FUU565             | AGFV              | 14/06/2018 | -8,107  | -34,997  | 23       | Rio Mussaiba                                 |
| EV-S-023   | FFU800             | ALUV              | 14/06/2018 | -8,107  | -34,9969 | 23       | Rio Mussaiba Socorro                         |
| EV-S-024   | FFU801             | ALUV              | 14/06/2018 | -8,1226 | -35,0061 | 40       | Rio Mangarevita, Piedade, Município Jaboatão |

continua

Tabela 7: Localização das Amostras de Água e Sedimento (continuação)

| LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO |                    |                   |            |         |          |          |  |
|--|--------------------|-------------------|------------|---------|----------|----------|--|
| Número Campo   | Número Laboratório | Material coletado | Data       | LAT     | LONG     | Altitude | Localização                            |
| EV-S-025   | FFU802             | ALUV              | 14/06/2018 | -8,0257 | -35,0159 | 4        | Rio Capibaribe - localidade Penedo     |
| EV-S-026   | FFU803             | ALUV              | 14/06/2018 | -8,107  | -34,997  | 23       | Rio Mussaiba                           |
| PL-S-010   | FFU814             | ALUV              | 14/06/2018 | -8,4457 | -35,0001 | 13       | Rio Merepe                             |
| PL-S-023   | FFU827             | ALUV              | 14/06/2018 | -8,1664 | -35,0067 | 19       | Riacho de Arroz                        |
| EV-A-027   | FUU566             | AGFV              | 15/06/2018 | -8,2347 | -35,2165 | 97       | Rio Macaco- Engenho Arariba da Pedra   |
| EV-S-027   | FFU804             | ALUV              | 15/06/2018 | -8,2347 | -35,2165 | 97       | Rio Macaco- Engenho Arariba da Pedra   |
| PL-S-006   | FFU810             | ALUV              | 07/08/2018 | -8,0041 | -35,12   | 65       | Rio Tapacurá                           |
| PL-S-008   | FFU812             | ALUV              | 07/08/2018 | -8,4594 | -35,1259 | 19       | Engenho Tibiró do Mato                 |
| PL-S-009   | FFU813             | ALUV              | 07/08/2018 | -8,3632 | -35,0229 | 67       | Ipojuca                                |
| EV-A-019   | FUU558             | AGFV              | 08/08/2018 | -8,536  | -35,009  | 9        | Rio Macaraípe                          |
| EV-S-019   | FFU796             | ALUV              | 08/08/2018 | -8,536  | -35,009  | 9        | Rio Macaraípe                          |
| PL-S-001   | FFU805             | ALUV              | 08/08/2018 | -7,8148 | -35,0074 | 21       | Usina São José                         |
| PL-S-002   | FFU806             | ALUV              | 08/08/2018 | -7,8088 | -35,0225 | 47       | Usina São José                         |
| PL-S-015   | FFU819             | ALUV              | 08/08/2018 | -8,2957 | -35,0073 | 15       | Riacho Sta Amélia                      |
| PL-S-003   | FFU807             | ALUV              | 09/08/2018 | -7,8351 | -34,9124 | 8        | Igarassu - BR-101                      |
| PL-S-004   | FFU808             | ALUV              | 09/08/2018 | -7,8197 | -34,9112 | 8        | Rio Tabatinga                          |
| PL-S-011   | FFU815             | ALUV              | 14/08/2018 | -8,4249 | -35,0206 | 45       | Suape                                  |
| EV-A-015   | FUU554             | AGFV              | 15/08/2018 | -8,6057 | -35,0561 | 8        | Foz do Rio Sirinhanhem                 |
| EV-S-015   | FFU792             | ALUV              | 15/08/2018 | -8,6057 | -35,0561 | 8        | Foz do Rio Sirinhanhem                 |
| PL-S-007   | FFU811             | ALUV              | 15/08/2018 | -7,9712 | -35,096  | 54       | Rio Goitá                              |
| PL-S-012   | FFU816             | ALUV              | 15/08/2018 | -8,2993 | -35,0683 | 57       | Charneca                               |
| PL-S-013   | FFU817             | ALUV              | 15/08/2018 | -8,2788 | -35,0631 | 8        | Pirapanema - Cabo de Santo Agostinho   |
| PL-S-014   | FFU818             | ALUV              | 15/08/2018 | -8,2343 | -35,0995 | 80       | Arroio Dois Rios                       |
| PL-S-016   | FFU820             | ALUV              | 15/08/2018 | -8,2417 | -35,0528 | 15       | Represa Rio Sicupema                   |
| PL-S-017   | FFU821             | ALUV              | 16/08/2018 | -8,2616 | -35,1447 | 38       |  |
| PL-S-018   | FFU822             | ALUV              | 16/08/2018 | -8,2755 | -35,1333 | 20       | Rio Pirapama-Engenho Pantorra          |
| EV-A-006   | FUU545             | AGFV              | 17/08/2018 | -8,0265 | -34,9418 | 10       | Rio Capibaribe                         |
| EV-A-013   | FUU552             | AGFV              | 17/08/2018 | -8,2474 | -34,9478 | 8        | Rio Pirapama                           |
| EV-A-014   | FUU553             | AGFV              | 17/08/2018 | -8,2379 | -34,9448 |          | Rio Jaboatão                           |
| EV-S-006   | FFU784             | ALUV              | 17/08/2018 | -8,0265 | -34,9418 | 10       | Rio Capibaribe                         |
| EV-S-013   | FFU790             | ALUV              | 17/08/2018 | -8,2474 | -34,9478 | 8        | Rio Pirapama                           |
| EV-S-014   | FFU791             | ALUV              | 17/08/2018 | -8,2379 | -34,9448 |          | Rio Jaboatão                           |
| PL-S-019   | FFU823             | ALUV              | 17/08/2018 | -8,3609 | -34,9745 | 5        | Estuário dos rios Massangana e Tatuoca |
| EV-A-021   | FUU560             | AGFV              | 20/08/2018 | -8,4699 | -35,0474 | 23       | Rio Arimbi                             |
| EV-S-021   | FFU798             | ALUV              | 20/08/2018 | -8,4699 | -35,0474 | 23       | Rio Arimbi                             |
| PL-S-020   | FFU824             | ALUV              | 20/08/2018 | -7,8741 | -35,0449 | 65       | Barragem Rio Botafogo                  |
| PL-S-021   | FFU825             | ALUV              | 20/08/2018 | -7,8932 | -34,8811 | 15       | Jaguaribe                              |
| PL-S-022   | FFU826             | ALUV              | 21/08/2018 | -8,2041 | -35,0935 | 55       | Engenho Jacobina                       |

Fonte: elaborada pelos autores



**Tabela 8:** Localização e resultados analíticos para águas superficiais

| RESULTADOS DE ÁGUA SUPERFICIAL ACIMA DOS LIMITES LEGAIS |           |          |   |      |                         |      |        |         |         |         |         |         |         |
|---|-----------|----------|---|------|-------------------------|------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Amostra   | Longitude | Latitude | Toponímia   | pH   | Condutividade<br>_μS/cm | Temp | B_mg/L | Cu_mg/L | Fe_mg/L | Mn_mg/L | Na_mg/L | Sb_mg/L | Zn_mg/L |
| EV-A-0001   | -35,0129  | -8,258   | Rio Grajaú  | 6,95 | 88                      | 26,2 | 0,05   | 0,003   | 0,379   | 0,028   | 8,915   | 0,001   | 0,005   |
| EV-A-0002   | -34,9366  | -8,237   | Rio Candeias- Piedade   | 9,27 | 2350                    | 28,3 | 0,181  | 0,003   | 0,016   | 0,005   | 377,44  | 0,003   | 0,005   |
| EV-A-0003   | -35,1204  | -8,115   | Rio Taboão - Moreno   | 7,03 | 93                      | 25,5 | 0,05   | 0,02    | 1,023   | 0,061   | 13,224  | 0,001   | 0,23    |
| EV-A-0004   | -35,0899  | -8,086   | Rio Duas Unas   | 6,87 | 112                     | 25,4 | 0,05   | 0,003   | 2,248   | 0,015   | 15,477  | 0,001   | 0,005   |
| EV-A-0005   | -35,0127  | -8,111   | Jaboatão Centro - Rio Duas Unas                                       | 7,1  | 326                     | 27,3 | 0,05   | 0,023   | 0,642   | 0,15    | 32,833  | 0,004   | 0,204   |
| EV-A-0006   | -34,9417  | -8,026   | Rio Capibaribe  | 7,13 | 386                     | 28,3 | 0,05   | 0,003   | 0,463   | 0,101   | 42,599  | 0,002   | 0,005   |
| EV-A-0007   | -34,877   | -8,019   | Rio Beberibe - Peixinhos  | 7,11 | 367                     | 29,5 | 0,05   | 0,003   | 0,297   | 0,039   | 25,918  | 0,004   | 0,093   |
| EV-A-0008   | -34,8965  | -7,918   | Timbó - Rio Barro Branco  | 6,89 | 395                     | 28,5 | 0,05   | 0,003   | 0,97    | 0,035   | 48,03   | 0,005   | 0,016   |
| EV-A-0009   | -34,8879  | -7,93    | Jardim Paulista - Rio Mirueira  | 6,85 | 254                     | 27,3 | 0,05   | 0,003   | 0,701   | 0,017   | 29,332  | 0,003   | 0,089   |
| EV-A-0010   | -34,8675  | -7,969   | Rio Mineira   | 7,06 | 303                     | 28,8 | 0,05   | 0,007   | 0,527   | 0,028   | 24,811  | 0,004   | 0,291   |
| EV-A-0011   | -34,9329  | -7,752   | Rio Botafogo  | 6,83 | 173                     | 26,2 | 0,17   | 0,003   | 0,295   | 0,025   | 22,162  | 0,001   | 0,005   |
| EV-A-0012   | -34,9258  | -7,688   | Engenho Umbu  | 6,46 | 92                      | 25,9 | 0,05   | 0,003   | 0,267   | 0,005   | 11,939  | 0,003   | 0,127   |
| EV-A-0013   | -34,947   | -8,247   | Rio Pirapama  | 7,3  | 14580                   | 28,1 | 0,877  | 0,003   | 0,107   | 0,037   | 2911,9  | 0,005   | 0,132   |
| EV-A-0014   | -34,9448  | -8,237   | Rio Jaboatão  | 7,36 | 19370                   | 29,1 | 1,141  | 0,003   | 0,053   | 0,03    | 3957,5  | 0,006   | 0,101   |
| EV-A-0015   | -35,0561  | -8,605   | Foz do Rio Sirinhanhem  | 6,95 | 5110                    | 28,1 | 0,374  | 0,003   | 0,199   | 0,02    | 854,542 | 0,002   | 0,005   |
| EV-A-0016   | -35,0904  | -8,515   | Rio Sibiró do Meio. Ponte na PE-060                                   | 6,22 | 65                      | 25,5 | 0,05   | 0,03    | 0,4     | 0,03    | 8,438   | 0,001   | 0,005   |
| EV-A-0017   | -35,0669  | -8,405   | Rio Ipojuca   | 6,57 | 217                     | 26,6 | 0,05   | 0,003   | 0,345   | 0,021   | 27,249  | 0,002   | 0,021   |
| EV-A-0018   | -35,2244  | -8,29    | Engenho Noruega   | 6,64 | 100                     | 25,6 | 0,05   | 0,003   | 0,478   | 0,03    | 10,616  | 0,001   | 0,046   |
| EV-A-0019   | -35,008   | -8,536   | Foz do Rio Macaraípe  | 7,19 | 44900                   | 28,3 | 2,417  | 0,003   | 0,017   | 0,005   | 9491,3  | 0,001   | 0,005   |
| EV-A-0020   | -35,041   | -8,453   | Riacho Canoas - Ipojuca   | 6,34 | 91                      | 26,3 | 0,05   | 0,003   | 0,287   | 0,013   | 12,429  | 0,001   | 0,005   |
| EV-A-0021   | -35,0473  | -8,469   | Rio Arimbi  | 6,6  | 83                      | 25,4 | 0,05   | 0,003   | 0,409   | 0,051   | 10,749  | 0,001   | 0,105   |
| EV-A-0022   | -34,9277  | -8,102   | Rio Tejió   | 6,85 | 664                     | 26   | 0,05   | 0,003   | 0,399   | 0,09    | 85,234  | 0,003   | 0,109   |
| EV-A-0023   | -34,996   | -8,107   | Rio Mussaiba Socorro  | 6,41 | 172                     | 26,3 | 0,05   | 0,003   | 2,150   | 0,032   | 20,009  | 0,001   | 0,07    |
| EV-A-0024   | -35,006   | -8,122   | Rio Mangarevila Piedade - Munic. Jaboatão                             | 6,24 | 122                     | 25,2 | 0,05   | 0,003   | 0,225   | 0,019   | 13,578  | 0,001   | 0,034   |
| EV-A-0025   | -35,0158  | -8,02    | Rio Capibaribe - Localidade Penedo                                    | 6,84 | 110                     | 25,9 | 0,05   | 0,003   | 0,75    | 0,067   | 38,349  | 0,001   | 0,029   |
| EV-A-0026   | -34,9969  | -8,1069  | Coleta de água bairro Engenho Velho entre Rua Paulista e Artur Xavier | 6,41 | 71,3                    | 26,3 | 0,05   | 0,003   | 2,773   | 0,021   | 14,45   | 0,001   | 0,005   |
| EV-A-0027   | -35,216   | -8,234   | Rio Macaco - Emgenho Arariba da Pedra                                 | 6,36 | 309                     | 25,9 | 0,05   | 0,003   | 2,292   | 0,026   | 8,643   | 0,002   | 0,074   |
| <b>Limite de detecção</b>                               |           |          |   |      |                         |      | 0,1    | 0,005   |         | 0,01    |         | 0,002   | 0,01    |
| <b>Mediana</b>  |           |          |   |      |                         |      | 0,05   | 0,0025  | 0,3992  | 0,0283  | 24,8113 | 0,001   | 0,0345  |
| <b>Valor máximo</b>                                     |           |          |   |      |                         |      | 2,4167 | 0,0227  | 2,7731  | 0,1497  | 24,8113 | 0,001   | 0,0345  |
| <b>PORTARIA MS 2914/2011</b>                            |           |          |   |      |                         |      | 0      | 2       | 0,3     | 0,1     | 200     | 0,005   | 5       |
| <b>CONAMA 357</b>                                       |           |          |   |      |                         |      | 0,5    | 0,009   | 0,3     | 0,1     | 0       | 0,005   | 0,18    |
| <b>CONAMA 306</b>                                       |           |          |   |      |                         |      | 0,5    | 2       | 0,3     | 0,1     | 200     | 0,005   | 5       |
| <b>WHO 2011</b>   |           |          |   |      |                         |      | 2,4    | 2       | 0       | 0       | 50      | 0,02    | 0       |

Fonte: elaborada pelos autores

Tabela 9: Resultados de Solo Superficial (top)

| RESULTADOS DE SOLO SUPERFICIAL (TOP) ACIMA DOS LIMITES LEGAIS |          |           |   |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|----------|-----------|---|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Amostra   | Latitude | Longitude | Localização                                 | Ba_ppm | Crppm | Co_ppm | Hg_ppm | Mo_ppm | Ni_ppm | Se_ppm | Sr_ppm | V_ppm  | Zn_ppm |
| EV-L-0001A  | -35,1945 | -8,1124   | Base da cruz                                | 50     | 13    | 1,8    | 0,02   | 0,53   | 4,4    | 0,5    | 5,6    | 22     | 21     |
| EV-L-0002A  | -35,0537 | -8,1009   | Vargem Fria                                 | 22     | 18    | 0,8    | 0,03   | 1,35   | 2,2    | 0,5    | 4,2    | 39     | 13     |
| EV-L-0003A  | -34,9409 | -8,06     | Em frente ao Hospital da Mulher             | 65     | 54    | 4,5    | 0,005  | 1,12   | 19,8   | 0,5    | 11,8   | 38     | 45     |
| EV-L-0004A  | -34,8448 | -7,9843   | Área de aterro                              | 10     | 68    | 0,6    | 0,05   | 3,13   | 2,2    | 0,5    | 6,1    | 117    | 8      |
| EV-L-0005A  | -34,8336 | -7,753    | Oiteiro - Itamaracá                         | 16     | 26    | 2,7    | 0,005  | 1,4    | 4,9    | 0,5    | 6,3    | 38     | 10     |
| EV-L-0006A  | -34,9387 | -7,7185   | Lado direito da BR-101 sentido Joao Pessoa, | 33     | 19    | 0,8    | 0,06   | 1,06   | 3,3    | 0,5    | 21,1   | 26     | 43     |
| EV-L-0007A  | -35,0555 | -8,6074   | Barra do Sirinhanhém                        | 36     | 39    | 0,8    | 0,04   | 1,19   | 4,2    | 1      | 10,3   | 68     | 10     |
| EV-L-0008A  | -35,0871 | -8,4919   | Carmela                                     | 58     | 86    | 1,6    | 0,07   | 0,94   | 4,5    | 0,5    | 11,7   | 118    | 22     |
| EV-L-0009A  | -35,1211 | -8,15     | Engenho Mato Grosso - Moreno                | 73     | 26    | 2,2    | 0,01   | 1,52   | 4,9    | 0,5    | 7,1    | 47     | 28     |
| EV-L-0010A  | -35,2025 | -8,0123   | Próximo ao Chão de Alegria,                 | 200    | 39    | 16,5   | 0,01   | 1,18   | 10,9   | 0,5    | 17,7   | 78     | 48     |
| EV-L-0011A  | -35,0184 | -8,3028   | Em frente ao Shopping Costa Dourada         | 24     | 101   | 13,4   | 0,005  | 2,54   | 25,9   | 0,5    | 6,6    | 200    | 65     |
| EV-L-0012A  | -34,9881 | -8,3965   | Entrando Porto Suape                        | 123    | 14    | 1,6    | 0,005  | 2,09   | 3,6    | 0,5    | 10,4   | 14     | 9      |
| EV-L-0013A  | -35,2101 | -8,232    | Próximo ao EVS-27                           | 31     | 13    | 0,7    | 0,06   | 1,35   | 2,3    | 1      | 8      | 39     | 18     |
| PL-L-0001B  | -35,0085 | -8,0209   | Campo de futebol                            | 42     | 35    | 1,1    | 0,005  | 1,26   | 3      | 1      | 8,7    | 76     | 8      |
| PL-L-0002A  | -35,0434 | -7,9143   | Estrada de Aldeia - Paudalho                | 26     | 22    | 0,7    | 0,08   | 1,5    | 3,8    | 1      | 37,7   | 40     | 69     |
| PL-L-0003A  | -35,1148 | -7,8463   | Campo do Exército                           | 33     | 51    | 0,9    | 0,005  | 0,98   | 5,7    | 1      | 2,3    | 52     | 7      |
| PL-L-0004A  | -35,0103 | -7,837    | Engenho d'água                              | 25     | 27    | 0,8    | 0,02   | 1,38   | 3,2    | 0,5    | 5,5    | 48     | 19     |
| PL-L-0005A  | -35,0335 | -7,7612   | Três Ladeiras                               | 8      | 59    | 0,6    | 0,05   | 3,93   | 3,6    | 0,5    | 3,1    | 146    | 11     |
| PL-L-0006A  | -34,906  | -7,8351   | Igarassu Centro                             | 115    | 37    | 0,6    | 0,09   | 1,7    | 3,8    | 0,5    | 82,3   | 56     | 19     |
| PL-L-0007A  | -35,1444 | -8,3389   | Município de Escada                         | 62     | 59    | 4,2    | 0,02   | 1      | 8,5    | 0,5    | 11,6   | 154    | 35     |
| PL-L-0008A  | -34,8338 | -7,8736   | Maria Farinha                               | 41     | 19    | 1,1    | 0,04   | 0,3    | 3,7    | 0,5    | 74,3   | 14     | 87     |
| PL-L-0009A  | -35,1168 | -8,0431   | São Lourenço da Mata                        | 12     | 20    | 0,5    | 0,03   | 1,03   | 1,5    | 0,5    | 2,5    | 33     | 6      |
| PL-L-0010A  | -35,1682 | -8,4428   | Ipojuca                                     | 69     | 29    | 1,5    | 0,04   | 3,01   | 5      | 1      | 16,7   | 78     | 18     |
| PL-L-0011A  | -35,0883 | -8,3788   | Usina Ipojuca                               | 42     | 15    | 1,2    | 0,07   | 1,12   | 2,3    | 0,5    | 13,6   | 79     | 20     |
| PL-L-0012A  | -34,9721 | -8,1856   | BR 101 Comportas                            | 9      | 21    | 0,3    | 0,03   | 0,52   | 0,7    | 1      | 1,6    | 66     | 5      |
| PL-L-0013A  | -35,1134 | -8,2412   | Usina Bom Jesus Acesso                      | 47     | 24    | 0,4    | 0,06   | 0,93   | 2      | 2      | 11,6   | 56     | 9      |
| PL-L-0014A  | -34,9295 | -7,9401   | Próximo ao Clube Sitio do Pica-Pau Amarelo  | 7      | 44    | 0,3    | 0,03   | 2,46   | 2,9    | 0,5    | 3      | 75     | 8      |
| PL-L-0015A  | -35,0477 | -8,2088   | Usina Bom Jesus                             | 26     | 19    | 0,3    | 0,04   | 2,63   | 1,7    | 1      | 9,5    | 66     | 5      |
| <b>Limite de Detecção</b>                                     |          |           |   | 5      | 1     | 0,1    | 0,01   | 0,05   | 0,5    | 1      | 0,5    | 1      | 1      |
| <b>Mediana</b>  |          |           |   | 34,5   | 26,5  | 0,85   | 0,03   | 1,305  | 3,65   | 0,5    | 9,1    | 56     | 18     |
| <b>Valor máximo</b>   |          |           |   | 200    | 101   | 0,3    | 0,09   | 3,93   | 25,9   | 2      | 82,3   | 200    | 87     |
| <b>VQR MG</b>   |          |           |   | 93     | 75    | 6      | 0,03   | 0,9    | 21,48  | 0,51   | 9,47   | 128,51 | 46,3   |
| <b>CETESB</b>   |          |           |   | 150    | 75    | 25     | 0,5    | 30     | 30     | 5      |        | 275    | 60     |
| <b>CONAMA 420</b>   |          |           |   | 150    | 75    | 25     | 0,5    | 30     | 30     | 5      |        |        | 300    |
| <b>NOAA SQuiRT 2008 (Target)</b>                              |          |           |   | 160    | 0,38  | 2,4    | 0,3    | 3      | 0,26   | 0,7    |        | 42     | 16     |

Fonte: elaborada pelos autores

**Tabela 10: Resultados de Solo Subsuperficial (sub)**

| RESULTADOS DE SOLO SUPERFICIAL (SUB) ACIMA DOS LIMITES LEGAIS |          |           |  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|----------|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Amostra   | Latitude | Longitude | Localização                                | As_ppm | Ba_ppm | Cd_ppm | Co_ppm | Cr_ppm | Cu_ppm | Hg_ppm | Mo_ppm | Ni_ppm | Pb_ppm | Sb_ppm | Se_ppm | Sr_ppm | V_ppm  | Zn_ppm |
| EV-L-0001B  | -35,1945 | -8,1124   | Base da cruz                               | 0,5    | 35     | 0,005  | 1,3    | 9      | 2,2    | 0,03   | 0,41   | 3,5    | 9,1    | 0      | 0,5    | 3,6    | 21     | 10     |
| EV-L-0002B  | -35,0537 | -8,1009   | Vargem Fria                                | 0,5    | 22     | 0,02   | 0,8    | 20     | 5,7    | 0,06   | 1,63   | 2,4    | 11,8   | 0,025  | 0,5    | 3,8    | 51     | 11     |
| EV-L-0005B  | -34,8336 | -7,753    | Em frente ao Hospital da Mulher            | 2,0    | 14     | 0,02   | 2,1    | 31     | 3,1    | 0,01   | 1,65   | 4,7    | 6,4    | 0,025  | 0,5    | 4,6    | 50     | 9      |
| EV-L-0006B  | -34,9387 | -7,7185   | Área de aterro                             | 0,5    | 17     | 0,02   | 0,4    | 12     | 5,1    | 0,005  | 0,85   | 1,6    | 4,8    | 0,025  | 0,5    | 9,4    | 11     | 14     |
| EV-L-0007B  | -35,0555 | -8,6074   | Oiteiro - Itamaracá                        | 1,0    | 36     | 0,02   | 0,6    | 41     | 4,3    | 0,03   | 1,05   | 3,3    | 12,1   | 0,025  | 0,5    | 10,1   | 75     | 7      |
| EV-L-0008B  | -35,0871 | -8,4919   | Lado direito da BR-101 sentido João Pessoa | 0,5    | 45     | 0,02   | 1,8    | 95     | 3,4    | 0,07   | 0,96   | 5,3    | 12,4   | 0,025  | 0,5    | 8,7    | 131    | 22     |
| EV-L-0009B  | -35,1211 | -8,15     | Barra do Sirinhanhém                       | 0,5    | 149    | 0,005  | 6,1    | 50     | 16,9   | 0,005  | 1,27   | 14,1   | 25,8   | 0,025  | 0,5    | 15,8   | 72     | 55     |
| EV-L-0010B  | -35,2025 | -8,0123   | Carmela                                    | 0,5    | 171    | 0,03   | 15,9   | 48     | 25,3   | 0,03   | 1,51   | 13,4   | 10,6   | 0,025  | 0,5    | 15,4   | 105    | 57     |
| EV-L-0011B  | -35,0184 | -8,3028   | Engenho Mato Grosso - Moreno               | 1,0    | 19     | 0,03   | 13,1   | 94     | 29,5   | 0,005  | 2,73   | 22,0   | 2,7    | 0,025  | 0,5    | 4,4    | 194    | 54     |
| EV-L-0012B  | -34,9881 | -83,9651  | Próximo ao Chão de Alegria,                | 2,0    | 131    | 0,03   | 2,5    | 25     | 7,7    | 0,005  | 2,62   | 7,6    | 8,7    | 0,22   | 0,5    | 14,5   | 26     | 14     |
| EV-L-0013B  | -35,2101 | -8,232    | Em frente ao Shopping Costa Dourada        | 2,0    | 32     | 0,02   | 0,7    | 16     | 11,3   | 0,06   | 1,52   | 2,6    | 13,5   | 0,025  | 0,5    | 10,2   | 47     | 15     |
| PL-L-0001B  | -35,0085 | -8,0209   | Entrando Porto Suape                       | 0,5    | 111    | 0,005  | 0,9    | 6      | 6,1    | 0,005  | 0,66   | 2,9    | 23,2   | 0,025  | 0,5    | 19,7   | 32     | 10     |
| PL-L-0002B  | -35,0434 | -7,914    | Próximo ao EVS-27                          | 3,0    | 25     | 0,08   | 0,6    | 24     | 125,4  | 0,09   | 1,7    | 3,9    | 85,3   | 1,98   | 0,5    | 23,0   | 45     | 67     |
| PL-L-0003B  | -35,1148 | -7,8463   | Campo de futebol                           | 2,0    | 34     | 0,005  | 0,9    | 61     | 6,3    | 0,005  | 1,12   | 5,2    | 6,1    | 0,025  | 2,0    | 2,0    | 57     | 5      |
| PL-L-0004B  | -35,0103 | -7,837    | Estrada de Aldeia - Paudalho               | 3,0    | 14     | 0,02   | 0,5    | 23     | 8,3    | 0,04   | 1,89   | 3,4    | 6,3    | 0,025  | 0,5    | 4,2    | 56     | 15     |
| PL-L-0005B  | -35,0335 | -7,7612   | Campo do Exército                          | 7,0    | 7      | 0,02   | 0,5    | 65     | 3,1    | 0,02   | 4,56   | 2,9    | 5,9    | 0,31   | 0,5    | 2,4    | 167    | 10     |
| PL-L-0006B  | -34,9068 | -7,8351   | Engenho d'água                             | 4,0    | 149    | 0,02   | 0,6    | 52     | 6,2    | 0,07   | 2,49   | 4,8    | 16,6   | 0,22   | 0,5    | 114,3  | 84     | 9      |
| PL-L-0007B  | -35,1444 | -8,3389   | Três Ladeiras                              | 0,5    | 40     | 0,02   | 3,5    | 66     | 27,6   | 0,02   | 1,09   | 8,0    | 18,9   | 0,025  | 0,5    | 8,9    | 178    | 20     |
| PL-L-0008B  | -34,8338 | -7,8736   | Igarassu Centro                            | 2,0    | 48     | 0,16   | 1,1    | 27     | 14,5   | 0,02   | 0,4    | 3,5    | 27,8   | 0,11   | 0,5    | 176,8  | 15     | 55     |
| PL-L-0009B  | -35,1168 | -8,0431   | Município de Escada                        | 0,5    | 14     | 0,005  | 0,7    | 24     | 3,2    | 0,05   | 1,2    | 2,3    | 8,8    | 0,025  | 0,5    | 2,8    | 40     | 9      |
| PL-L-0010B  | -35,1682 | -8,4428   | Maria Farinha                              | 0,5    | 60     | 0,01   | 1,3    | 28     | 4,8    | 0,06   | 3,47   | 3,5    | 21,7   | 0,025  | 0,5    | 13,5   | 85     | 15     |
| PL-L-0011B  | -35,0883 | -8,3788   | São Lourenço da Mata                       | 1,0    | 39     | 0,02   | 1,3    | 15     | 4,6    | 0,07   | 1,19   | 2,6    | 14,9   | 0,025  | 0,5    | 12,1   | 82     | 17     |
| PL-L-0012B  | -34,9721 | -8,1856   | Ipojuca                                    | 0,5    | 5      | 0,02   | 0,2    | 26     | 2      | 0,03   | 0,44   | 1,6    | 4,3    | 0,55   | 2,0    | 0,8    | 59     | 4      |
| PL-L-0013B  | -35,1134 | -8,2412   | Usina Ipojuca                              | 1,0    | 31     | 0,02   | 0,4    | 32     | 4,4    | 0,08   | 1,23   | 2,1    | 8,4    | 0,11   | 1,0    | 7,2    | 74     | 8      |
| PL-L-0014B  | -34,9295 | -7,94     | BR 101 Comportas                           | 3,0    | 7      | 0,02   | 0,2    | 44     | 1,9    | 0,04   | 2,45   | 2,2    | 5,1    | 0,025  | 0,5    | 2,2    | 73     | 6      |
| PL-L-0015B  | -35,0477 | -8,2088   | Usina Bom Jesus Acesso                     | 2,0    | 25     | 0,02   | 0,3    | 21     | 2,9    | 0,05   | 2,71   | 1,8    | 16,6   | 0,025  | 1,0    | 9,0    | 73     | 9      |
| <b>Limite de Detecção</b>                                     |          |           |  | 1,0    |        | 0,01   | 0,1    | 1      | 0,5    | 0,01   | 0,05   | 0,5    | 0,2    | 0,05   | 1,0    | 0,5    | 1      | 1      |
| <b>Mediana</b>  |          |           |  | 1,0    | 33     | 0,02   | 0,85   | 27,5   | 5,4    | 0,03   | 1,39   | 3,45   | 11,2   | 0,025  | 0,5    | 8,95   | 65,5   | 12,5   |
| <b>Valor máximo</b>   |          |           |  | 7,0    | 171    | 0,16   | 15,9   | 95     | 125,4  | 0,09   | 4,56   | 22,0   | 85,3   | 1,98   | 0,2    | 176,8  | 194    | 67     |
| <b>VQR MG</b>   |          |           |  | 8,0    | 93     | 0,04   | 6,0    | 75     | 49,82  | 0,03   | 0,9    | 21,48  | 19,5   | 0,5    | 0,51   | 9,47   | 128,51 | 46,3   |
| <b>CETESB</b>   |          |           |  | 15,0   | 150    | 1,3    | 25     | 75     | 60     | 0,5    | 30     | 30,0   | 72     | 2      | 5,0    |        | 275    | 60     |
| <b>CONAMA 420</b>   |          |           |  | 15,0   | 150    | 1,3    | 25     | 75     | 60     | 0,5    | 30     | 30,0   | 72     | 2      | 5,0    |        |        | 300    |
| <b>NOAA SQUIRT 2008 (Target)</b>                              |          |           |  | 0,9    | 160    | 0,8    | 2,4    | 0,38   |        | 0,3    | 3      | 0,26   | 55     | 3      | 0,7    |        | 42     | 16     |

Fonte: elaborada pelos autores

Tabela 11: Resultados de Sedimentos de Fundo

| RESULTADOS PARA SEDIMENTOS DE FUNDO ACIMA DOS LIMITES LEGAIS |           |          |                                   |      |      |       |       |      |      |       |        |
|--|-----------|----------|-----------------------------------|------|------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| Amostra  | Longitude | Latitude | Localização                       | As   | Cd   | Cr    | Cu    | Hg   | Ni   | Pb    | Zn     |
| EVS002   | -34,9366  | -8,2374  | Rio Candeias - Piedade            | 6,00 | 0,1  | 39,00 | 12,8  | 0,03 | 9,00 | 27,5  | 48,00  |
| EVS006   | -34,9418  | -8,0265  | Rio Capibaribe                    | 1,00 | 0,74 | 62,00 | 75,7  | 0,17 | 21,9 | 49,00 | 249,00 |
| EVS007   | -34,8770  | -8,0194  | Rio Beberibe - Peixinhos          | 3,00 | 0,6  | 56,00 | 97,7  | 0,31 | 17,2 | 38,4  | 232,00 |
| EVS008   | -34,8966  | -7,9185  | Rio Barro Branco - Timbó          | 3,00 | 0,65 | 49,00 | 60,9  | 0,18 | 13,5 | 24,8  | 239,00 |
| EVS011   | -34,9329  | -7,9186  | Rio Botafogo                      | 0,5  | 0,04 | 22,00 | 7,7   | 0,68 | 4,9  | 10,2  | 18,00  |
| EVS014   | -34,9448  | -8,2379  | Rio Jaboatão                      | 7,00 | 0,06 | 21,00 | 8,4   | 0,02 | 5,00 | 10,2  | 32,00  |
| EVS016   | -35,0905  | -8,5160  | Rio Sibiró do Meio - Ponte PE-060 | 0,5  | 0,05 | 44,00 | 24,3  | 0,1  | 11,4 | 17,9  | 60,00  |
| EVS017   | -35,0669  | -8,4052  | Rio Ipojuca                       | 0,5  | 0,06 | 29,00 | 20,6  | 0,04 | 7,5  | 17,00 | 40,00  |
| EVS018   | -35,2246  | -8,2921  | Engenho Noruega                   | 0,5  | 0,1  | 42,00 | 11,6  | 0,02 | 13,8 | 16,4  | 27,00  |
| EVS019   | -35,0090  | -8,5360  | Foz do rio Macaraípe              | 7,00 | 0,02 | 18,00 | 2,5   | 0,01 | 4,00 | 4,6   | 17,00  |
| EVS022   | -34,9277  | -8,1023  | Rio Tejipló                       | 2,00 | 0,34 | 39,00 | 79,4  | 0,32 | 18,8 | 44,5  | 267,00 |
| PLS003   | -34,9124  | -7,8351  | Igarassu - BR-101                 | 0,5  | 0,26 | 35,00 | 41,6  | 0,04 | 14,9 | 14,4  | 96,00  |
| PLS004   | -34,9112  | -7,8197  | Rio Tabatinga                     | 0,5  | 0,03 | 42,00 | 11,4  | 0,01 | 16,6 | 15,1  | 35,00  |
| PLS006   | -35,1200  | -8,0041  | Rio Tapacurá                      | 0,5  | 0,05 | 63,00 | 19,6  | 0,02 | 30,9 | 18,1  | 52,00  |
| PLS008   | -35,1259  | -8,4594  | Engenho Tibiró do Mato            | 2,00 | 0,04 | 59,00 | 14,9  | 0,02 | 8,6  | 12,1  | 19,00  |
| PLS015   | -35,0073  | -8,2957  | Riacho Santa Amélia               | 0,5  | 0,05 | 80,00 | 28,00 | 0,02 | 23,9 | 11,2  | 73,00  |
| PLS016   | -35,0528  | -8,2417  | Represa Rio Sicupema              | 0,5  | 0,03 | 39,00 | 16,7  | 0,01 | 15,1 | 9,3   | 31,00  |
| PLS020   | -35,0449  | -7,8741  | Barragem Rio Botafogo             | 0,5  | 0,05 | 56,00 | 15,2  | 0,01 | 13,2 | 12,8  | 25,00  |
| <b>Limite de Detecção</b>                                    |           |          |                                   | 1,00 | 0,1  | 1     | 0,5   | 0,01 | 0,5  | 0,2   | 1      |
| <b>Mediana</b>   |           |          |                                   | 3,00 | 0,05 | 29,00 | 14,65 | 0,02 | 8,6  | 13,2  | 32,00  |
| <b>Valor máximo</b>  |           |          |                                   | 7,00 | 0,00 | 80,00 | 28,00 | 0,00 | 9,00 | 49,00 | 267,00 |
| <b>Conama 454 (Nível 1)</b>                                  |           |          |                                   | 5,9  | 0,6  | 37,3  | 35,7  | 0,17 | 18   | 35    | 123    |
| <b>NOAA SQuiRT 2008 (TEL)</b>                                |           |          |                                   | 5,9  | 0,6  | 37,3  | 35,7  | 0,17 | 18   | 35    | 123    |

Fonte: elaborada pelos autores

## **APÊNDICE II**

Descrição dos elementos  
encontrados em valores acima  
do permitido pela legislação

## As: arsênio

O arsênio é um não metal de coloração variando de cinza-metálico a amarela, frequentemente na forma de arsenatos, em argilominerais e matéria orgânica. Em casos raros, pode ocorrer em estado nativo e tem como principais minerais a arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ), loellingita ( $\text{FeAs}_2$ ), ouro-pigmento ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ) e o realgar ( $\text{As}_4\text{S}_4$ ). As principais ocorrências brasileiras de arsênio estão associadas a depósitos auríferos do tipo *greenstone belt* na Bahia; no Rio Itapicuru, em Goiás; no Depósito de Crixás; e em Minas Gerais, em Paracatu. Sua principal utilização é em vidros clarificados, ligas metálicas, fogos de artifício e em diversos biocidas. Embora seja um micronutriente para poucos seres vivos, é um elemento altamente tóxico, carcinogênico para a grande maioria.

Na área, ocorrem valores acima do permitido apenas nas amostras de sedimento de fundo. Essas amostras apresentam mediana de 3 ppm e valor máximo de 7 ppm, para um máximo permitido pela legislação de 5,9 ppm da CONAMA 454 (Nível 1) e 0,9 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (TEL), em três amostras.

## B: boro

O boro é considerado um não metal, sendo um péssimo condutor de eletricidade. É um elemento químico muito leve, relativamente raro na crosta terrestre e tendo a maior concentração em evaporitos e em sedimentos argilosos, ambos marinhos. É usado na pirotecnia, utilizações nobres na pesquisa nuclear e estruturas aeroespaciais e, também, em inseticidas, esmaltes, vidros, fertilizantes, sabões e detergentes, sendo facilmente encontrado como efluente. O Brasil não possui depósitos significativos de boro. É elemento nutriente para as plantas, sendo sua falta ou excesso prejudicial à sua saúde; pode ser tóxico, principalmente se inalado.

Os resultados de água superficial apresentaram mediana de 0,05 mg/L e valor máximo de 2,4167 mg/L. Três amostras ultrapassaram o valor máximo permitido pela CONAMA 357 – Nível 1, de 0,5 mg/L e uma ultrapassou o valor indicativo do WHO de 2,4 mg/L.

O elemento não foi analisado nos outros meios.

## Ba: bário

O bário é um metal alcalino-terroso de coloração branco-prateada, de altíssima densidade e alto ponto de fusão. Seus principais minerais são a barita ( $\text{BaSO}_4$ ) e a witherita ( $\text{BaCO}_3$ ). Apesar de não ser encontrado livre na natureza, quando puro, é altamente oxidável, e em contato com o ar apresenta aspecto fluorescente. **É elemento básico para a fabricação de fluidos de perfuração de poços profundos, de vidros e pigmentos, borracha e papel.** As maiores reservas de barita no Brasil estão na Bahia, em Aramari e Camamu, também pode ser encontrado em Minas Gerais e São Paulo. Ele não apresenta função biológica conhecida, os compostos insolúveis não são tóxicos, mas quando dissolvido ionicamente na água, é altamente tóxico.

Na área, ocorrem valores acima do permitido, tanto no solo top quanto no solo sub. Para solo top, apresentou mediana 34,5 ppm e valor máximo de 200 ppm, ultrapassando 93 ppm, o valor máximo permitido pelo VQR MG (MINAS GERAIS, 2011), em três amostras; uma amostra ultrapassou também o valor de 150 ppm da Cetesb e do Conama 420 e o valor de 160 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target).

No solo sub, apresentou mediana 33 ppm e valor máximo de 171 ppm. Cinco amostras ultrapassaram o valor máximo de 93 ppm do VQR MG; uma amostra ultrapassou também o valor de 150 ppm da Cetesb e do Conama 420 e o valor de 160 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target).

## Cd: cádmio

O cádmio é um metal de transição, com coloração branco-prateada a azulada, maleável, dúctil; em pó, queima na presença do ar. O Cd possui propriedades químicas semelhantes ao Zn e entra facilmente em solução durante os processos intempéricos. O cádmio ocorre associado com minerais de Zn (esfalerita – ZnS) e mais raramente como grenockita (CdS). Seu principal uso é em baterias recarregáveis, ligas de solda, tubos de imagem de TV, metalurgia e como pigmento. A maior parte do cádmio é recuperada como subproduto de minas de zinco, cobre ou chumbo. É bastante tóxico quando inalado e dificilmente é expelido pelos seres vivos, acumulando-se nos organismos. A toxicidade é menor quando ingerido ou em contato com a pele.

Na área, ocorrem valores acima da legislação vigente em amostras de sedimentos de fundo e apenas no solo sub.

Nos sedimentos, os resultados analíticos apresentaram mediana de 0,05 ppm e valor máximo de 0,74, ppm para um máximo permitido pela legislação de 0,6 ppm Conama 434 (Nível 1) e 0,596 ppm NOAA SQuiRT 2008 (TEL), em três amostras.

Para solo sub, apresentou mediana 0,02 ppm e valor máximo de 0,16 ppm, que não ultrapassa o máximo de 1,3 ppm da Cetesb e Conama 420. O valor máximo permitido pela legislação de 0,04 ppm para VQR MG é ultrapassado em duas amostras; e o valor indicativo de 0,8 ppm da NOAA SQuiRT 2008 (Target) é ultrapassado em apenas uma amostra.

## Co: cobalto

O cobalto é um metal duro, quebradiço, que ocorre principalmente como siegenita (NiCo) $S_4$ , cobaltita (CoAsS), esmaltita (CoNiFe)As $_2$  e pirrotita [Fe(CoNi)S]. É usado para confecção de ligas metálicas do tipo Ni-Cr-Co-Mo para a indústria aeroespacial, aço inoxidável (Co-Cr, Fe), utilizado no aumento da resistência de aço para ferramentas, usos químicos, cerâmicos e ligas resistentes à corrosão. No Brasil, os principais depósitos encontram-se no estado de Goiás, em Niquelândia e Americana do Brasil. O Co é um nutriente essencial à formação da vitamina B12, mas em elevadas concentrações é tóxico e carcinogênico, podendo afetar principalmente os pulmões, coração e formação de dermatites.

Na área, ocorrem valores acima do permitido, tanto no solo top quanto no solo sub. Para solo top, com mediana 0,85 ppm e valor máximo de 16,5 ppm, o valor máximo permitido pela legislação de 6 ppm do VQR MG é ultrapassado em duas amostras. O valor de 25 ppm da Cetesb e Conama 420 não é ultrapassado por nenhuma amostra. Já o valor indicativo de 2,4 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) é ultrapassado em cinco amostras.

Nas amostras de solo sub, apresentou mediana 0,85 ppm e valor máximo de 15,9 ppm. O valor máximo permitido pela legislação de 6 ppm para VQR MG123 é ultrapassado em três amostras; O valor de 25 ppm da Cetesb e Conama 420 não é ultrapassado por nenhuma amostra. Já o valor indicativo de 2,4 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) é ultrapassado em cinco amostras.

## Cr: cromo

O cromo é um metal de cor cinza, duro, quebradiço, que apresenta pouca atração magnética; apresenta-se mais comumente como cromita (FeCr $_2O_4$ ). É usado na fabricação de aço inoxidável (Fe-C-Cr) e ferroligas na indústria química, na produção de pigmentos para tinta, e de refratários. No Brasil, o cromo é encontrado, principalmente, nos estados da Bahia, nos distritos cromitíferos de Campo Formoso e do Vale do Jacurici, do Amapá, em Mazagão, e de Minas Gerais, na localidade de Alvorada de Minas.

É um micronutriente essencial aos seres humanos - funciona aumentando a tolerância à glicose no sangue, o que potencializa ação da insulina (MINEROPAR, 2005). Se inalado, o  $\text{Cr}^{+6}$  pode causar irritações nasais e sangramentos. Se ingerido, ocorrem problemas estomacais, úlceras, convulsões e danos nos rins e fígado, e, por contato dermal, provoca ulcerações na pele.

Localmente, ocorrem valores acima da legislação nos sedimentos de fundo, solo top e solo sub.

Para sedimento de fundo, apresenta mediana de 29 ppm e valor máximo de 80 ppm. O valor máximo permitido pela legislação de 37,3 ppm Conama 454 (Nível 1) e NOAA SQuiRT 2008 (TEL) é ultrapassado em 13 amostras.

Os resultados de solo top apresentaram mediana de 26,5 ppm e valor máximo de 101 ppm. O valor legal de 75 ppm do VRQ MG, Cetesb e Conama 420 é ultrapassado por duas amostras. Já o indicativo legal de 0,38 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) é ultrapassado por todas as amostras.

Os resultados de solo sub apresentaram mediana de 27,5 ppm e valor máximo de 95 ppm. O valor legal de 75 ppm do VRQ MG, Cetesb e Conama 420 é ultrapassado por duas amostras. O indicativo legal de 0,38 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) é ultrapassado por todas as amostras.

### **Cu: cobre**

O cobre (do latim – *cuprum*) é um metal de transição, de cor avermelhada, alta condutividade térmica e elétrica, maleável e dúctil. Possui forte afinidade com o enxofre, formando minerais sulfetados em condições redutoras e nos processos supergênicos, em condições oxidantes, forma hidróxidos e carbonatos. Tem como principais minerais a calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), calcocita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), tetraedrita ( $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$ ), malaquita [ $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})$ ], azurita [ $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ] e o cobre nativo. Os principais depósitos no Brasil se encontram em Carajás, no Pará, na Bahia e em Goiás (BIONDI, 2003). É importante para a fotossíntese vegetal e essencial para a saúde humana, mas em excesso e exposições prolongadas pode causar irritações nas vias respiratórias, vertigem, náuseas e diarreias. O cobre é indispensável à vida em geral, participando no organismo humano do processo de fixação do ferro na hemoglobina do sangue (KOLJONEN *et al.*, 1992; MINEROPAR, 2005).

Na área ocorrem valores acima do permitido em três meios amostrais: água, sedimento de fundo e solo sub.

Nas análises de água, o cobre tem mediana de 0,0025 mg/L e valor máximo de 0,0227 mg/L. O valor permitido pela legislação de 0,009mg/L da Conama 357 é ultrapassado em duas amostras. O valor indicado de 2 mg/L pela Portaria 2914 e pelo WHO 2011 não é ultrapassado por nenhuma amostra.

Os sedimentos de fundo apresentam mediana de 14,65 ppm e valor máximo de 97,7 ppm, para um máximo permitido pela legislação de 35,7 ppm Conama 454 (Nível 1) e NOAA SQuiRT 2008 (TEL), ultrapassado em cinco amostras.

O solo sub apresentou mediana 5,4 ppm e valor máximo de 125,4 ppm, único valor que ultrapassa os valores máximos permitidos pela legislação de 49,82 ppm do VQR MG e de 60 ppm da Cetesb e Conama 420.

### **Fe: ferro**

O ferro é um metal de transição com coloração branco-prateada, magnético, altamente suscetível à corrosão, bom condutor de calor e eletricidade, dúctil e maleável. É um dos maiores constituintes da litosfera e, nas rochas, está presente nas classes dos silicatos, óxidos, sulfetos e carbonatos, sendo encontrado em maiores quantidades nas rochas ígneas máficas (MINEROPAR, 2005). Seus principais minerais são: hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), siderita ( $\text{FeCO}_3$ ), limonita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ), pirita ( $\text{FeS}_2$ ), pirrotita ( $\text{FeS}$ ) e outros. A principal de suas inúmeras utilidades é a manufatura de



aço e outras ligas decorrentes de sua mistura com outros elementos na siderurgia. No Brasil, ocorrem os grandes depósitos de Carajás no Pará, Minas Gerais (Quadrilátero Ferrífero) e Mato Grosso do Sul. É um elemento essencial para os processos fisiológicos de todos os seres vivos, sendo fundamental no metabolismo de algumas enzimas e como componente da hemoglobina, cuja deficiência conduz à anemia (KOLJONEN *et al.* 1992).

Na área ocorrem valores acima da legislação apenas nas análises provenientes da água superficial, que apresentam mediana de 0,3992mg/L e valor máximo de 2,7731mg/L. Quinze amostras ultrapassam o valor permitido pela legislação de 0,3 mg/L da Portaria MS 2914/2011, Conama 357 e Conama 396.

### Hg: mercúrio

O mercúrio (do latim – *hydrargyrum*) é um metal de transição, denso, altamente volátil, pobre condutor de calor e eletricidade. Raramente, ocorre livre na natureza, é líquido em condições de temperatura ambiente e tem cor prateada. Seu principal mineral é o cinábrio (HgS). Tem facilidade em formar ligas com muitos metais, como ouro, prata e estanho, denominadas amálgamas. É bastante utilizado para amalgamar ouro nos garimpos e minerações. É largamente empregado em instrumentos de laboratório (termômetro e barômetro), lâmpadas de vapor de mercúrio, relés, eletrodos na fabricação de baterias, na produção de pesticidas, pigmentos e em odontologia. Até o momento, não desempenha papel biológico conhecido, sendo intrinsecamente tóxico (MINEROPAR, 2005). O Hg orgânico (metilmercúrio e dimetilmercúrio) é altamente tóxico, sendo rapidamente absorvido pelos tratos respiratório, gastrointestinal e epidérmico. O Hg é biocumulativo e biomagnificado na natureza por meio da cadeia trófica, tendo características toxicológicas capazes de proporcionar doenças neurológicas, mutagênese e teratogênese. As principais fontes pontuais de poluição são as indústrias de soda-cloro, através dos seus efluentes, e as usinas termoelétricas, que utilizam carvão mineral. O elemento não é explorado comercialmente no Brasil.

Localmente, ocorrem valores acima do permitido pela legislação nas amostras de sedimento de fundo, solo top e solo sub.

Nas amostras de sedimento de fundo, apresentou mediana de 0,02 ppm e valor máximo de 0,68 ppm, para um máximo permitido pela legislação de 0,17 ppm da Conama 454 (Nível 1) e 0,174 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (TEL), em quatro amostras.

No solo top, apresenta mediana de 0,03 ppm e valor máximo de 0,09 ppm. O valor máximo permitido pela legislação de 0,03 ppm do VQR MG é ultrapassado em 10 amostras. O valor de 0,5 ppm da Cetesb e Conama 420 e o de 0,3 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) não é ultrapassado por nenhuma amostra.

No solo sub, apresenta mediana 0,03 ppm e valor máximo de 0,09 ppm. O valor máximo permitido pela legislação de 0,03 ppm do VQR MG é ultrapassado em 12 amostras. O valor de 0,5 ppm da Cetesb e Conama 420 e o de 0,3 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) não é ultrapassado por nenhuma amostra.

### Mn: manganês

O manganês é um metal de transição, relativamente abundante na crosta, de cor branco-acinzentada, frágil, refratário, facilmente oxidável e não é encontrado livre na natureza. Existem inúmeros minerais de Mn, destacando-se: pirolusita ( $MnO_2$ ), rodocrosita ( $MnCO_3$ ), psilomelano [ $(Ba, H_2O)_2Mn_5O_{10}$ ], criptomelana ( $KMn_8O_{16}$ ), haussmannita ( $Mn_2O_4$ ) e a manganita [ $MnO(OH)$ ]. É utilizado, principalmente, na produção de ligas de aço (pela capacidade de endurecer o aço sem torná-lo mais frágil), na produção de pilhas e para coloração de vidros. No Brasil, encontra-se nos depósitos do Azul, na Província Mineral de Carajás, no estado do Pará; em Corumbá, no Mato Grosso do Sul; nas cidades de Mariana e Conselheiro Lafaiete,

em Minas Gerais; e em Caetité, no centro-sul da Bahia (DNPM, 2009). O manganês é um oligoelemento não tóxico, essencial para todas as formas de vida, nas quais tem funções tanto estruturais quanto enzimáticas e é importante na fixação da vitamina B1. Se inalado em quantidades excessivas, pode causar danos neurológicos irreversíveis (LOPES JUNIOR, 2007; KOLJONEN *et al.*, 1992).

Localmente, ocorrem valores acima do permitido pela legislação apenas nas análises de água superficial, que apresentam mediana de 0,0283 mg/L e valor máximo de 0,1497mg/L. Seis amostras ultrapassam os valores permitidos pela legislação de 0,1 mg/L para Portaria MS 2914/2011, Conama 357 e Conama 396.

### **Mo: molibdênio**

O molibdênio é um metal de transição de coloração branco-prateada, resistente à corrosão, com alto ponto de fusão, bom condutor de eletricidade e calor, não sendo encontrado livre na natureza. De forma mais comum, ocorre como molibdenita ( $\text{MoS}_2$ ), powellita [ $\text{Ca}(\text{MoW})\text{O}_4$ ] e wulffanita [ $\text{Pb}(\text{MoO}_4)$ ]. É usado para ligas metálicas de alta dureza e resistência mecânica; em peças de mísseis, aeronaves e de uso nuclear; catalisadores na indústria petroquímica; filamentos para a indústria elétrica e lubrificantes resistentes a altas temperaturas. No Brasil, o molibdênio ocorre em rochas calcissilicáticas, ocasionalmente extraído como subproduto da scheelita na Província Scheelitífera do Seridó, nos estados do RN e PB (DNPM, 2009). É um micronutriente essencial, porém moderadamente tóxico (KOLJONEN *et al.*, 1992). Ao lado do F e do Se, faz parte do grupo de elementos que possuem estreita margem entre concentrações essenciais e tóxicas (LOPES JUNIOR, 2007).

Na área de pesquisa, apenas as amostras de solo top e solo sub apresentaram valores acima dos limites estabelecidos.

No solo top, com mediana de 1,305 ppm e valor máximo de 3,93 ppm, o valor máximo permitido pela legislação de 0,9 ppm do VQR MG foi ultrapassado por 25 amostras. Já o valor de 30 ppm da Cetesb e Conama 420 não foi ultrapassado por nenhuma amostra. Duas amostras ultrapassaram o indicativo de 3 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target).

No solo sub, com mediana de 1,39 ppm e valor máximo de 4,56 ppm, o valor máximo permitido pela legislação de 0,9 ppm do VQR MG foi ultrapassado por 21 amostras. Já o valor de 30 ppm da Cetesb e Conama 420 não foi ultrapassado por nenhuma amostra. Três amostras ultrapassaram o indicativo de 3 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target).

### **Na: sódio**

O sódio (*do latim – natrium*) é um metal alcalino, intensamente reativo, de cor prateada a branca, sendo encontrado na natureza apenas quando combinado com outros elementos. Com o cloro, forma um dos mais importantes alimentos naturais, o sal ( $\text{NaCl}$ ), usado desde tempos pré-históricos. Durante o intemperismo, o sódio é dissolvido dos feldspatos e removido para os rios e mares, sendo responsável pelo aumento da salinidade da água (Mineropar, 2005). Seus principais minerais são: sais de evaporitos, tais como a halita ( $\text{NaCl}$ ), bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), mirabilita ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), thenardita ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) e trona ( $\text{Na}_3\text{HCO}_3 \text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (MINEROPAR, 2005). É usado, principalmente, como condimento alimentar, além de diversos produtos, como soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ); hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ), usado para purificação e desinfecção de água; produtos para panificação (bicarbonato de sódio –  $\text{NaHCO}_3$ ); produção de vidro; fabricação do sabão; nas indústrias têxtil e química (MINEROPAR, 2005). No Brasil, existe produção de sal marinho em superfície, principalmente no Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro. Em Alagoas, existe produção de  $\text{NaCl}$  para

fins industriais, sendo retirado de mina subterrânea. É um elemento vital, não tóxico, sendo importante na dieta alimentar humana, para o equilíbrio das soluções celulares e de algumas funções das células nervosas. Os sais de sódio são geralmente inofensivos, como o NaCl (sal de cozinha), mas não podem ser ingeridos em excesso, principalmente por pessoas com problemas cardíacos, porque eleva a pressão arterial (MINEROPAR, 2005).

Apenas nas análises de água superficial o elemento Na está acima do permitido, com mediana de 24,8113 mg/L e valor máximo de 9.491,3 mg/L. Cinco amostras ultrapassaram o valor permitido pela legislação de 200 mg/L do Conama 396 e Portaria 2914, enquanto seis amostras ultrapassaram o indicativo de 50 mg/L do WHO 2011.

### Ni: níquel

O níquel é um metal prateado, considerado siderófilo, por estar associado ao Fe, e calcófilo, por possuir grande afinidade com o enxofre. Geralmente, associa-se ao Co, Cu e Pt, em depósitos sulfetados em minerais como a pentlandita  $[(NiFe)_9S_8]$ , milerita (NiS), violarita  $(FeNi_2S_4)$ , nicolita ou niquelina (NiAs), garnierita  $[(NiMg)_6(OH)_8Si_4O_{10}]$  e heazlewoodita  $(Ni_3S_2)$ . O mineral pirrotita (FeS) pode conter até 5% de Ni. Meteoritos de Fe, os sideritos, podem conter de 5 a 20% de Ni. É usado, principalmente, como componente em aços inoxidáveis, ligas não ferrosas e eletrodeposição (MINEROPAR, 2005). No Brasil, ocorre em Jaguar, Santa Rita, Onça-Puma, Vermelho, Jacaré-Jacarezinho, Niquelândia, Barro Alto, Americana do Brasil, Água Branca e São João do Piauí (DNPM, 2009). O níquel não tem papel biológico conhecido, mas acredita-se que participe de reações enzimáticas. Possui seu efeito deletério na saúde humana marcado por reações alérgicas, chegando até a causar câncer respiratório, irritação gastrointestinal, dermatite e malformações congênitas (KOLJONEN *et al.*, 1992).

Na área, ocorrem valores acima do permitido nas legislações nos sedimentos de fundo, solo top e solo sub.

Para sedimentos de fundo, a mediana é 8,6 ppm e o valor máximo de 30,9 ppm, para um máximo permitido pela legislação de 18 ppm do Conama 454 (Nível 1) e do NOAA SQuiRT 2008 (TEL), ultrapassado em quatro amostras.

Os resultados de solo top apresentam mediana de 3,65 ppm e valor máximo de 25,9 ppm, que ultrapassa o valor máximo permitido pela legislação de 21,48 ppm do VQR MG. Nenhuma amostra ultrapassa o patamar de 30 ppm da Cetesb e do Conama 420. Já o indicativo de 0,26 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) é ultrapassado por todas as amostras.

Os resultados de solo top apresentam mediana de 3,45 ppm e valor máximo de 22 ppm, que ultrapassa o valor máximo permitido pela legislação de 21,48 ppm do VQR MG. Nenhuma amostra ultrapassa o patamar de 30 ppm da Cetesb e do Conama 420. Já o indicativo de 0,26 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) é ultrapassado por todas as amostras.

### Pb: chumbo

O chumbo (do latim – *plumbum*) é um metal pesado de cor branco-azulada, maleável, dúctil, resistente à corrosão e fraco condutor de eletricidade. Ressalte-se que parte do chumbo na natureza tem sido formada pelo decaimento radioativo do urânio e tório (MINEROPAR, 2005; KOLJONEN, 1992). Tem como principais minerais: galena (PbS), anglesita (PbSO<sub>4</sub>), cerusita (PbCO<sub>3</sub>) e os menos comuns bournonita (PbCuSbS<sub>3</sub>), jamesonita (Pb<sub>4</sub>FeSb<sub>6</sub>S<sub>14</sub>) e wulfenita (PbMoO<sub>4</sub>). É usado, principalmente, como liga metálica, baterias automotivas, fusíveis, revestimentos de cabos elétricos, pigmento de tinta e em revestimentos protetores de raios X. A principal produção de concentrado de Pb no Brasil é proveniente

da mina do Morro Agudo, em Paracatu-MG (DNPM, 2009). Como não é elemento essencial nem faz parte do metabolismo humano, é perigoso quando presente em excesso no meio ambiente e, geralmente, fixa-se na porção mais superior do solo (KOLJONEN *et al.*, 1992; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992). O Pb, quando absorvido, pode se acumular nos ossos, fígado e rins (tecidos ricos em Ca) (MINEROPAR, 2005). Esse elemento pode afetar todos os órgãos internos do corpo humano e causar danos irreversíveis ao cérebro (saturnismo), não importando se a contaminação se deu por ingestão, contato dermal ou inalação. Apesar de ser intrinsecamente tóxico, a maior parte do Pb ingerido passa pelo organismo sem ser absorvido (MINEROPAR, 2005).

Na área, ocorrem valores acima do permitido nas amostras de sedimento de fundo e solo sub.

Os sedimentos apresentam mediana de 13,2 ppm e valor máximo de 49 ppm, para um máximo permitido pela legislação de 35 ppm da Conama 454 (Nível 1) e do NOAA SQuiRT 2008 (TEL), ultrapassado em três amostras.

Já no solo sub, com mediana 11,2 ppm e valor máximo de 85,3 ppm, o valor máximo permitido pela legislação de 19,5 ppm do VQR MG é ultrapassado em cinco amostras, enquanto que o valor de 72 ppm da Cetesb e do Conama 420 e de 55 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) é ultrapassado em uma amostra.

### **Sb: antimônio**

O antimônio (do latim – *stibium*) é um semimetal de coloração branco-acinzentada, brilho metálico, mau condutor de calor e eletricidade, solúvel em água-régia, sendo por vezes encontrado livre na natureza. O Sb é incorporado aos sedimentos de drenagem na forma de minerais sulfetados detríticos. Tem como principais minerais a estibinita ( $Sb_2S_3$ ), ulmanita (NiSbS), kermesita ( $Sb_2S_2O$ ), valentinita ( $Sb_2O_3$ ), stibiconita [ $(Sb_3)O_6(OH)$ ] livingstonita ( $HgSb_4S_8$ ), tetraedrita [ $(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$ ], calcostibita ( $CuSbS_2$ ) e jamesonita ( $Pb_4FeSb_6S_{14}$ ). É usado, principalmente, em ligas, junto com o Sn e Pb, na fabricação de placas para baterias e revestimentos de cabos; materiais retardadores de chama; semicondutores; indústria da borracha; pigmentos; fabricação de vidros; esmaltes; pinturas; cerâmicas e pequena parte para elaboração de fármacos (compostos injetáveis usados no tratamento da *leishmaniose*). Depósitos do elemento são raros e sempre relacionados às jazidas de Pb Hg e Ag. O Sb não tem papel biológico conhecido e seus compostos são altamente tóxicos. Quando em excesso, provoca severos danos ao fígado (MINEROPAR, 2005; KOLJONEN *et al.*, 1992).

Esse elemento está acima do permitido nas amostras de água superficial e solo sub.

As análises de água apresentaram mediana de 0,0010 mg/L e valor máximo de 0,0064 mg/L. Uma amostra ultrapassa os indicativos de 0,005 mg/L da Portaria MS 2914/2011, Conama 357 e Conama 396. Nenhuma amostra ultrapassa o indicativo de 0,02mg/L do WHO.

Os resultados de solo sub apresentaram mediana de 0,025 ppm e valor máximo de 1,98 ppm. O valor máximo permitido pela legislação de 0,5 ppm para VQR MG é ultrapassado em uma amostra. Já os valores de 2 ppm da Cetesb e Conama 420 e de 3 ppm do NOAA SQuiRT 2008 (Target) não são ultrapassados em nenhuma das amostras.

### **Se: selênio**

O selênio é um não metal de coloração cinza, média densidade, baixo ponto de fusão, apresentando efeito fotoelétrico. É um elemento raro na natureza, existindo naturalmente em rochas, sedimentos e solos em estado nativo ou em minerais sulfetados ou como selenato associado a Pb, Hg, Cu, Ag e Th. Tem várias aplicações na área da eletrônica e elétrica; em fotografias é utilizado como catalisador na oxidação, hidrogenação e desidrogenação de compostos orgânicos, sendo também adicionado aos aços inoxidáveis. O selênio é produzido a partir de depósitos de cobre, como subproduto. É um micronutriente para todas

as formas de vida, sendo essencial ao organismo humano, no entanto, torna-se tóxico e cancerígeno quando associado a algumas de suas formas orgânicas e se consumido em quantidades elevadas. Sua carência nos humanos pode causar: esterilidade feminina, infecções, problemas de crescimento e insuficiência pancreática. Por outro lado, seu excesso (em nível de nutriente) nos humanos pode causar: artrite, cansaço, halitose, irritabilidade, disfunção renal, desconforto muscular e pele amarelada.

Na área, ocorrem valores elevados nos solos top e sub.

Para o solo top, com mediana 0,5 ppm e valor máximo de 2 ppm, o valor máximo permitido pela legislação de 0,51 ppm do VQR MG e o de 0,7 ppm, indicativo NOAA SQuiRT 2008 (Target), é ultrapassado em nove amostras. Já o valor máximo de 5 ppm da Cetesb e do Conama 420 não é ultrapassado por nenhuma amostra.

Para o solo sub, com mediana 0,5 ppm e valor máximo de 2 ppm, o valor máximo permitido pela legislação de 0,51 ppm do VQR MG e o de 0,7 ppm, indicativo NOAA SQuiRT 2008 (Target), é ultrapassado em quatro amostras. Já o valor máximo de 5 ppm da Cetesb e do Conama 420 não é ultrapassado por nenhuma amostra.

### Sr - estrôncio

O estrôncio é um metal alcalino-terroso, branco-prateado, maleável, dúctil, bom condutor de eletricidade e que se oxida rapidamente quando exposto ao ar. Durante o intemperismo, é facilmente mobilizado, principalmente em ambientes oxidantes ácidos. O conteúdo de Sr nos solos é fortemente controlado pela rocha-fonte e pelo clima; com isto suas razões variam nos horizontes superficiais, sendo fortemente lixiviado em solos ácidos (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992; KOLJONEN *et al.*, 1992). Seus principais minerais são a celestita ( $\text{SrSO}_4$ ) e a estroncianita ( $\text{SrCO}_3$ ). É usado no refino de açúcar, na síntese da gema fabulita (titanato de estrôncio), fogos de artifício (nitratos), composição de pigmentos (cromatos), fabricação de cerâmicas, medicina, odontologia, vidros para tubos de imagem de TV, ímãs de ferrite e cremes dentais. O elemento não é tóxico, exceto a forma radioativa ( $^{90}\text{Sr}$  artificial, remanescente de explosões nucleares). No Brasil, há apenas um pequeno depósito não comercial de celestita em rochas sedimentares da Bacia do Apodi, RN, e uma ocorrência na Bacia do Araripe, CE (LIMA *et al.*, 1994). Por se assemelhar ao elemento químico cálcio (mesma família na tabela periódica), o Sr é absorvido pelo corpo e armazenado nos ossos em substituição ao primeiro. O isótopo  $^{90}\text{Sr}$ , se ingerido, é perigoso, pois ao ocupar o lugar do Ca na estrutura óssea pode causar câncer (LOPES JUNIOR, 2007).

Ocorre na área acima dos valores permitidos pela legislação nos solo top e sub.

Para solo top, com mediana de 9,1 ppm e valor máximo de 82,3 ppm, o valor máximo permitido pela legislação de 9,47 ppm do VQR MG é ultrapassado em 14 amostras.

Para solo sub, apresentou mediana de 8,95 ppm e valor máximo de 176,8 ppm. O valor máximo permitido pela legislação de 9,47 ppm para VQR MG é ultrapassado em 11 amostras. Não existem valores para Sr no CETESB, Conama 420 e NOAA SQuiRT 2008 (Target).

### V: vanádio

O vanádio é um metal de cor branco-prateada, macio, dúctil, litófilo, e que ocorre em vários estados de oxidação. Não é encontrado livre na natureza e ocorre junto com o urânio em sedimentos ricos em matéria orgânica, notadamente em ambientes redutores (KOLJONEN *et al.*, 1992). Seus principais minerais são a carnotita [ $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ], ferghanita [ $\text{U}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ] e vanadinita [ $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$ ]. É usado, principalmente, como componente da liga Fe-V, na indústria de aços especiais e como compostos químicos em agentes catalisadores. No Brasil, o vanádio pode ser encontrado no município

de Maracás - BA, mas ainda não há produção no país na forma de metal (DNPM, 2009). É considerado um elemento essencial para algumas espécies vegetais e animais (LOPES JUNIOR, 2007). Exposições a altos níveis desse elemento podem causar irritações nos pulmões, olhos e garganta, mas não é considerado elemento carcinogênico (MINEROPAR, 2005).

Na área, ocorrem valores acima do permitido nas análises de solo top e solo sub.

O solo top apresenta mediana de 56 ppm e valor máximo de 200 ppm. O valor máximo permitido pela legislação de 128,51 ppm do VQR MG é ultrapassado em três amostras e o valor de 42 ppm do NOAA SQUIRT 2008 (Target) é ultrapassado em 18 amostras. O valor de 275 ppm da Cetesb não é ultrapassado e não existem valores de V para o Conama 420.

O solo sub apresenta mediana de 65,5 ppm e valor máximo de 194 ppm. O valor máximo permitido pela legislação de 128,51 ppm do VQR MG é ultrapassado em quatro amostras e o valor de 42 ppm do NOAA SQUIRT 2008 (Target) é ultrapassado em 20 amostras. O valor de 275 ppm da Cetesb não é ultrapassado.

## Zn: zinco

O zinco é um metal de cor branco-azulada, possui facilidade de se oxidar, baixo ponto de fusão, que o torna maleável, é razoável condutor de eletricidade e tem facilidade de combinação com outros metais, o que permite sua utilização na fabricação de ligas. Tem como principais minerais: esfalerita (ZnS), smithsonita (ZnCO<sub>3</sub>), hidrozincita [Zn<sub>5</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>], zincita (ZnO), calamina [Zn<sub>4</sub>Si<sub>3</sub>O(OH)<sub>2</sub>], willemita (Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) e franklinita [(Zn,Mn,Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>]. Os compostos de Zn possuem uma variada utilização na indústria (desodorantes, xampu, tintas luminescentes, cosméticos, borrachas, tintas, pilhas e baterias etc.). É utilizado também em ligas, como latão e o bronze, entretanto seu uso principal está no processo de galvanização. O Brasil tem as principais jazidas nos estados de Minas Gerais e Paraná (DNPM, 2009). É um elemento-traço essencial para os sistemas vivos; é encontrado em todos os tecidos e fluidos do corpo humano, sendo essencial para o crescimento, desenvolvimento e reprodução (KOLJONEN *et al.*, 1992). O Zn metálico e seus compostos não são considerados tóxicos, salvo em elevadas quantidades, mas alguns sais podem ser carcinogênicos (ATSDR, 1999).

Na área, esse elemento está acima do permitido em todos os meios amostrais, sendo: água, sedimentos de fundo, solo top e solo sub.

Para água superficial, apresentou mediana de 0,0345mg/L e valor máximo de 0,2912mg/L. Três amostras ultrapassaram o valor permitido pela legislação de 0,18 mg/L do Conama 357. O valor legal de 5,0 mg/L da Portaria 2914 e CONAMA 396 não é ultrapassado nas amostras.

Para sedimentos de fundo, apresentou mediana 32 ppm e valor máximo de 267 ppm, para um máximo permitido pela legislação de 123 ppm da Conama 454 (Nível 1) e do NOAA SQUIRT 2008 (TEL), ultrapassado em **quatro amostras**.

Para solo top, com mediana de 18 ppm e valor máximo de 87 ppm, quatro amostras ultrapassaram o valor máximo permitido pela legislação de 46,30 ppm da VQR MG; três ultrapassaram o valor de 60,0 ppm da Cetesb e 15 ultrapassaram o indicativo de 16 ppm do NOAA SQUIRT 2008 (Target). O valor de 300 ppm da Conama 420 não é ultrapassado.

Para solo sub, com mediana de 12,5 ppm e valor máximo de 67 ppm, cinco amostras ultrapassaram o valor máximo permitido pela legislação de 46,30 ppm da VQR MG; uma amostra ultrapassou o valor de 60,0 ppm da Cetesb e oito amostras ultrapassaram o indicativo de 16 ppm do NOAA SQUIRT 2008 (Target). O valor de 300 ppm da Conama 420 não é ultrapassado.

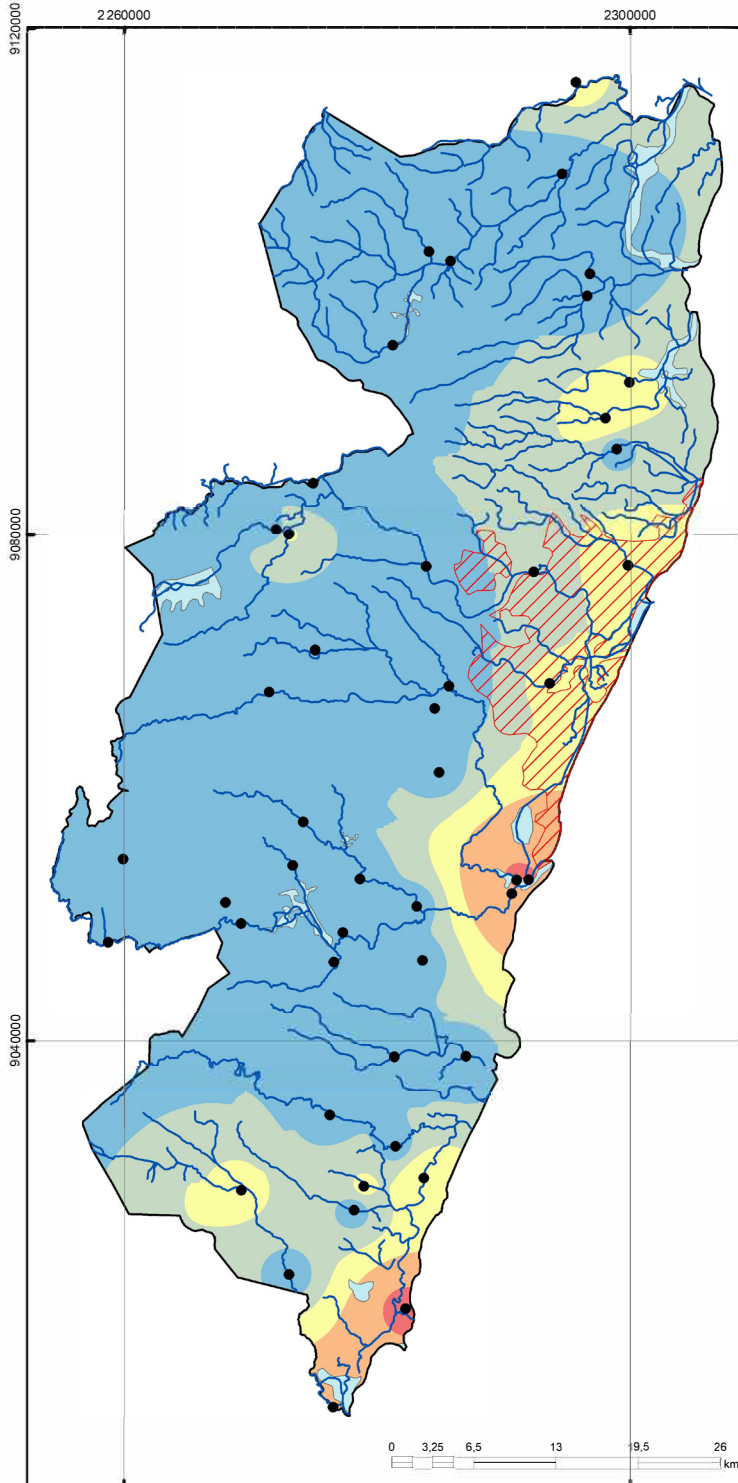
## **APÊNDICE III**

Descrição dos elementos  
encontrados em valores acima  
do permitido pela legislação

Região Metropolitana da Recife

**ARSÊNIO**

**As** Sedimentos

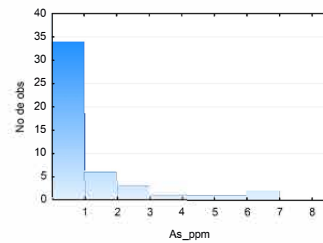
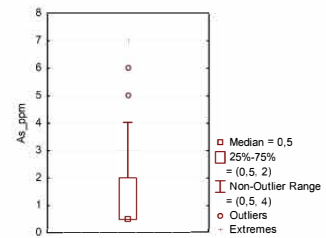


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ⬠ Barragens
- ⊖ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**As (ppm)**

- < 0,98
- 0,98 - 1,75
- 1,75 - 3,02
- 3,02 - 5,90
- > 5,90



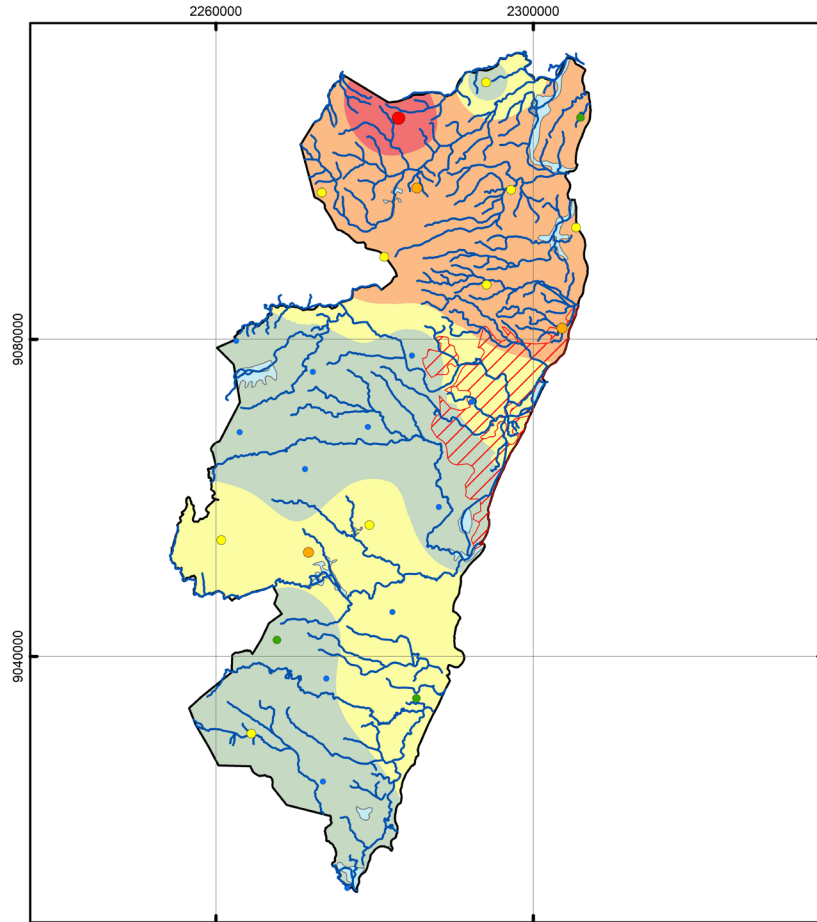
| Elemento               | As_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 1      |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 15     |
| %                      | 31%    |
| Valor Mínimo           | 0,5    |
| Valor Máximo           | 7,00   |
| Média                  | 1,41   |
| Mediana                | 0,5    |
| Desvio Padrão          | 1,73   |
| CONAMA 434 (Nivel 1)   | 5,9    |
| NOAA SQuiRT 2008 (TEL) | 5,9    |



Região Metropolitana do Recife

# ARSÊNIO

## As Solo



**Legenda**

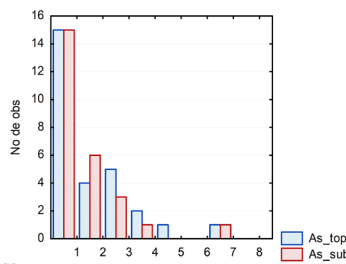
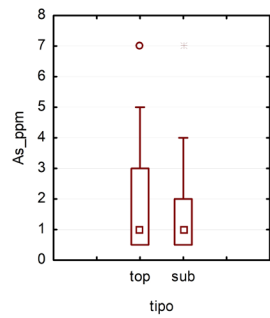
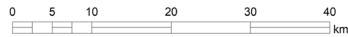
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top As (ppm)**

- < 0,500
- 0,500 - 1,00
- 1,00 - 3,00
- 3,00 - 6,75
- > 6,75

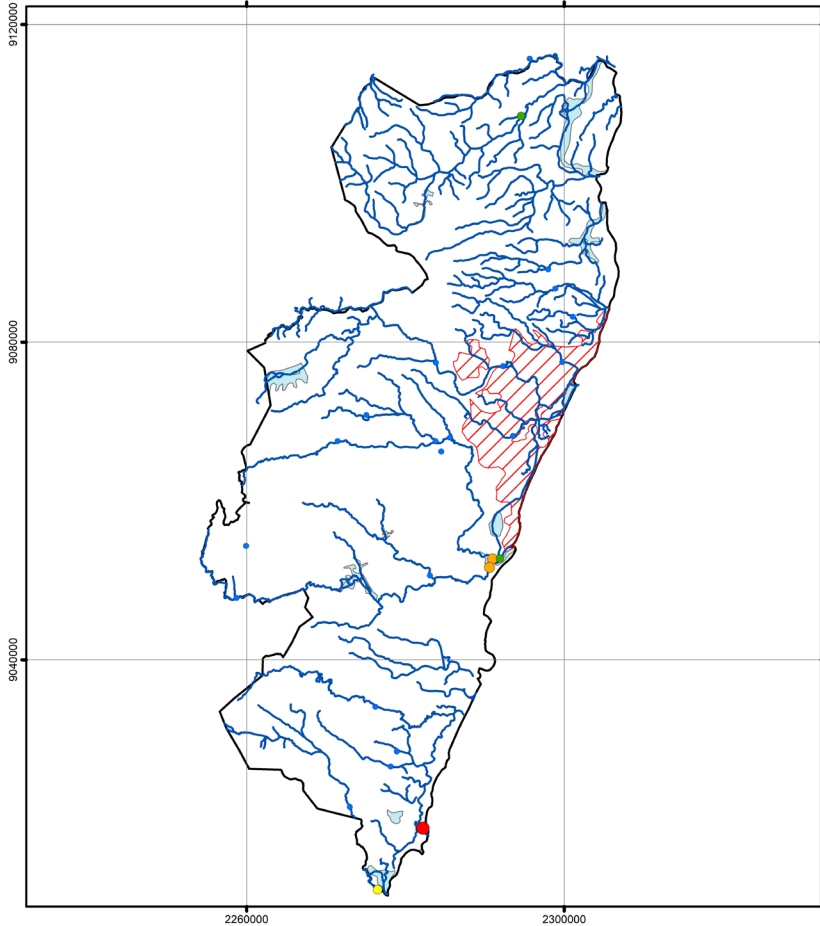
**Solo Sub As (ppm)**

- < 0,500
- 0,500 - 1,00
- 1,00 - 2,00
- 2,00 - 4,25
- > 4,25



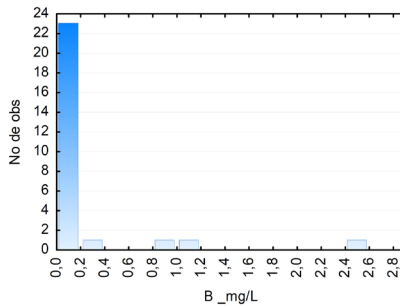
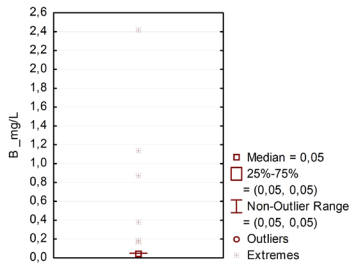
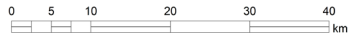
| Elemento                  | As_Top | As_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 1      | 1      |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 16     | 15     |
| %                         | 0,57   | 0,58   |
| Valor Mínimo              | 0,50   | 0,50   |
| Valor Máximo              | 7      | 7      |
| Média                     | 1,86   | 1,60   |
| Mediana                   | 1,00   | 1      |
| Desvio Padrão             | 1,68   | 1,50   |
| VQR MG                    | 8      | 8      |
| CETESB                    | 15     | 15     |
| CONAMA 420                | 15     | 15     |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | 0,9    | 0,9    |
| Clarke                    | 1,8    | 1,8    |

Região Metropolitana da Baixada  
**BORO**  
**B** Água de Superfície



- Legenda**
- Pontos de coleta
  - Localidade
  - ~ Rede de drenagem
  - ◆ Barragens
  - ⬭ Limite da bacia
  - ▨ Área edificada

- B (mg/L)**
- < 0,05
  - 0,05 - 0,18
  - 0,18 - 0,37
  - 0,37 - 1,14
  - > 1,14



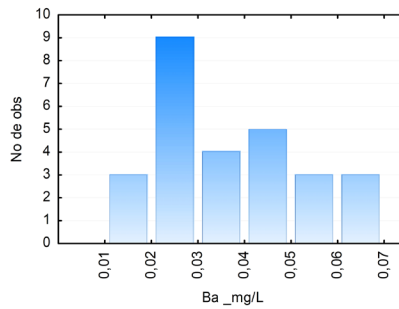
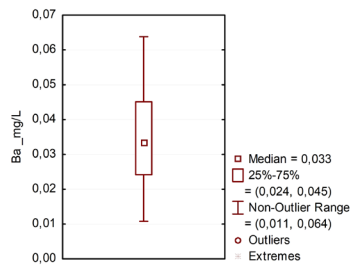
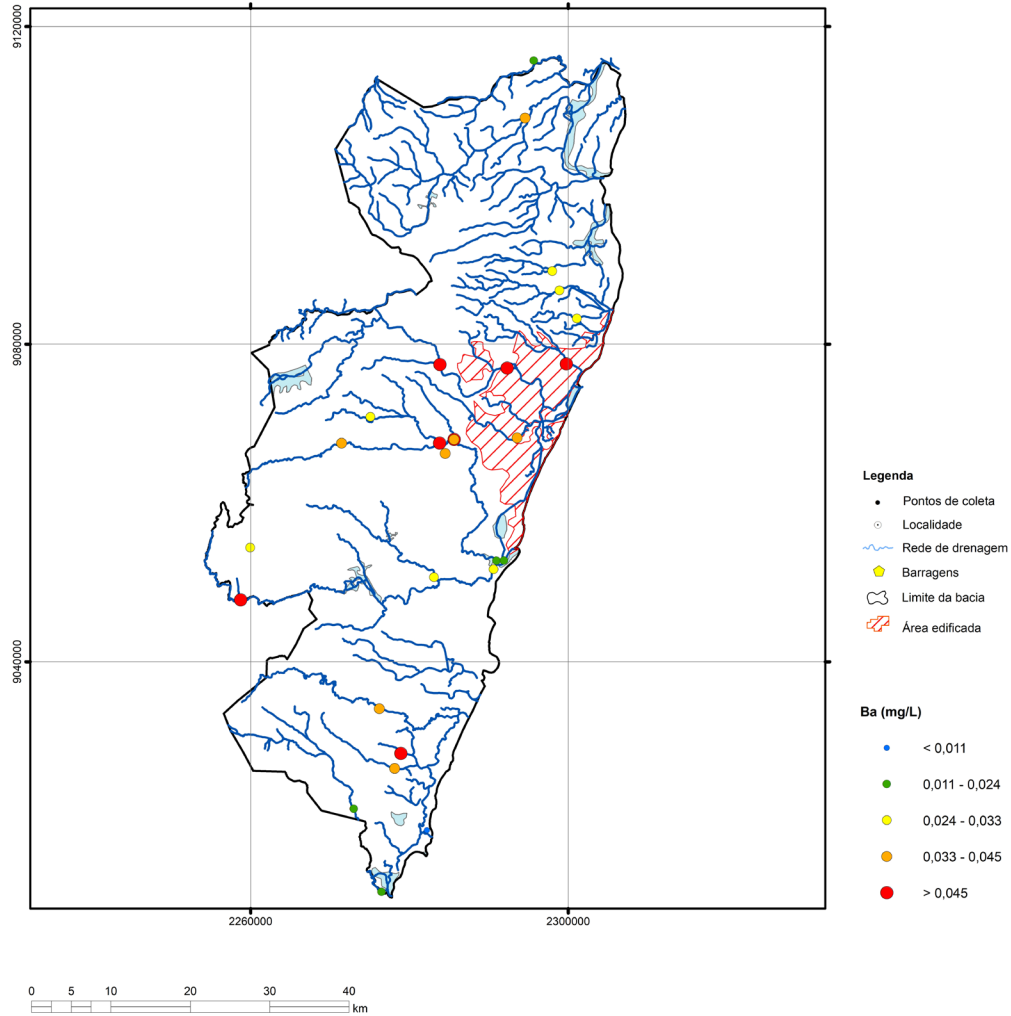
| Elemento              | B_mg/L |
|-----------------------|--------|
| Limite de Detecção    | 0,10   |
| Número de Medidas     | 27,00  |
| Medidas > Limite      | 6,00   |
| %                     | 22%    |
| Valor Mínimo          | 0,05   |
| Valor Máximo          | 2,42   |
| Média                 | 0,23   |
| Mediana               | 0,05   |
| Desvio Padrão         | 0,51   |
| PORTARIA MS 2914/2011 | -      |
| CONAMA 357            | 0,50   |
| CONAMA 396            | 0,50   |
| WHO 2011              | 2,40   |

Região Metropolitana da Recife

# BÁRIO

## Ba

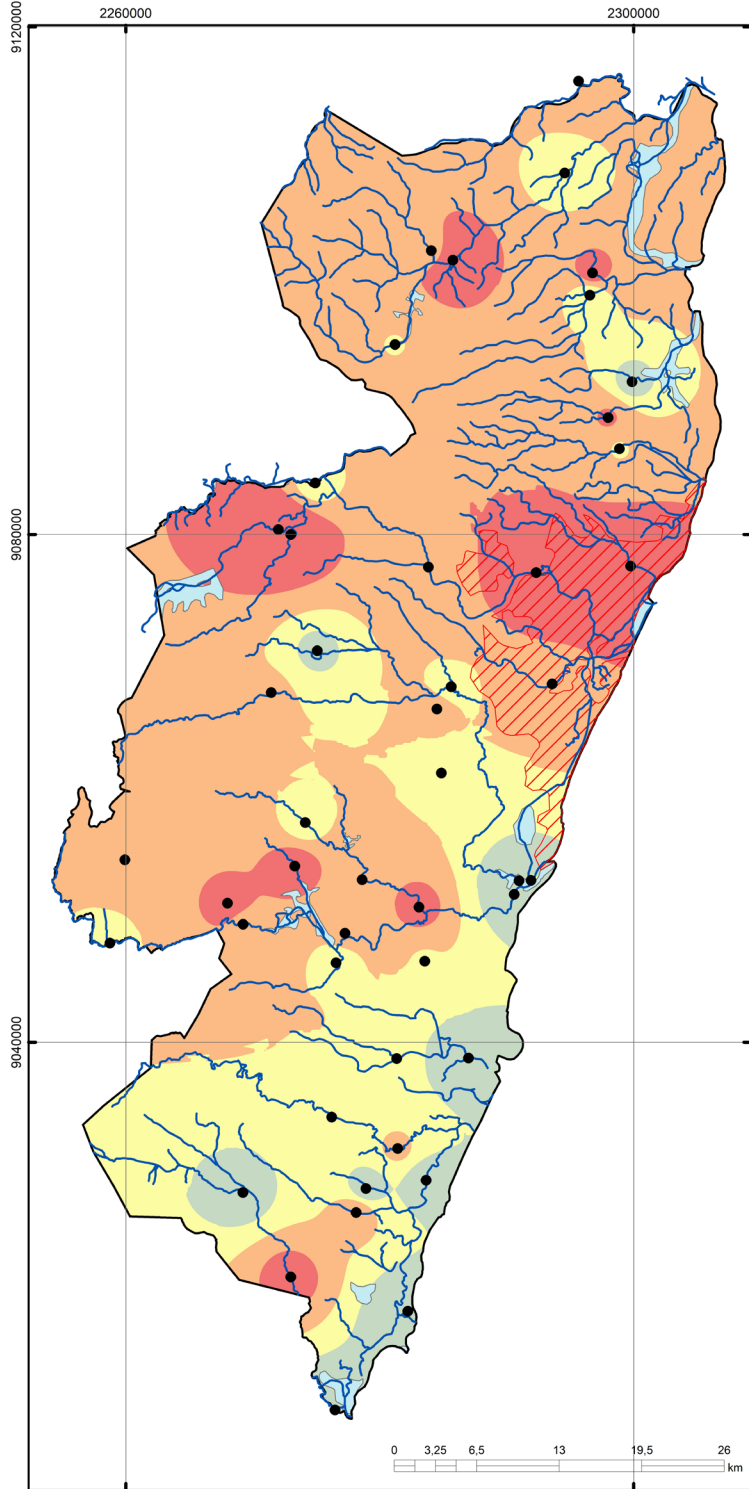
### Água de Superfície



| Elemento              | Ba_mg/L |
|-----------------------|---------|
| Limite de Detecção    | 0,01    |
| Número de Medidas     | 27,00   |
| Medidas > Limite      | 27,00   |
| %                     | 100%    |
| Valor Mínimo          | 0,01    |
| Valor Máximo          | 0,06    |
| Média                 | 0,04    |
| Mediana               | 0,03    |
| Desvio Padrão         | 0,01    |
| PORTARIA MS 2914/2011 | 0,70    |
| CONAMA 357            | 0,70    |
| CONAMA 396            | 0,70    |
| WHO 2011              | 0,70    |

Região Metropolitana da Recife

**BÁRIO** Ba Sedimentos

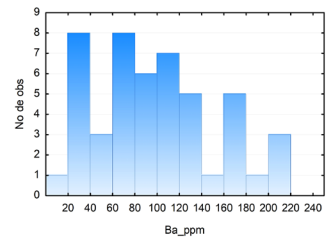
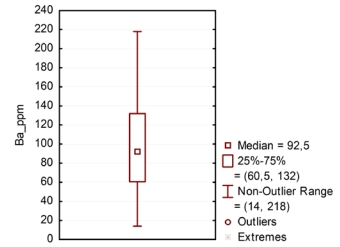


**Legenda**

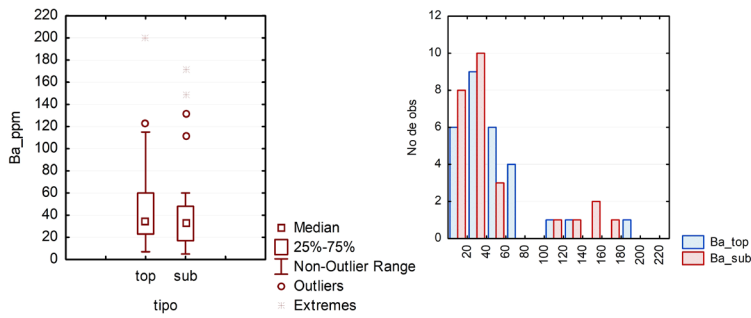
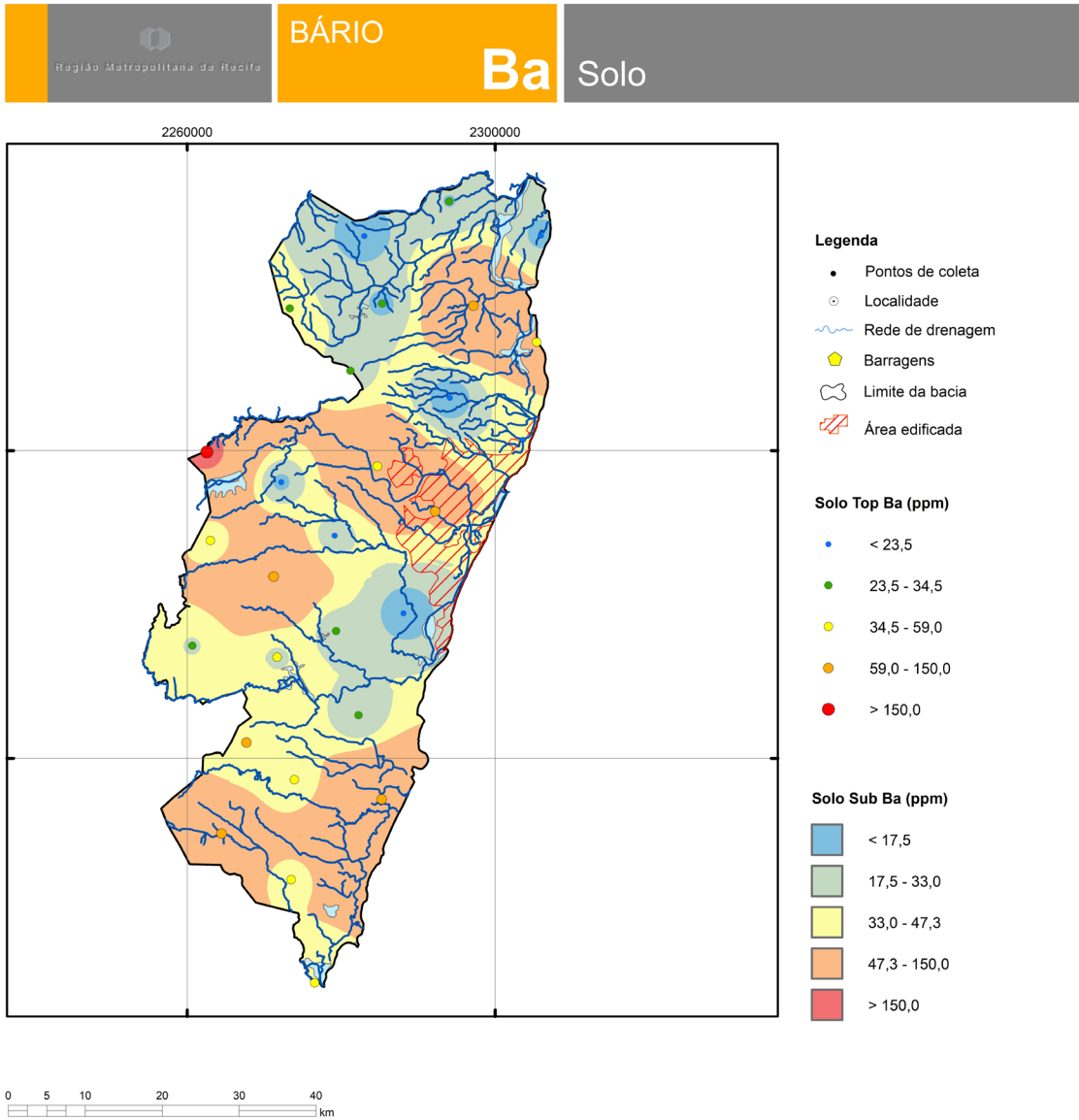
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⬭ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Ba (ppm)**

- <14,0
- 14,0 - 60,5
- 60,5 - 92,5
- 92,5 - 132,0
- >132,0

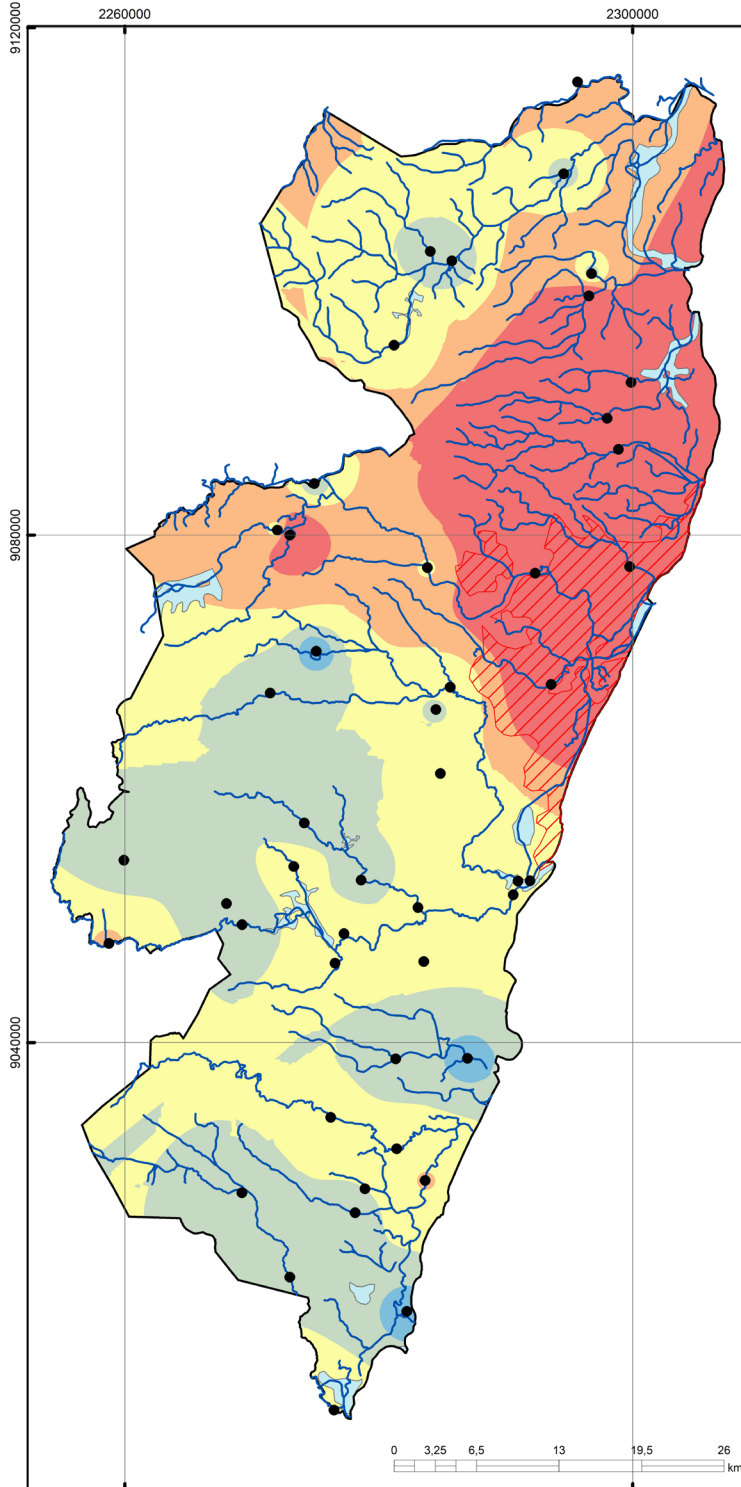


| Elemento               | Ba_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 5      |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 14     |
| Valor Máximo           | 218    |
| Média                  | 98,25  |
| Mediana                | 92,5   |
| Desvio Padrão          | 54,46  |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | -      |
| NOAA SQuiRT 2008 (TEL) | -      |



| Elemento                  | Ba_Top | Ba_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 5      | 5      |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 7,00   | 5,00   |
| Valor Máximo              | 200    | 171    |
| Média                     | 46,61  | 49,23  |
| Mediana                   | 34,50  | 33     |
| Desvio Padrão             | 41,78  | 48,96  |
| VQR MG                    | 93     | 93     |
| CETESB                    | 150    | 150    |
| CONAMA 420                | 150    | 150    |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | 160    | 160    |
| Clarke                    | 390    | 390    |

Rajão Metropolitana da Recife  
**CÁDMIO**  
**Cd** Sedimentos

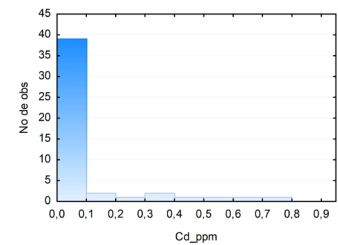
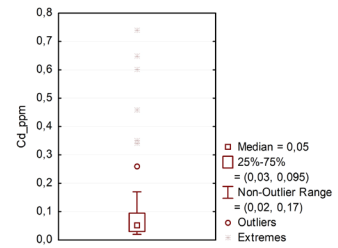


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- Rede de drenagem
- ◊ Barragens
- ⊔ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

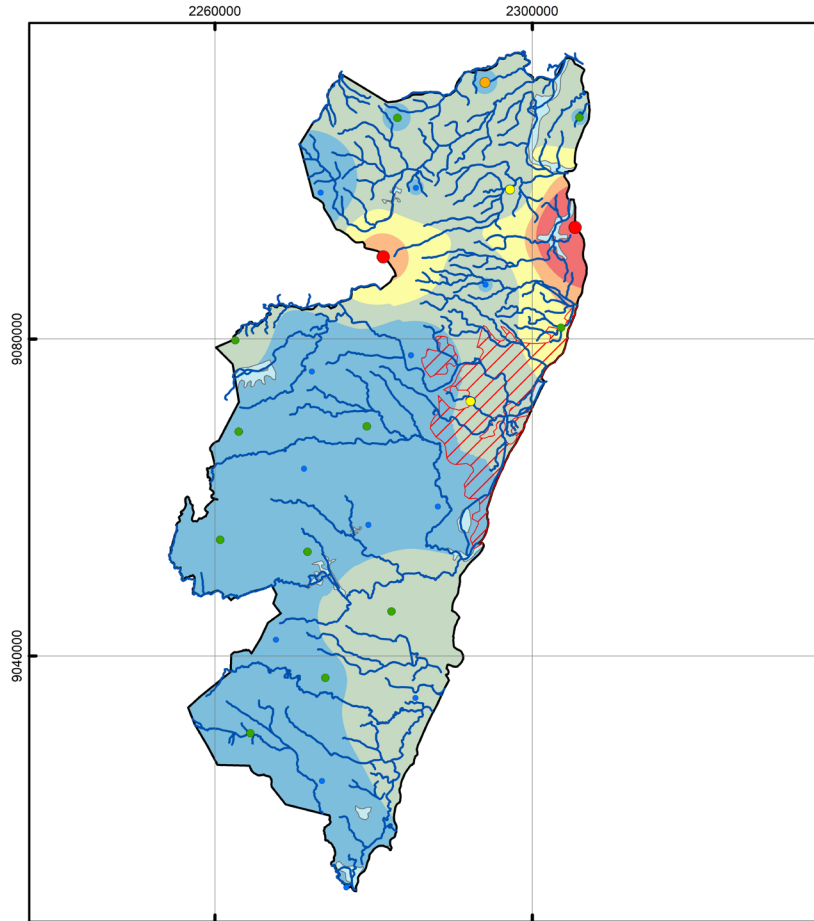
**Cd (ppm)**

- < 0,03
- 0,03 - 0,05
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,17
- > 0,17



| Elemento               | Cd_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 0,01   |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 0,02   |
| Valor Máximo           | 0,74   |
| Média                  | 0,12   |
| Mediana                | 0,05   |
| Desvio Padrão          | 0,17   |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | 0,6    |
| NOAA SQUIRT 2008 (TEL) | 0,596  |

Região Metropolitana do Recife  
**CÁDMIO**  
**Cd** Solo



**Legenda**

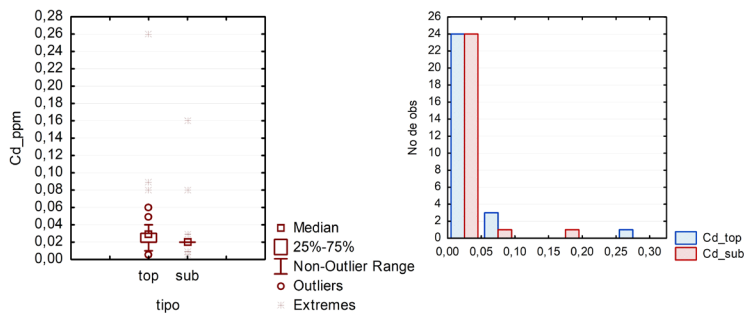
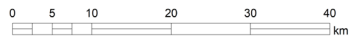
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊖ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Cd (ppm)**

- < 0,02
- 0,02 - 0,04
- 0,04 - 0,06
- 0,06 - 0,08
- > 0,08

**Solo Sub Cd (ppm)**

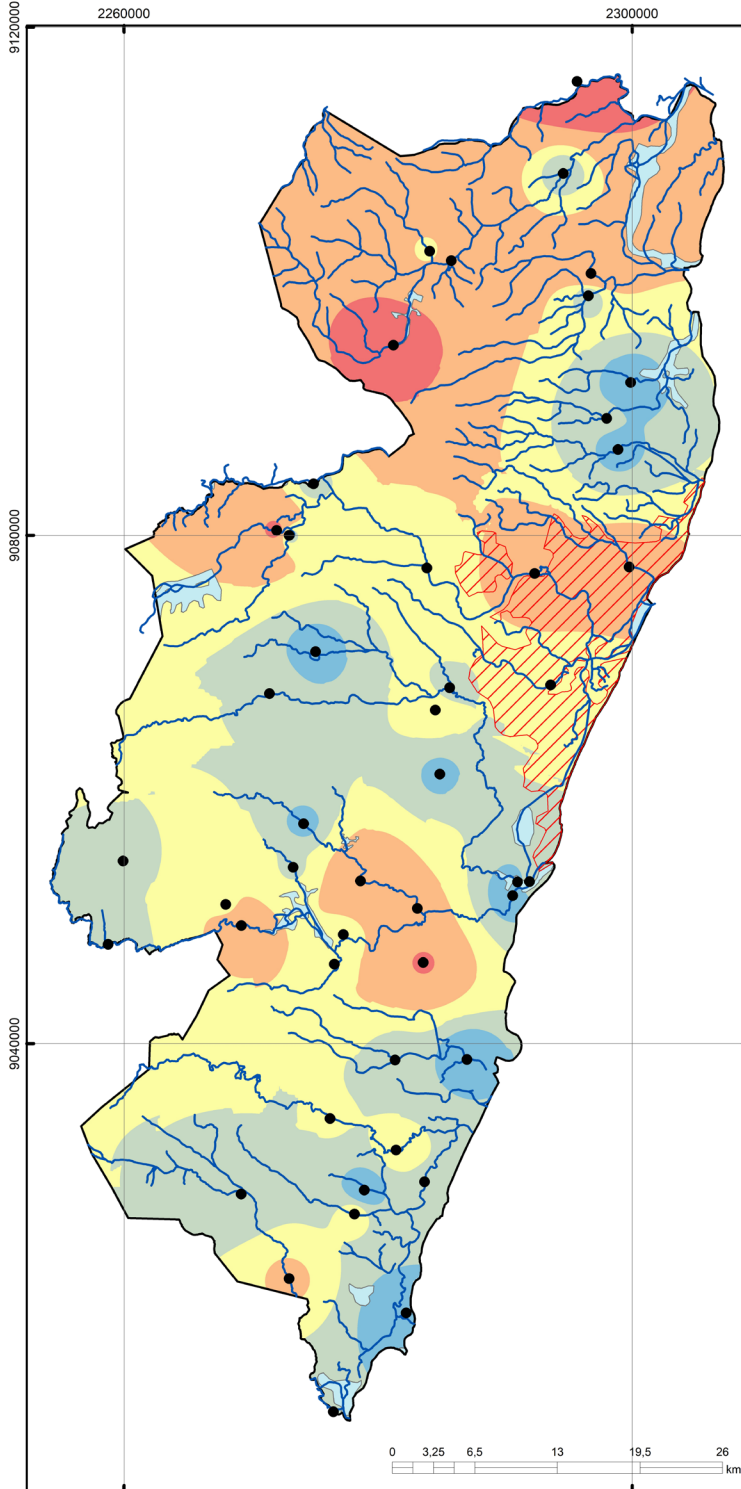
- < 0,02
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,06
- 0,06 - 0,08
- > 0,08



| Elemento                  | Cd_Top | Cd_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 0,01   | 0,01   |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 27     | 21     |
| %                         | 0,96   | 0,81   |
| Valor Mínimo              | 0,01   | 0,01   |
| Valor Máximo              | 0,26   | 0,16   |
| Média                     | 0,04   | 0,03   |
| Mediana                   | 0,03   | 0,02   |
| Desvio Padrão             | 0,05   | 0,03   |
| VQR MG                    | 0,4    | 0,04   |
| CETESB                    | 1,3    | 1,3    |
| CONAMA 420                | 1,3    | 1,3    |
| NOAA SQuiRT 2008 (Target) | 0,8    | 0,8    |
| Clarke                    | 0      | 0      |

Região Metropolitana de Recife

**COBALTO** **Co** Sedimentos

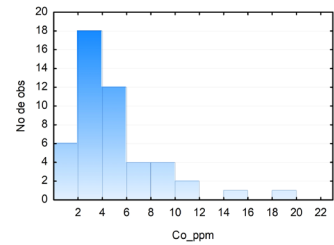
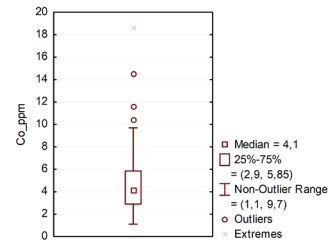


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ⬡ Barragens
- ⬢ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Co (ppm)**

- < 2,9
- 2,9 - 4,1
- 4,1 - 5,6
- 5,6 - 9,7
- > 9,7

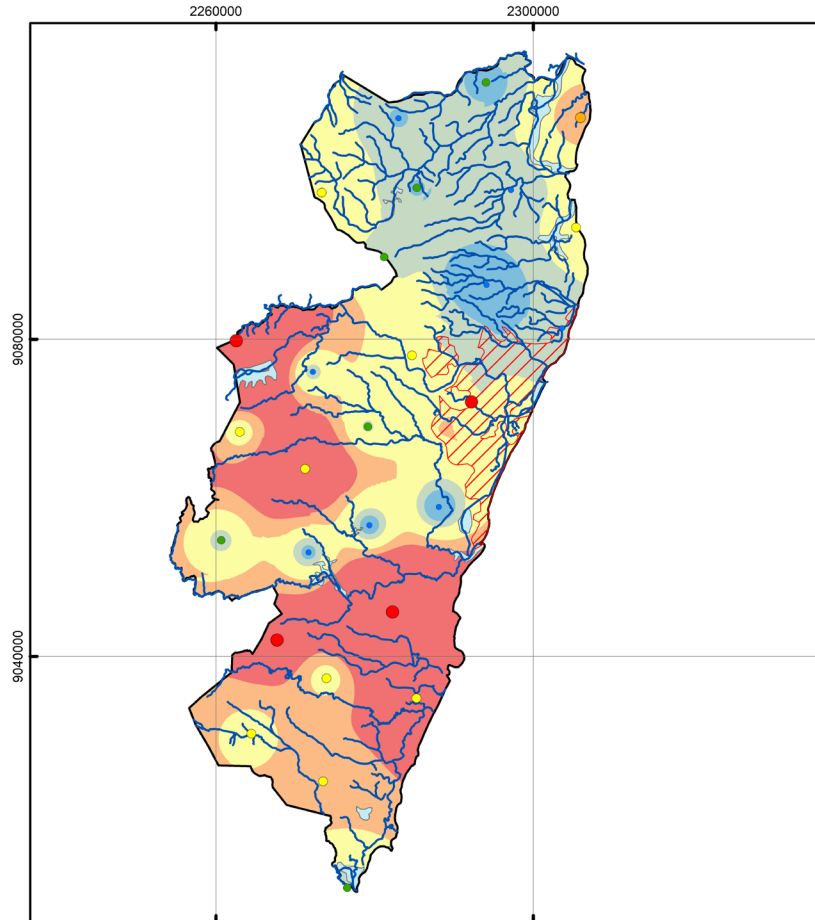


| Elemento               | Co_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 0,1    |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 1,1    |
| Valor Máximo           | 18,6   |
| Média                  | 5,01   |
| Mediana                | 4,1    |
| Desvio Padrão          | 3,56   |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | -      |
| NOAA SQuIRT 2008 (TEL) | -      |



Região Metropolitana da Recife

**COBALTO** **Co** Solo



**Legenda**

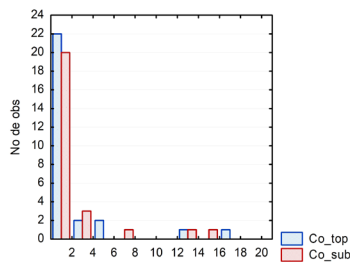
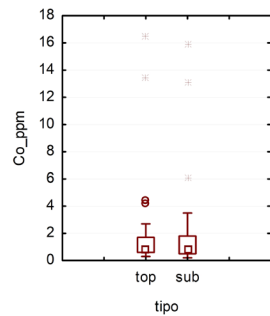
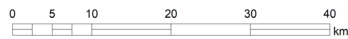
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ⬠ Barragens
- ⋯ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Co (ppm)**

- < 0,60
- 0,60 - 0,85
- 0,85 - 2,4
- 2,4 - 3,2
- > 3,2

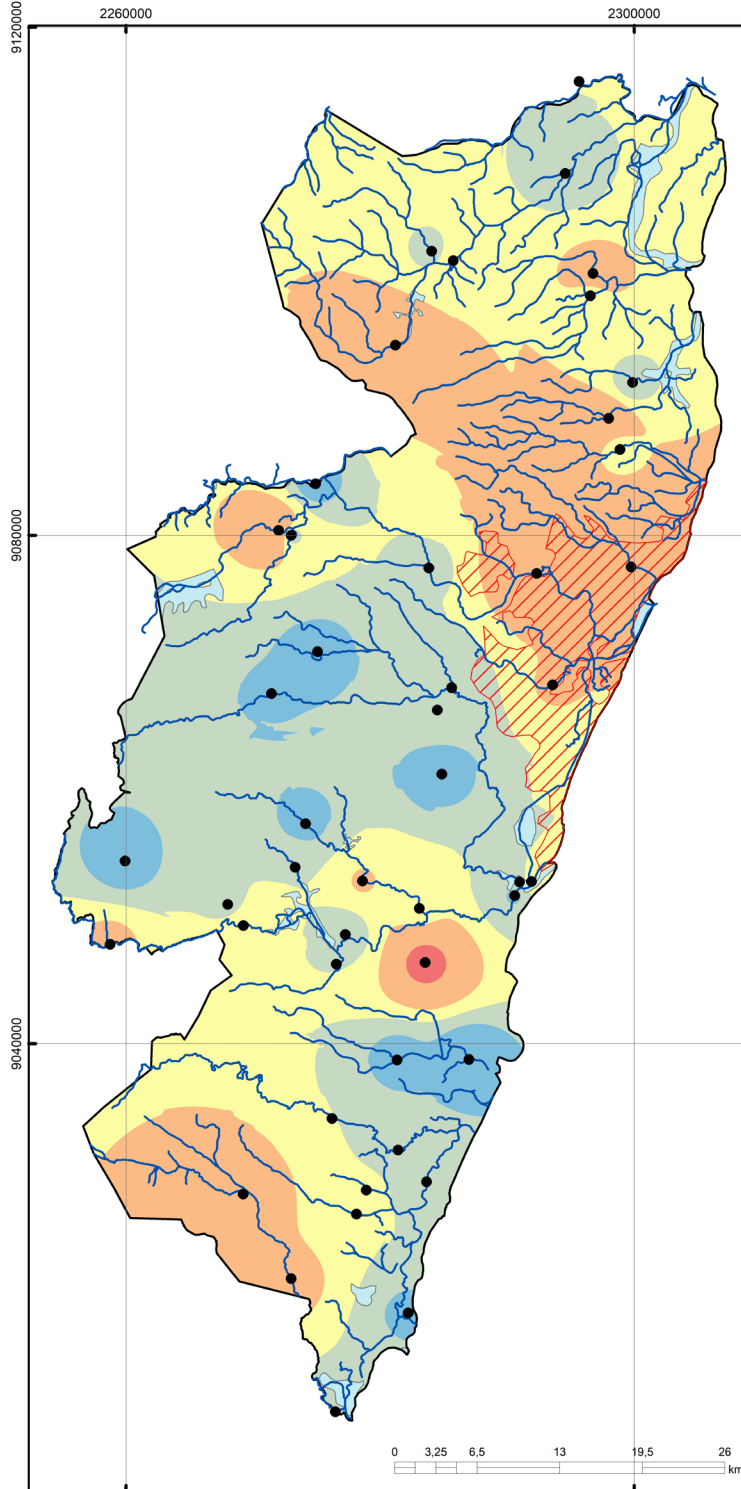
**Solo Sub Co (ppm)**

- < 0,53
- 0,53 - 0,85
- 0,85 - 1,7
- 1,7 - 2,4
- > 2,4



| Elemento                  | Co_Top | Co_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 0,1    | 0,1    |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 0,30   | 0,20   |
| Valor Máximo              | 16,5   | 15,9   |
| Média                     | 2,23   | 2,24   |
| Mediana                   | 0,85   | 0,85   |
| Desvio Padrão             | 3,77   | 3,84   |
| VQR MG                    | 6      | 6      |
| CETESB                    | 25     | 25     |
| CONAMA 420                | 25     | 25     |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | 2,4    | 2,4    |
| Clarke                    | 29     | 29     |

Região Metropolitana da Recife  
**CROMO**  
**Cr** Sedimentos

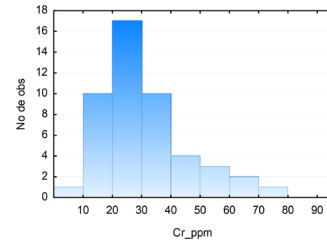
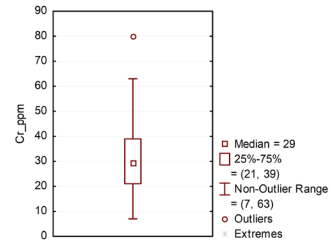


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Cr (ppm)**

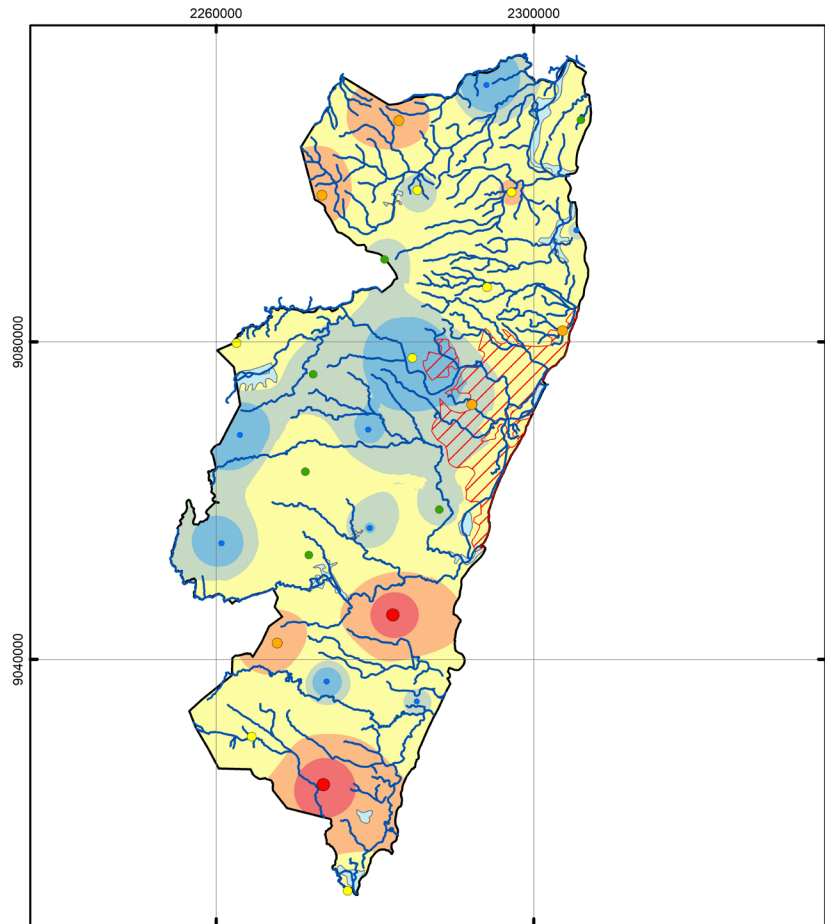
- < 21,0
- 21,0 - 29,0
- 29,0 - 37,3
- 37,3 - 63,0
- > 63,0



| Elemento               | Cr_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 1      |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 7      |
| Valor Máximo           | 80     |
| Média                  | 31,35  |
| Mediana                | 29     |
| Desvio Padrão          | 15,28  |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | 37,3   |
| NOAA SQUIRT 2008 (TEL) | 37,3   |

Região Metropolitana da Recife

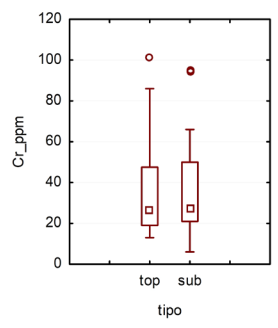
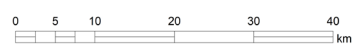
**CROMO** **Cr** Solo



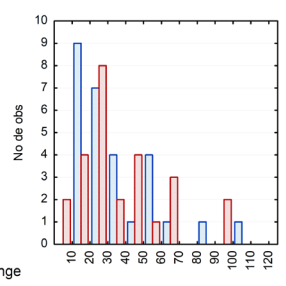
- Legenda**
- Pontos de coleta
  - Localidade
  - ~ Rede de drenagem
  - ⬡ Barragens
  - ⬢ Limite da bacia
  - ▨ Área edificada

- Solo Top Cr (ppm)**
- < 19,0
  - 19,0 - 26,5
  - 26,5 - 45,8
  - 45,8 - 75,0
  - > 75,0

- Solo Sub Cr (ppm)**
- < 21,5
  - 21,5 - 27,5
  - 27,5 - 49,5
  - 49,5 - 75,0
  - > 75,0



- Median
- 25%-75%
- Non-Outlier Range
- Outliers
- ⊠ Extremes



- Cr\_top
- Cr\_sub

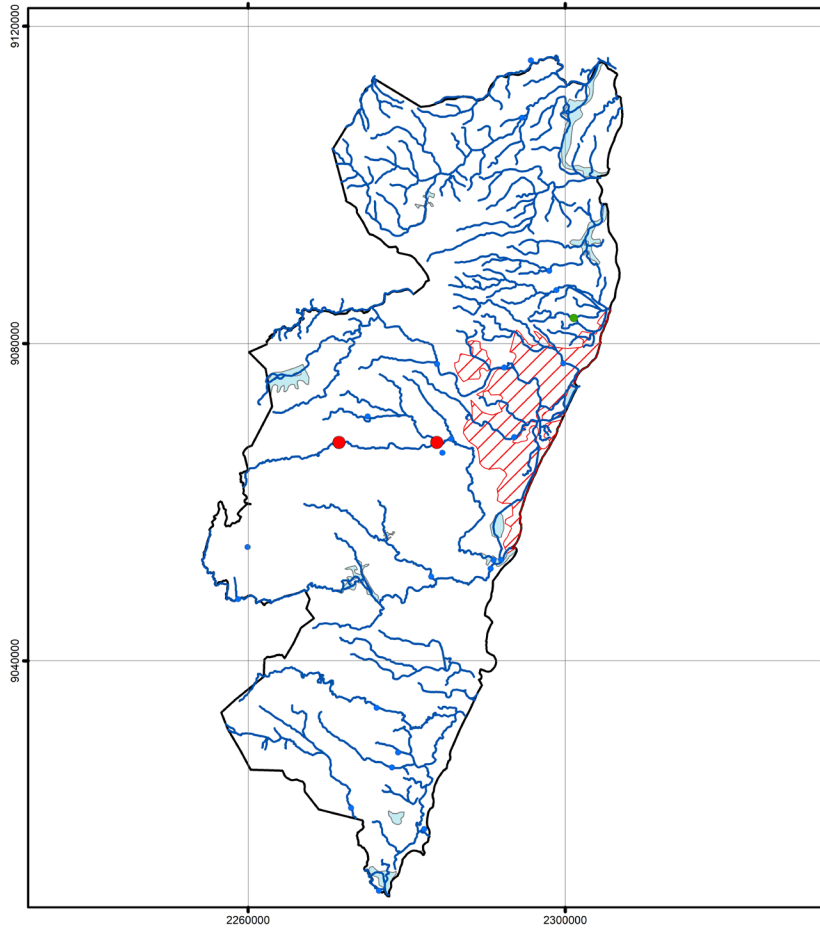
| Elemento                  | Cr_Top | Cr_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 1      | 1      |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 13,00  | 6,00   |
| Valor Máximo              | 101    | 95     |
| Média                     | 35,61  | 36,73  |
| Mediana                   | 26,50  | 27,5   |
| Desvio Padrão             | 22,58  | 23,89  |
| VQR MG                    | 75     | 75     |
| CETESB                    | 75     | 75     |
| CONAMA 420                | 75     | 75     |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | 0,38   | 0,38   |
| Clarke                    | 122    | 122    |

Região Metropolitana da Recife

# COBRE

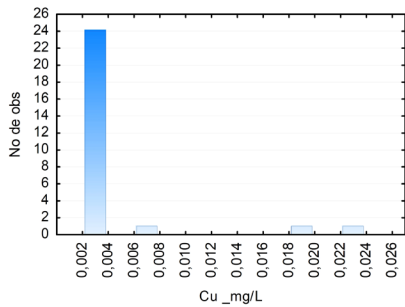
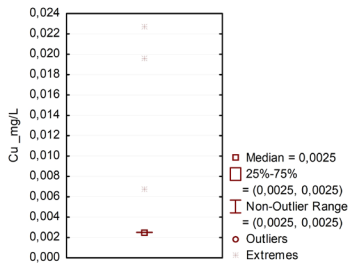
## Cu

### Água de Superfície



- Legenda**
- Pontos de coleta
  - Localidade
  - Rede de drenagem
  - ◆ Barragens
  - ⬭ Limite da bacia
  - ▨ Área edificada

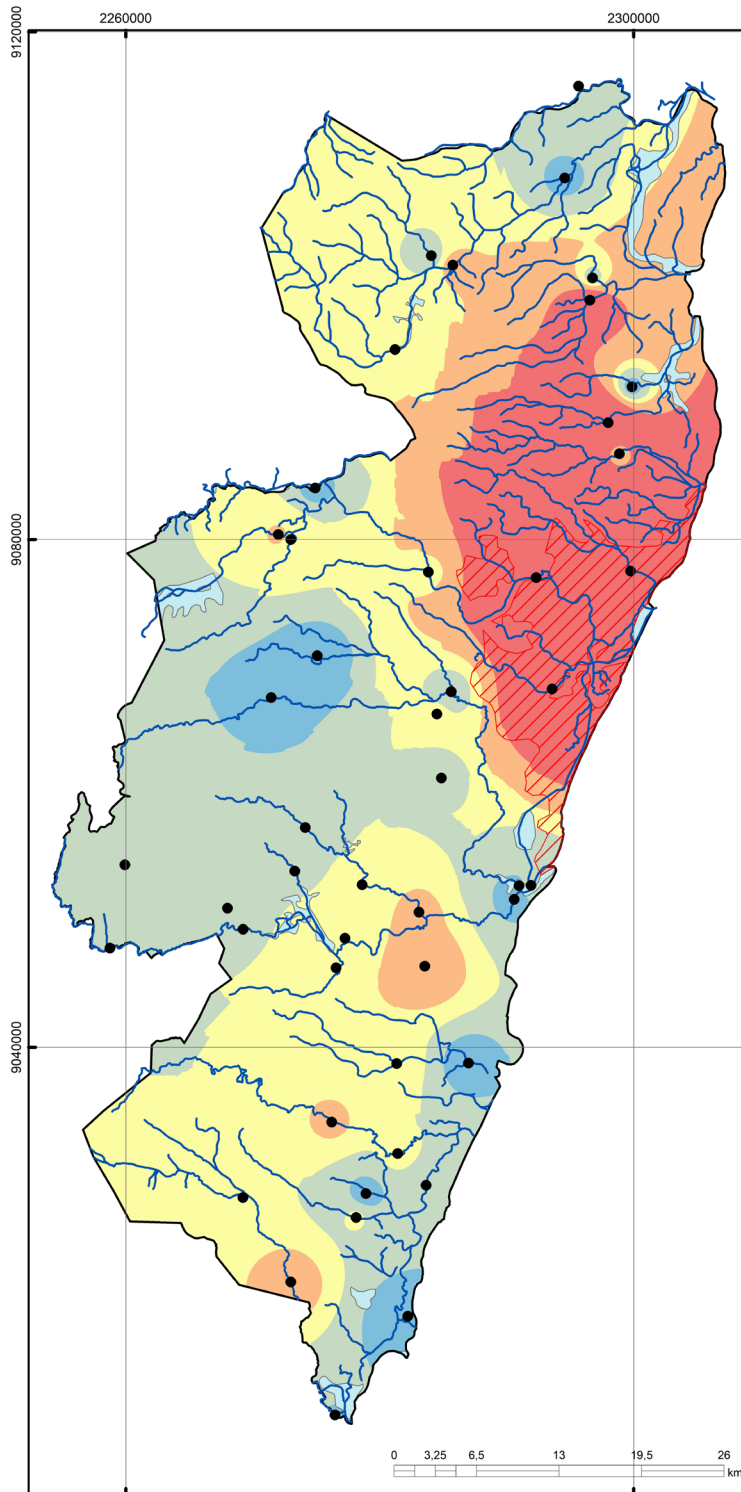
- Cu (mg/L)**
- < 0,007
  - 0,007 - 0,011
  - 0,011 - 0,015
  - 0,015 - 0,019
  - > 0,019



| Elemento              | Cu_mg/L |
|-----------------------|---------|
| Limite de Detecção    | 0,01    |
| Número de Medidas     | 27,00   |
| Medidas > Limite      | 3,00    |
| %                     | 11%     |
| Valor Mínimo          | 0,003   |
| Valor Máximo          | 0,023   |
| Média                 | 0,004   |
| Mediana               | 0,003   |
| Desvio Padrão         | 0,005   |
| PORTARIA MS 2914/2011 | 2,00    |
| CONAMA 357            | 0,01    |
| CONAMA 396            | 2,00    |
| WHO 2011              | 2,00    |

Região Metropolitana do Recife

**COBRE** **Cu** Sedimentos

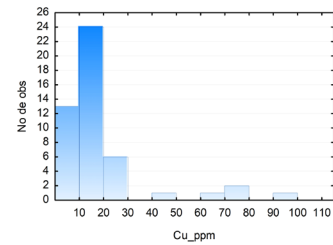
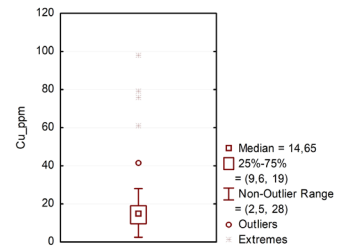


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊃ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Cu (ppm)**

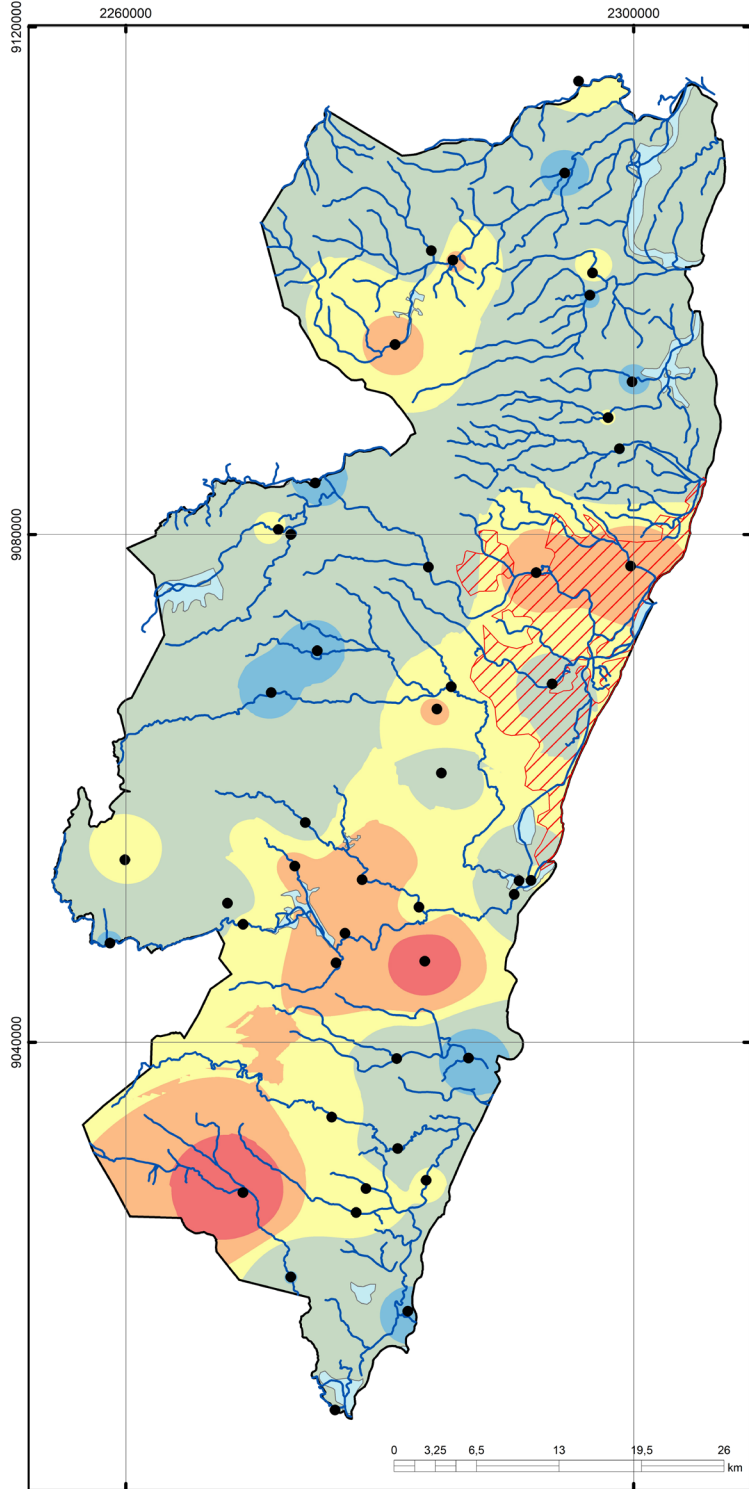
- < 9,60
- 9,60 - 14,65
- 14,65 - 19,00
- 19,00 - 28,00
- > 28,00



| Elemento               | Cu_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 0,5    |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 2,5    |
| Valor Máximo           | 97,7   |
| Média                  | 19,51  |
| Mediana                | 14,65  |
| Desvio Padrão          | 19,60  |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | 35,7   |
| NOAA SQUIRT 2008 (TEL) | 35,7   |

Região Metropolitana da Recife

**FERRO** **Fe** Sedimentos

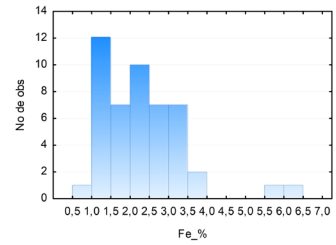
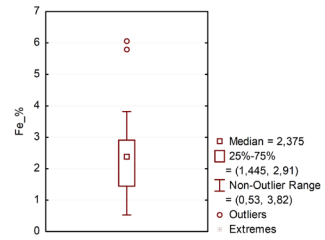


**Legenda**

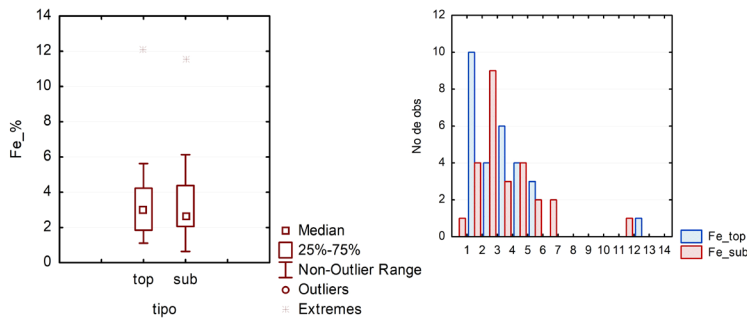
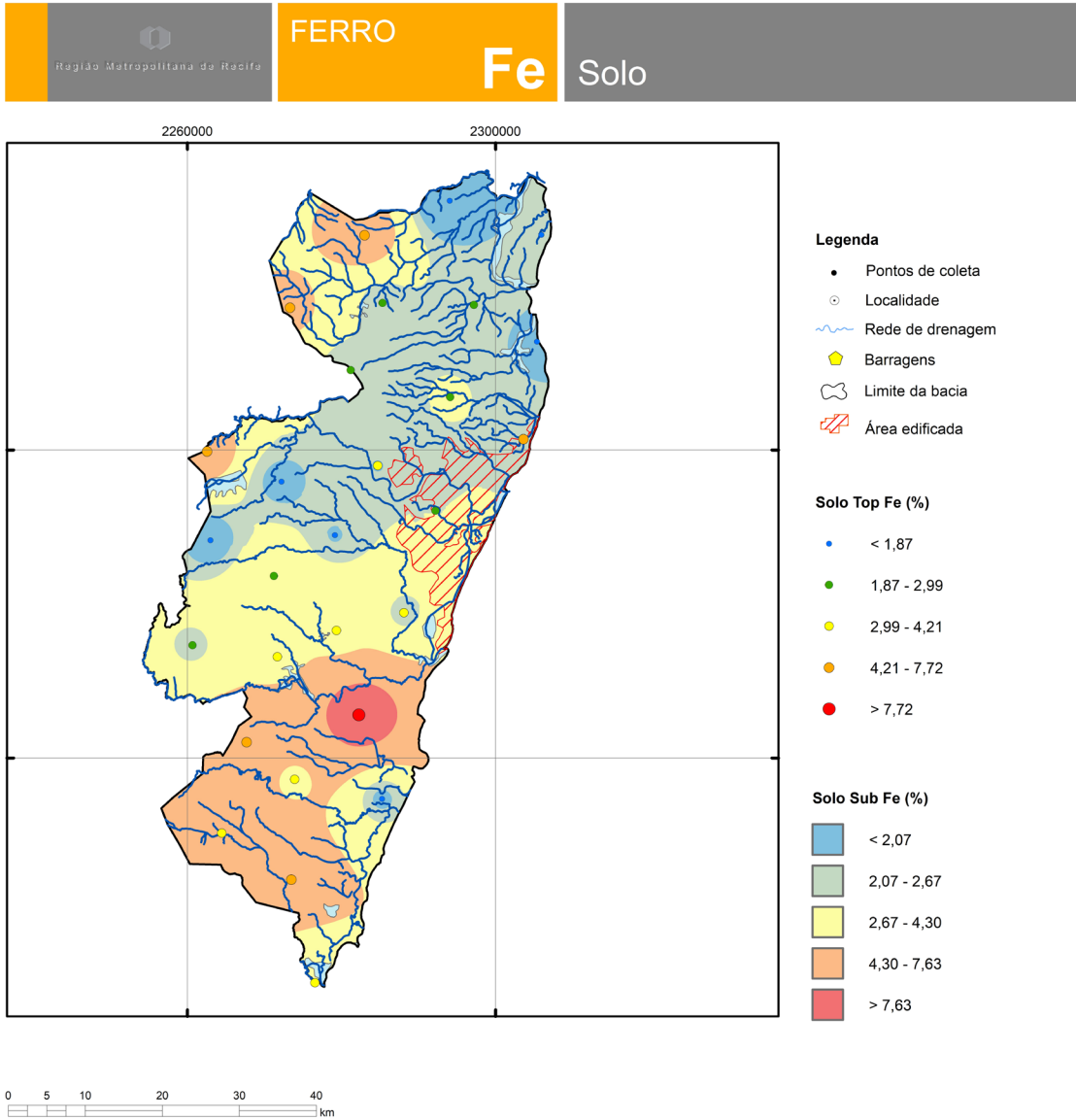
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊃ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Fe (%)**

- < 1,45
- 1,45 - 2,38
- 2,38 - 2,91
- 2,91 - 3,82
- > 3,82

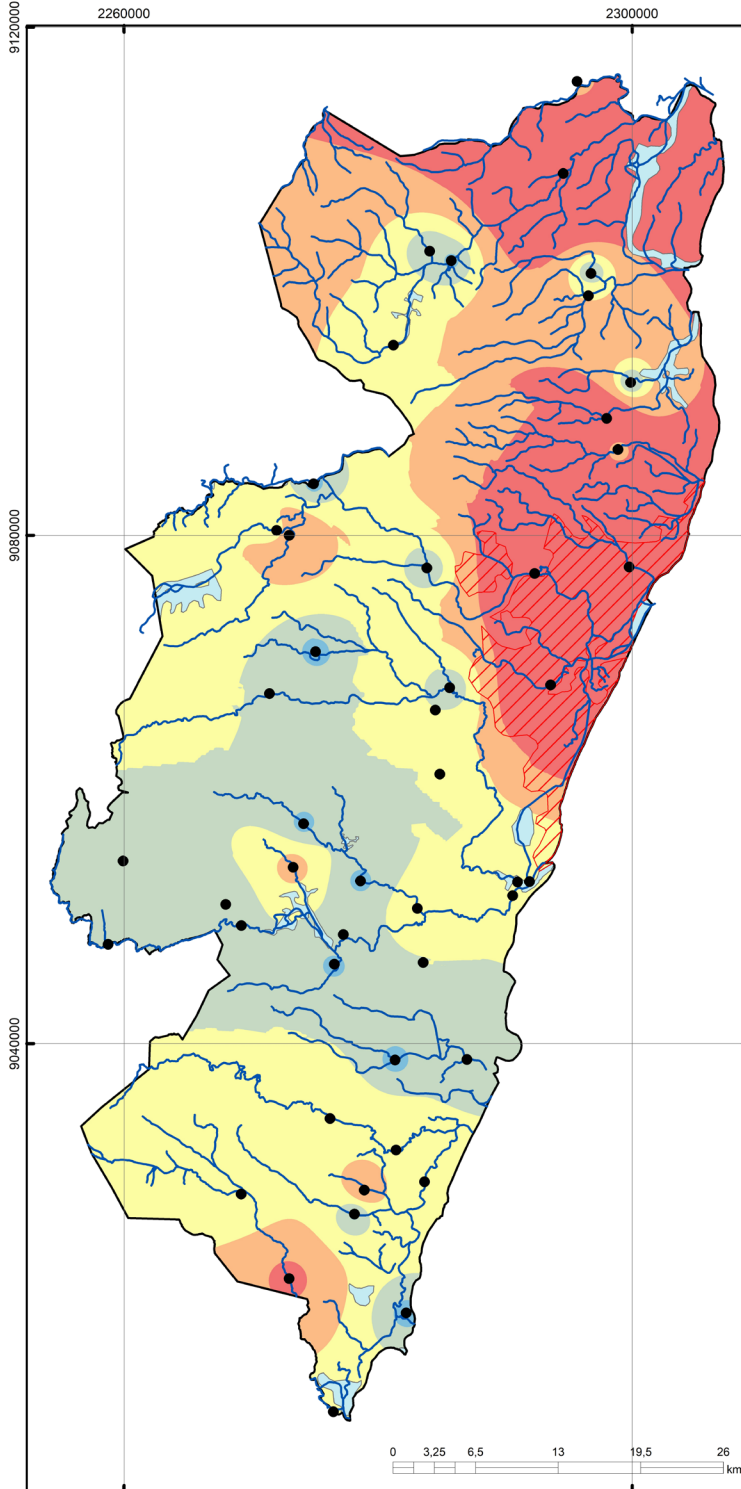


| Elemento               | Fe_%  |
|------------------------|-------|
| Limite de Detecção     | 0,01  |
| Número de Medidas      | 48    |
| Medidas > Limite       | 48    |
| %                      | 100%  |
| Valor Mínimo           | 0,53  |
| Valor Máximo           | 6,04  |
| Média                  | 2,34  |
| Mediana                | 2,375 |
| Desvio Padrão          | 1,10  |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | -     |
| NOAA SQuIRT 2008 (TEL) | -     |



| Elemento                  | Fe_Top | Fe_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | %      | %      |
| Limite de Detecção        | 0,01   | 0,01   |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 1,11   | 0,64   |
| Valor Máximo              | 12,08  | 11,59  |
| Média                     | 3,31   | 3,50   |
| Mediana                   | 2,99   | 2,67   |
| Desvio Padrão             | 2,21   | 2,23   |
| VQR MG                    | -      | -      |
| CETESB                    | -      | -      |
| CONAMA 420                | -      | -      |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | -      | -      |
| Clarke                    | 6,22   | 6,22   |

Região Metropolitana da Recife  
**MERCÚRIO** Hg Sedimentos

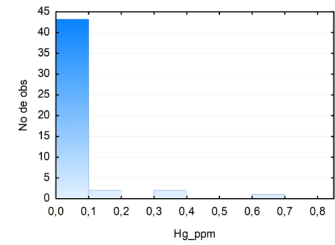
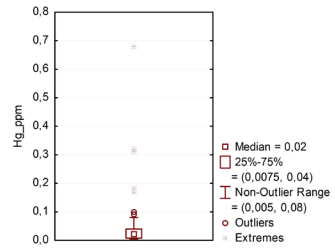


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊃ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Hg (ppm)**

- < 0,008
- 0,008 - 0,020
- 0,020 - 0,040
- 0,040 - 0,087
- > 0,087

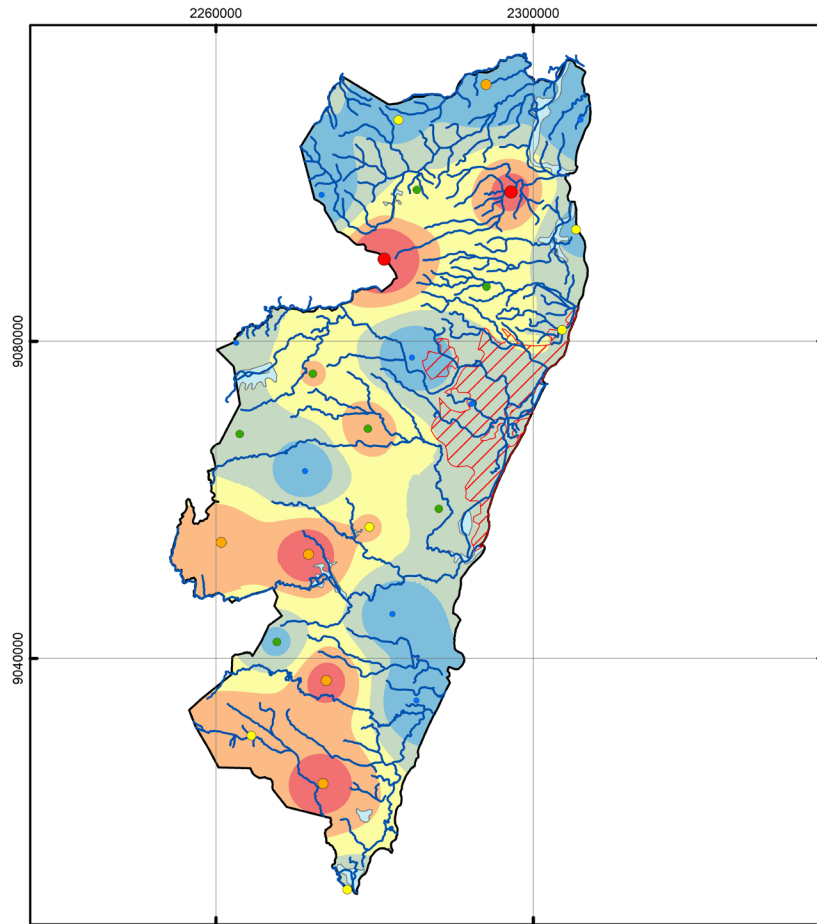


| Elemento               | Hg_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 0,01   |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 36     |
| %                      | 75%    |
| Valor Mínimo           | 0,005  |
| Valor Máximo           | 0,68   |
| Média                  | 0,057  |
| Mediana                | 0,02   |
| Desvio Padrão          | 0,11   |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | 0,17   |
| NOAA SQuIRT 2008 (TEL) | 0,174  |



Região Metropolitana da Recife

**MERCÚRIO** Hg Solo



**Legenda**

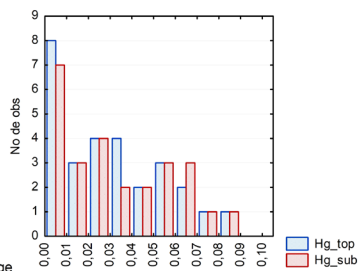
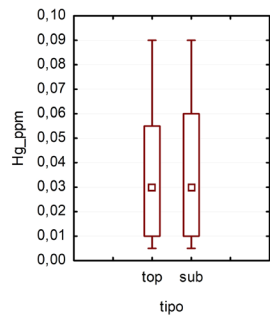
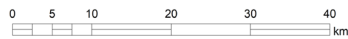
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Hg (ppm)**

- < 0,01
- 0,01 - 0,03
- 0,03 - 0,05
- 0,05 - 0,07
- > 0,07

**Solo Sub Hg (ppm)**

- < 0,03
- 0,03 - 0,04
- 0,04 - 0,05
- 0,05 - 0,06
- > 0,06



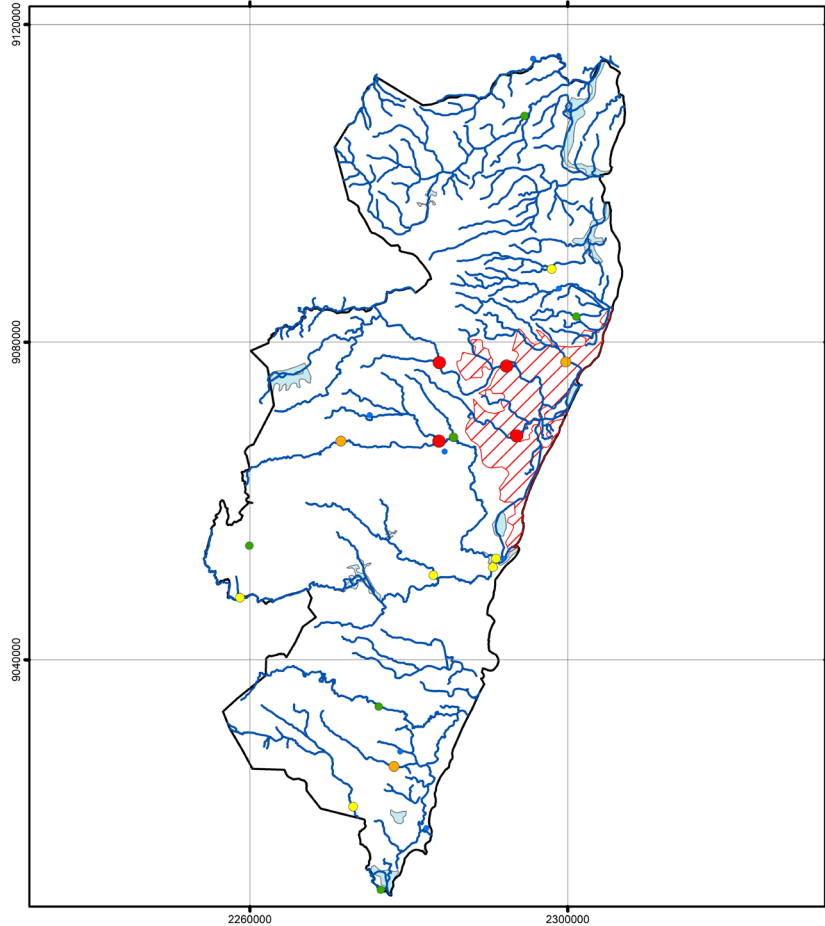
| Elemento                  | Hg_Top | Hg_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 0,01   | 0,01   |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 22     | 20     |
| %                         | 0,79   | 0,77   |
| Valor Mínimo              | 0,01   | 0,01   |
| Valor Máximo              | 0,09   | 0,09   |
| Média                     | 0,04   | 0,04   |
| Mediana                   | 0,03   | 0,03   |
| Desvio Padrão             | 0,03   | 0,03   |
| VQR MG                    | 0,03   | 0,03   |
| CETESB                    | 0,5    | 0,5    |
| CONAMA 420                | 0,5    | 0,5    |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | 0,3    | 0,3    |
| Clarke                    | 0,086  | 0,086  |

Região Metropolitana da Recife

# MANGANÊS

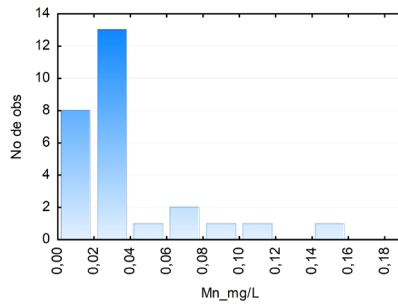
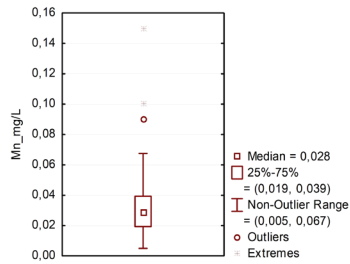
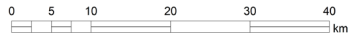
## Mn

### Água de Superfície



- Legenda**
- Pontos de coleta
  - Localidade
  - ~ Rede de drenagem
  - ◊ Barragens
  - ⬭ Limite da bacia
  - ▨ Área edificada

- Mn (mg/L)**
- < 0,019
  - 0,019 - 0,028
  - 0,028 - 0,039
  - 0,039 - 0,067
  - > 0,067

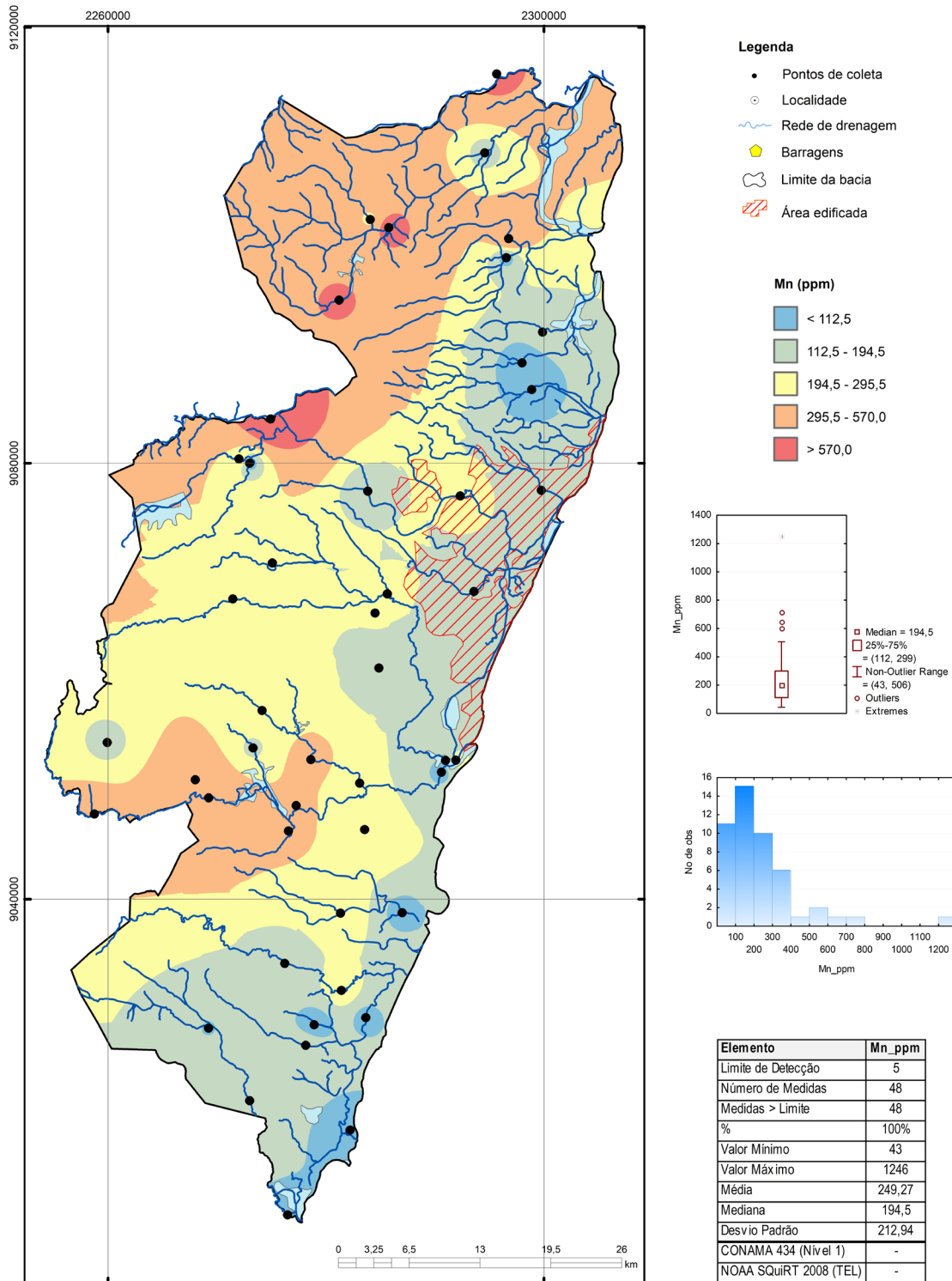


| Elemento              | Mn_mg/L |
|-----------------------|---------|
| Limite de Detecção    | 0,01    |
| Número de Medidas     | 27,00   |
| Medidas > Limite      | 24,00   |
| %                     | 89%     |
| Valor Mínimo          | 0,005   |
| Valor Máximo          | 0,150   |
| Média                 | 0,037   |
| Mediana               | 0,028   |
| Desvio Padrão         | 0,033   |
| PORTARIA MS 2914/2011 | 0,10    |
| CONAMA 357            | 0,10    |
| CONAMA 396            | 0,10    |
| WHO 2011              | -       |

Região Metropolitana da Recife

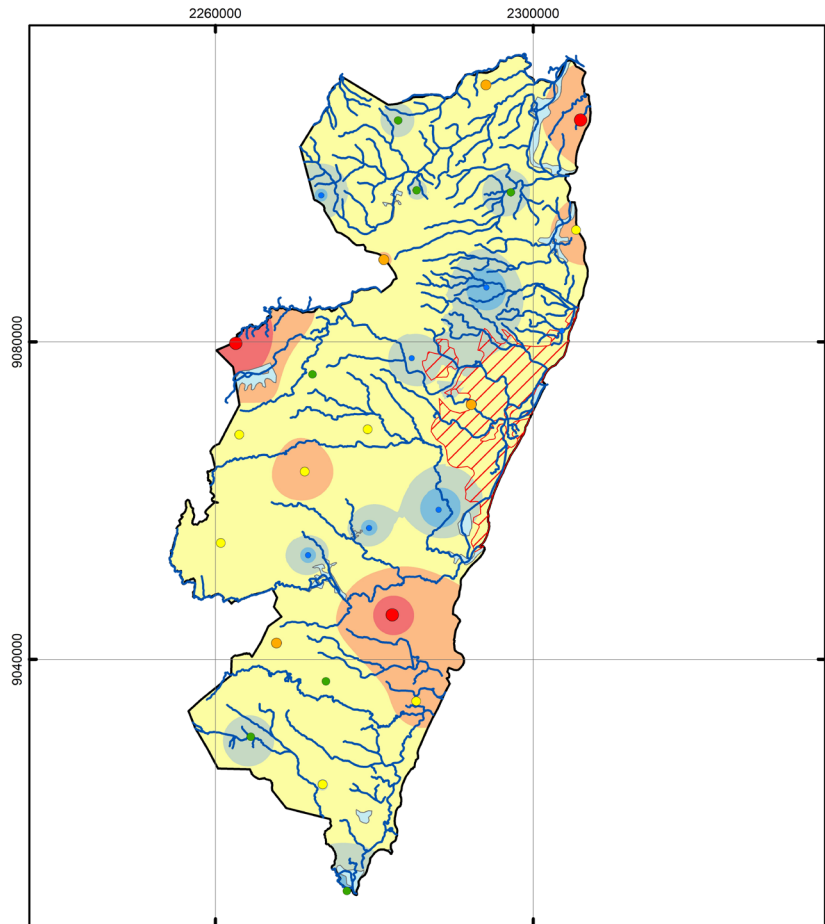
# MANGANÊS

## Mn Sedimentos



Região Metropolitana da Recife

# MANGANÊS Mn Solo



**Legenda**

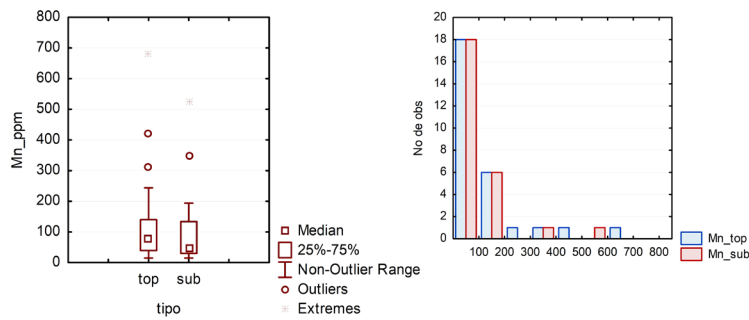
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ⬡ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Mn (ppm)**

- <math>< 40,0</math>
- <math>40,0 - 76,0</math>
- <math>76,0 - 133,3</math>
- <math>133,3 - 273,1</math>
- <math>> 273,1</math>

**Solo Sub Mn (ppm)**

- <math>< 30,5</math>
- <math>30,5 - 49,5</math>
- <math>49,5 - 130,8</math>
- <math>130,8 - 281,1</math>
- <math>> 281,1</math>



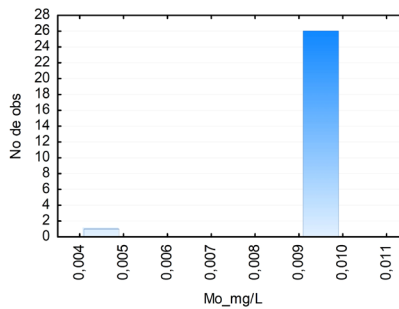
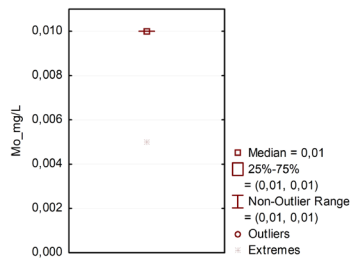
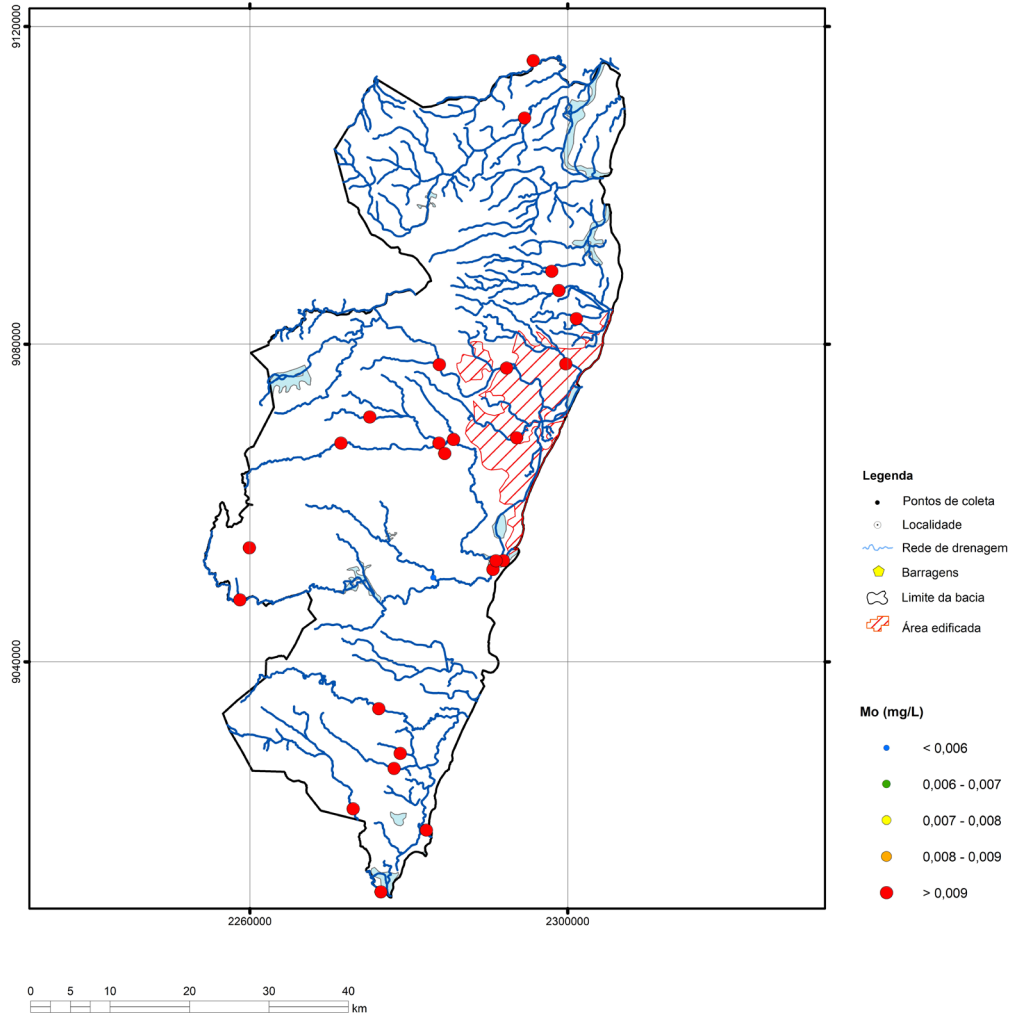
| Elemento                  | Mn_Top | Mn_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 5      | 5      |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 15,00  | 15,00  |
| Valor Máximo              | 682    | 524    |
| Média                     | 123,04 | 97,65  |
| Mediana                   | 76,00  | 49,5   |
| Desvio Padrão             | 143,94 | 115,70 |
| VQR MG                    | -      | -      |
| CETESB                    | -      | -      |
| CONAMA 420                | -      | -      |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | -      | -      |
| Clarke                    | 1060   | 1060   |

Região Metropolitana da Recife

# MOLIBDÊNIO

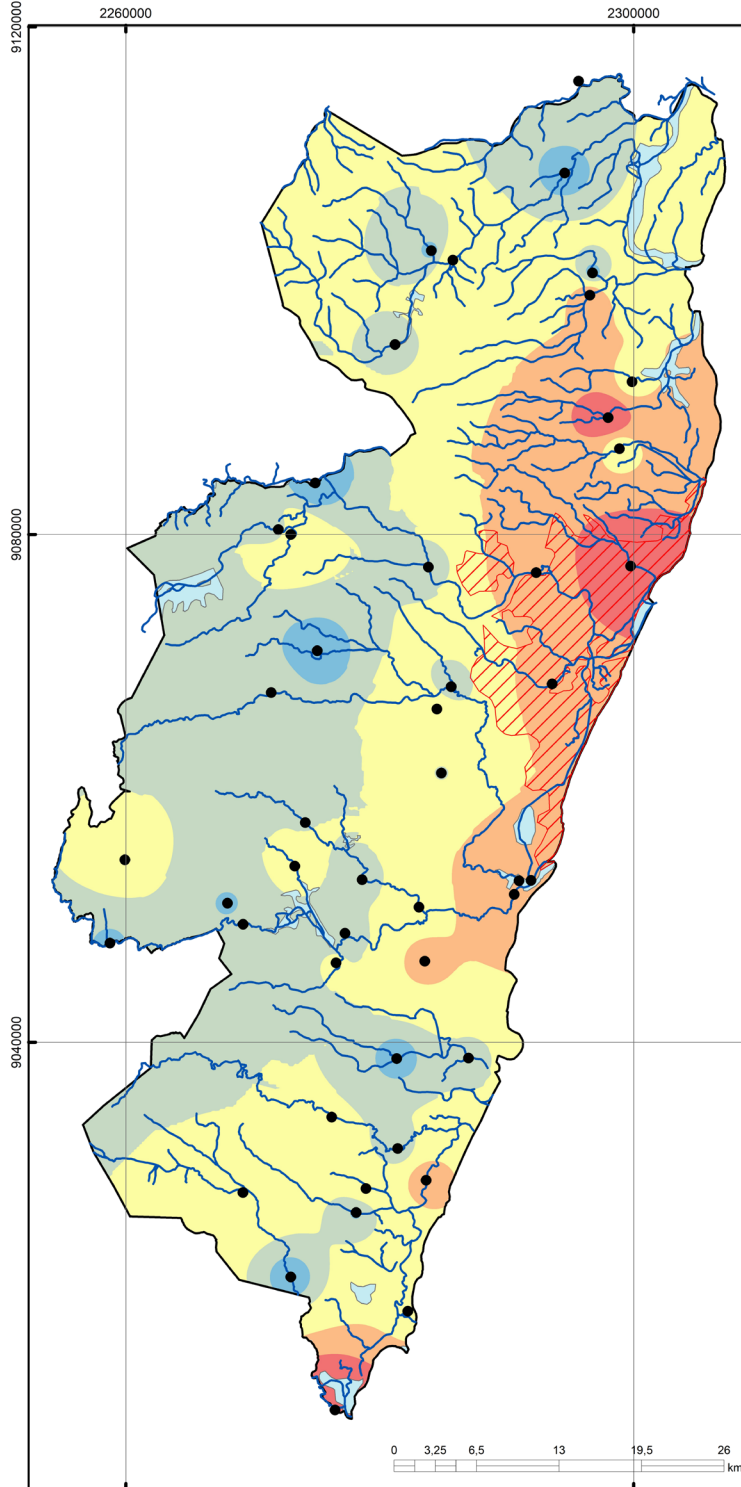
## Mo

### Água de Superfície



| Elemento              | Mo_mg/L |
|-----------------------|---------|
| Limite de Detecção    | 0,01    |
| Número de Medidas     | 27,00   |
| Medidas > Limite      | 26,00   |
| %                     | 96%     |
| Valor Mínimo          | 0,005   |
| Valor Máximo          | 0,010   |
| Média                 | 0,010   |
| Mediana               | 0,010   |
| Desvio Padrão         | 0,001   |
| PORTARIA MS 2914/2011 | -       |
| CONAMA 357            | -       |
| CONAMA 396            | 0,07    |
| WHO 2011              | -       |

Região Metropolitana da Recife  
**MOLIBDÊNIO Mo** Sedimentos

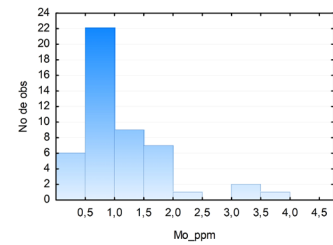
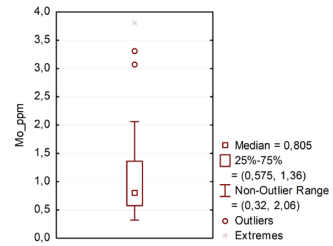


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊃ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Mo (ppm)**

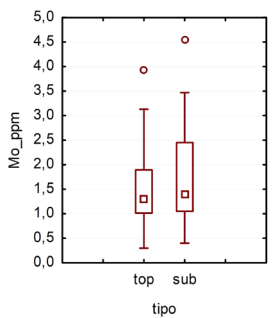
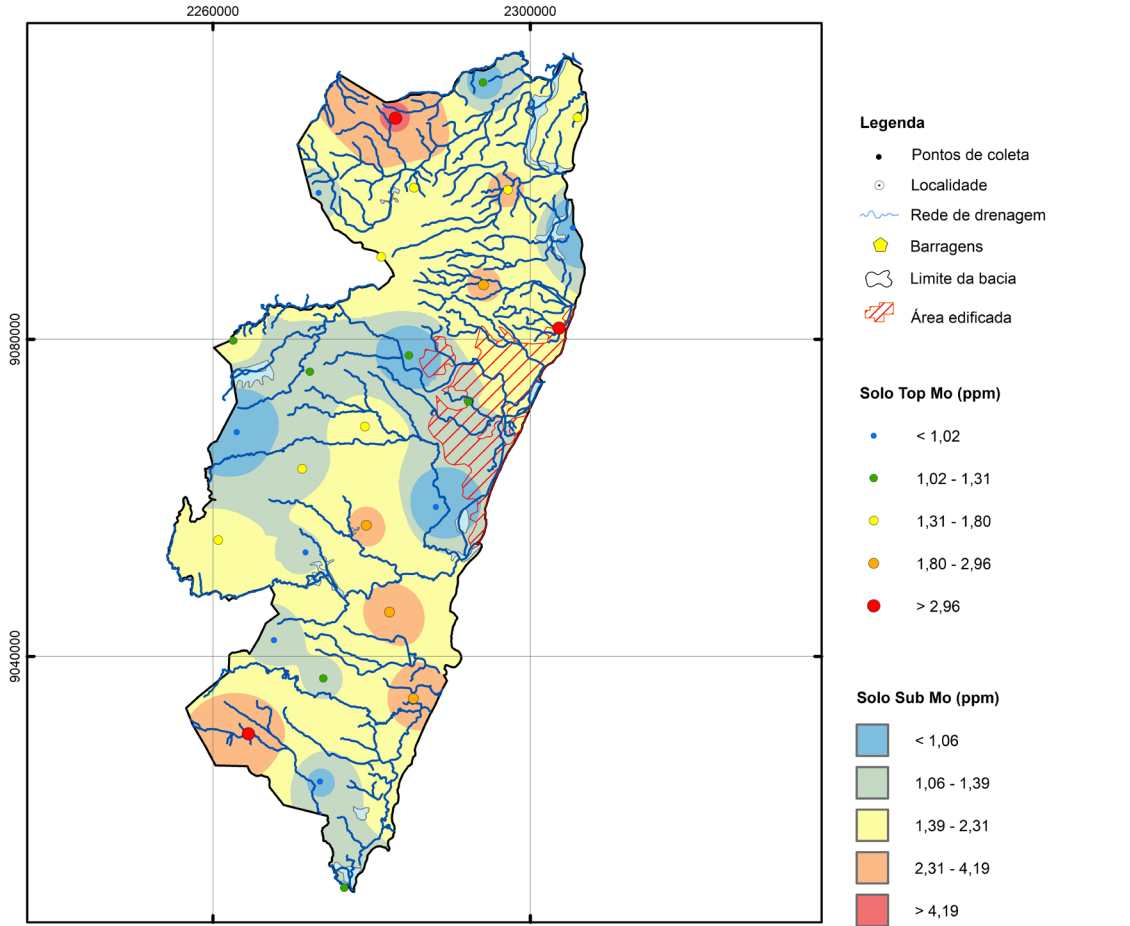
- < 0,58
- 0,58 - 0,81
- 0,81 - 1,36
- 1,36 - 2,06
- > 2,06



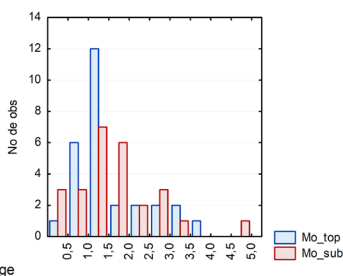
| Elemento               | Mo_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 0,05   |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 0,32   |
| Valor Máximo           | 3,80   |
| Média                  | 1,10   |
| Mediana                | 0,805  |
| Desvio Padrão          | 0,76   |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | -      |
| NOAA SQUIRT 2008 (TEL) | -      |

Região Metropolitana do Recife

# MOLIBDÊNIO Mo Solo



□ Median  
 □ 25%-75%  
 | Non-Outlier Range  
 ○ Outliers  
 ■ Extremes



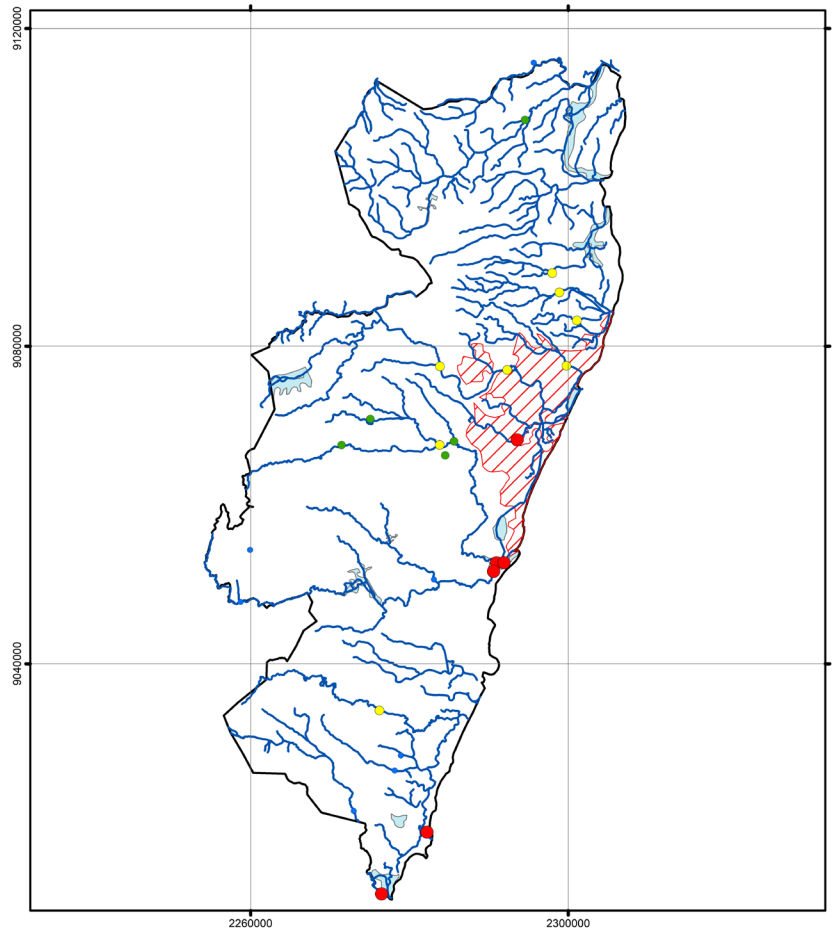
| Elemento                  | Mo_Top | Mo_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 0,05   | 0,05   |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 0,30   | 0,40   |
| Valor Máximo              | 3,93   | 4,56   |
| Média                     | 1,54   | 1,65   |
| Mediana                   | 1,31   | 1,39   |
| Desvio Padrão             | 0,86   | 1,00   |
| VQR MG                    | 0,9    | 0,9    |
| CETESB                    | 30     | 30     |
| CONAMA 420                | 30     | 30     |
| NOAA SQuiRT 2008 (Target) | 3      | 3      |
| Clarke                    | 0      | 0      |

Região Metropolitana da Recife

# SÓDIO

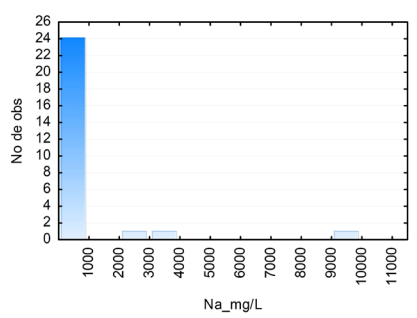
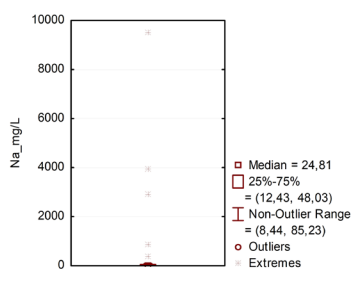
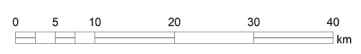
## Na

### Água de Superfície



- Legenda**
- Pontos de coleta
  - Localidade
  - ~ Rede de drenagem
  - Barragens
  - ⬭ Limite da bacia
  - ▨ Área edificada

- Na (mg/L)**
- < 12,43
  - 12,43 - 24,81
  - 24,81 - 48,03
  - 48,03 - 85,23
  - > 85,23



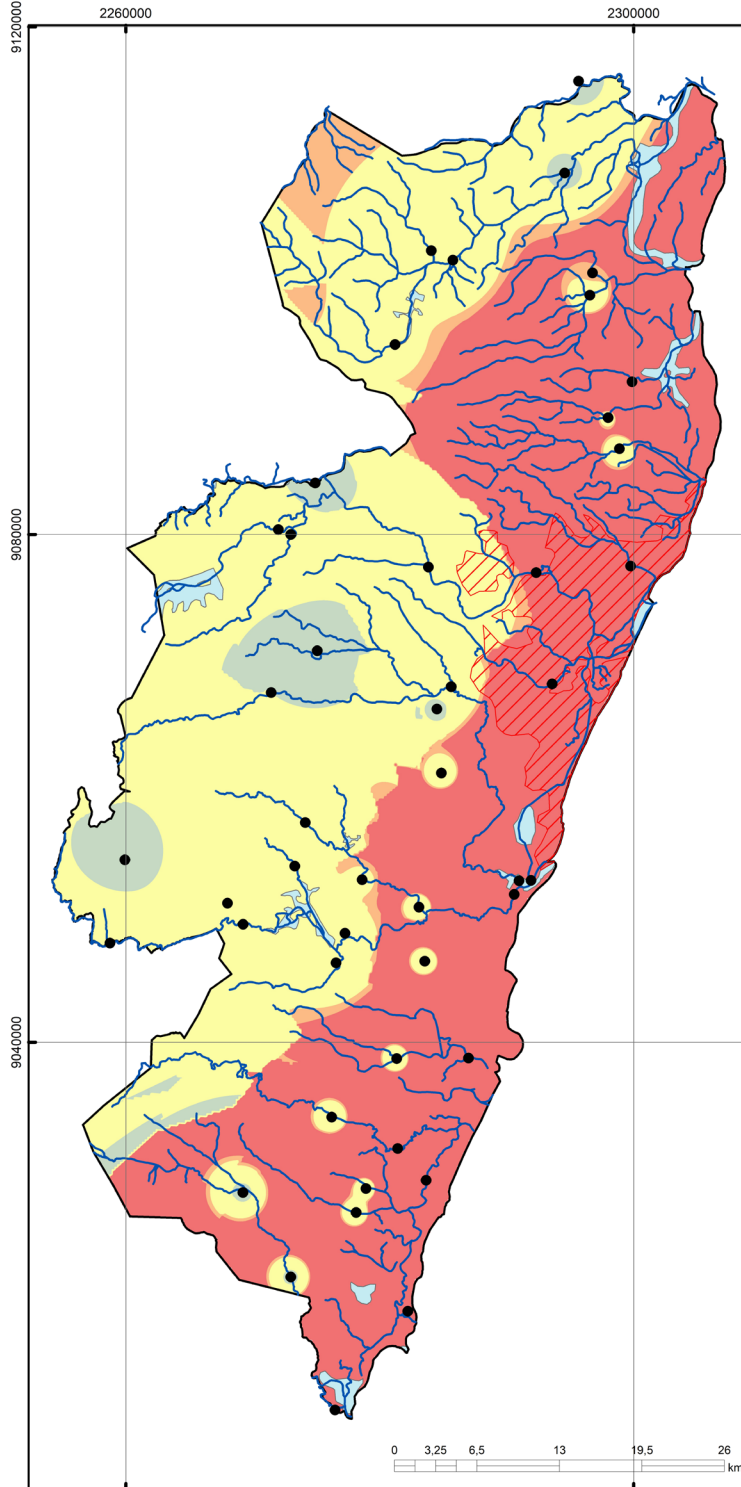
| Elemento              | Na_mg/L |
|-----------------------|---------|
| Limite de Detecção    | 0,10    |
| Número de Medidas     | 27,00   |
| Medidas > Limite      | 27,00   |
| %                     | 100%    |
| Valor Mínimo          | 8,44    |
| Valor Máximo          | 9491,30 |
| Média                 | 671,02  |
| Mediana               | 24,81   |
| Desvio Padrão         | 1989,98 |
| PORTARIA MS 2914/2011 | 200,00  |
| CONAMA 357            | -       |
| CONAMA 396            | 200,00  |
| WHO 2011              | 50,00   |



Região Metropolitana do Recife

**SÓDIO**

**Na** Sedimentos

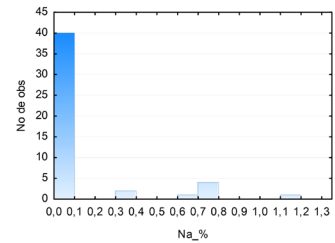
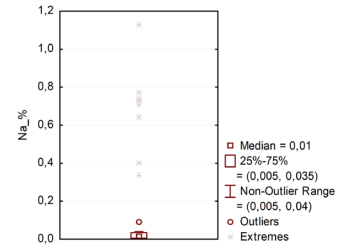


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- Barragens
- - - Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Na (%)**

- < 0,005
- 0,005 - 0,010
- 0,010 - 0,035
- 0,035 - 0,040
- > 0,040

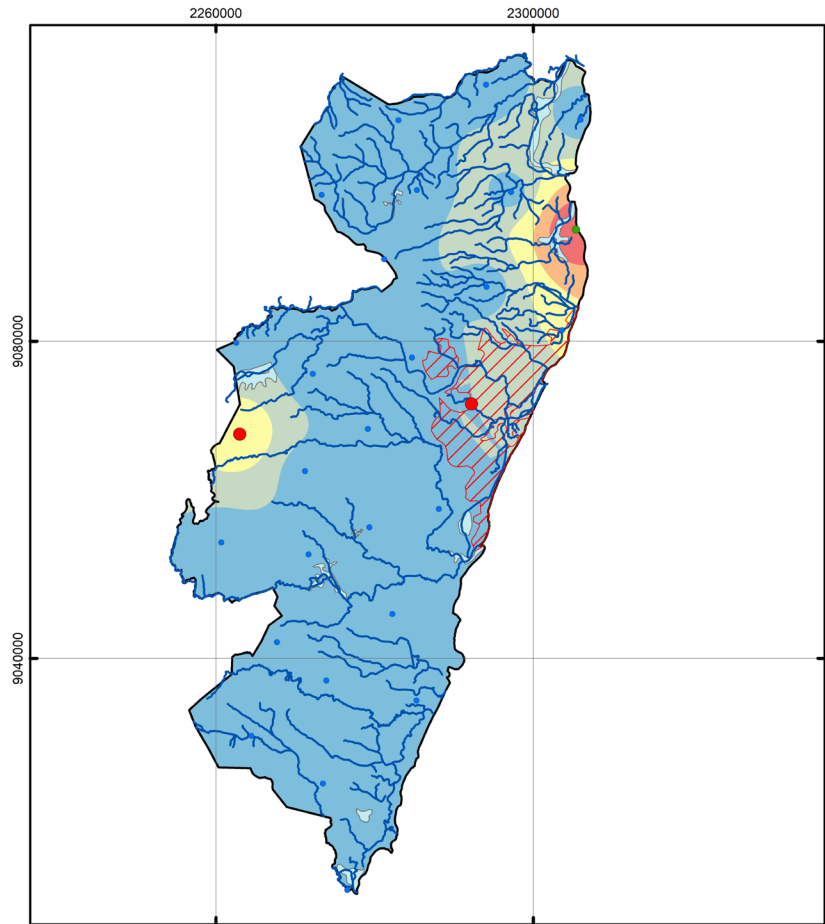


| Elemento               | Na_%  |
|------------------------|-------|
| Limite de Detecção     | 0,01  |
| Número de Medidas      | 48    |
| Medidas > Limite       | 35    |
| %                      | 73%   |
| Valor Mínimo           | 0,005 |
| Valor Máximo           | 1,13  |
| Média                  | 0,13  |
| Mediana                | 0,01  |
| Desvio Padrão          | 0,27  |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | -     |
| NOAA SQuIRT 2008 (TEL) | -     |

Região Metropolitana da Recife

**SÓDIO**

**Na** Solo



**Legenda**

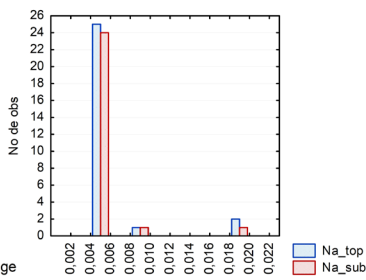
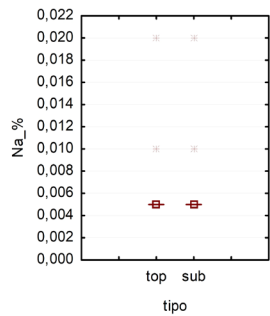
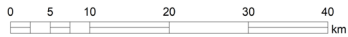
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Na (%)**

- < 0,008
- 0,008 - 0,011
- 0,011 - 0,014
- 0,014 - 0,017
- > 0,017

**Solo Sub Na (%)**

- < 0,0056
- 0,0056 - 0,0073
- 0,0073 - 0,0104
- 0,0104 - 0,0148
- > 0,0148



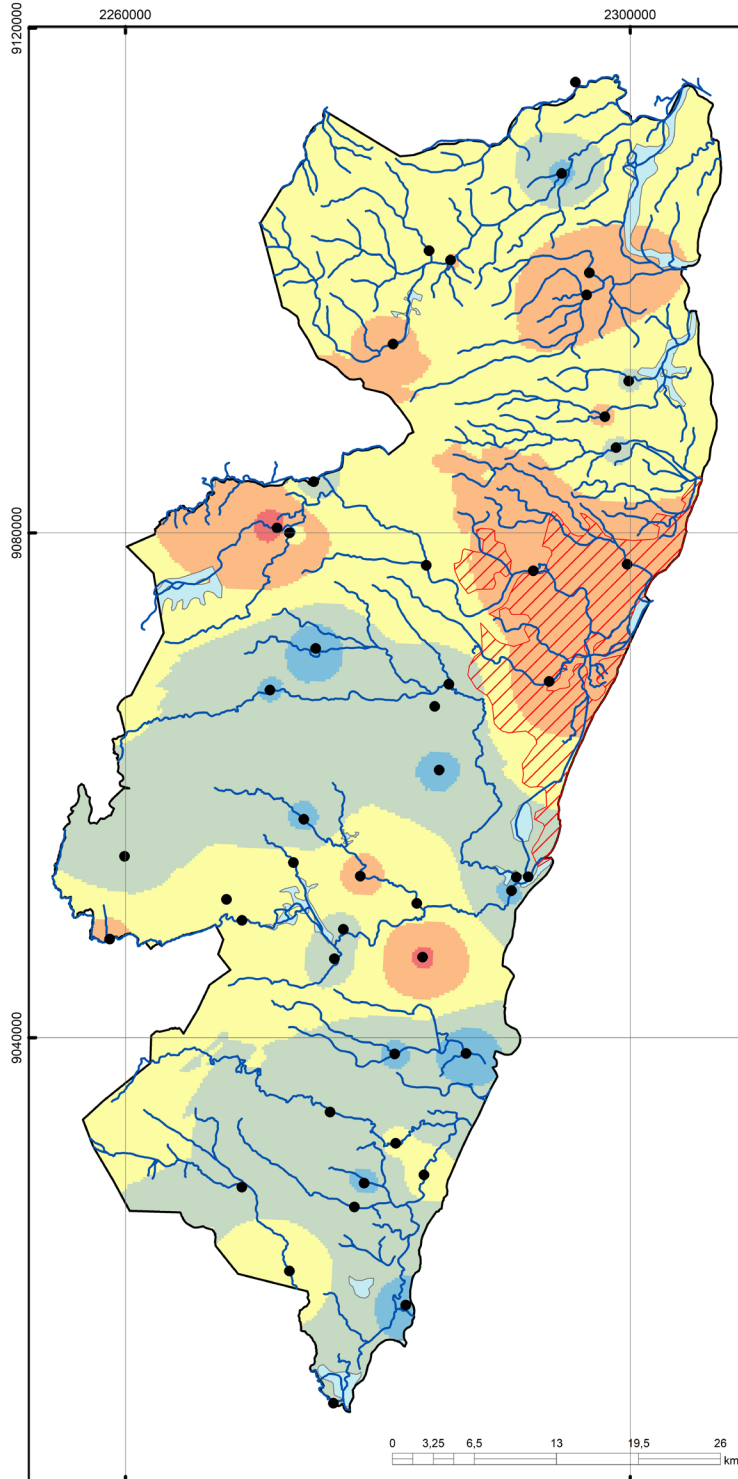
| Elemento                 | Na_Top | Na_Sub |
|--------------------------|--------|--------|
| Unidade                  | %      | %      |
| Limite de Detecção       | 0,01   | 0,01   |
| Número de Medidas        | 28     | 26     |
| Medidas > Limite         | 3      | 2      |
| %                        | 0,11   | 0,08   |
| Valor Mínimo             | 0,01   | 0,01   |
| Valor Máximo             | 0,02   | 0,02   |
| Média                    | 0,01   | 0,01   |
| Mediana                  | 0,005  | 0,005  |
| Desvio Padrão            | 0,00   | 0,00   |
| VQR MG                   | -      | -      |
| CETESB                   | -      | -      |
| CONAMA 420               | -      | -      |
| NOAA SQuRT 2008 (Target) | -      | -      |
| Clarke                   | 2,27   | 2,27   |

Região Metropolitana do Recife

# NÍQUEL

## Ni

### Sedimentos

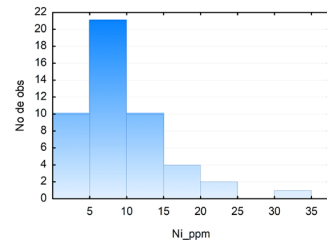
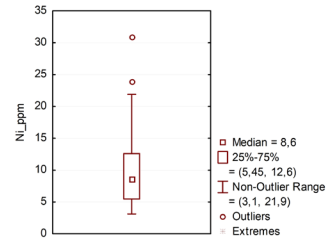


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ⬡ Barragens
- ⬢ Limite da bacia
- ⬢ Área edificada

**Ni (ppm)**

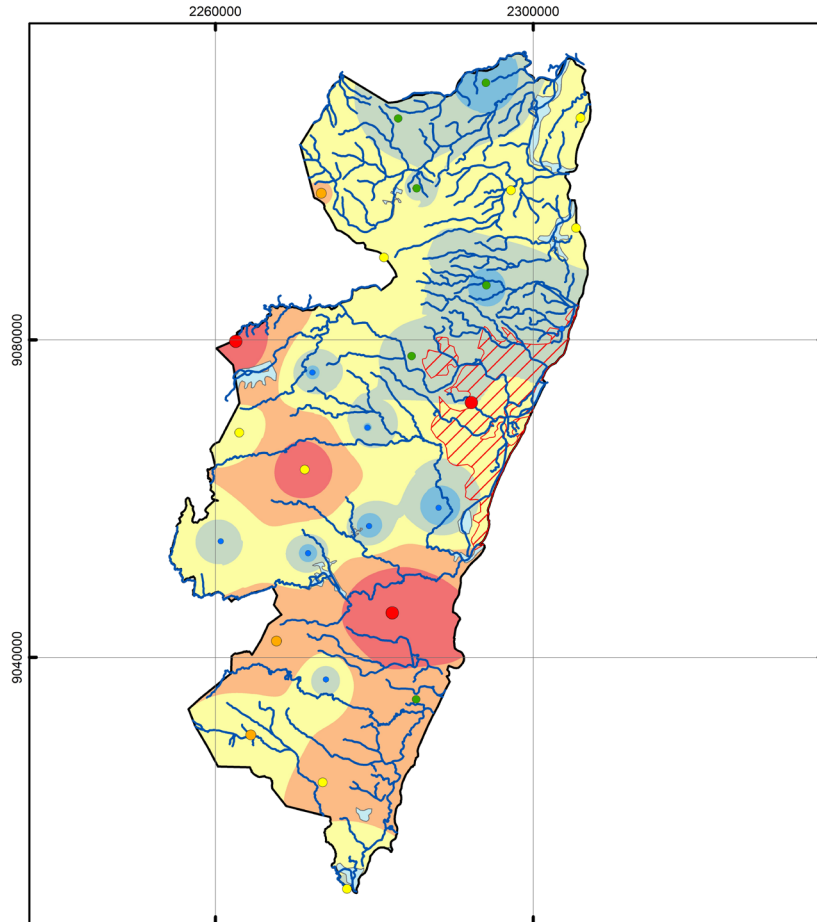
- < 5,5
- 5,5 - 8,6
- 8,6 - 12,6
- 12,6 - 21,9
- > 21,9



| Elemento               | Ni_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 0,5    |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 3,1    |
| Valor Máximo           | 30,90  |
| Média                  | 9,87   |
| Mediana                | 8,6    |
| Desvio Padrão          | 5,69   |
| CONAMA 434 (Nivel 1)   | 18     |
| NOAA SQuiRT 2008 (TEL) | 18     |

Região Metropolitana da Recife

**NÍQUEL** Ni Solo



**Legenda**

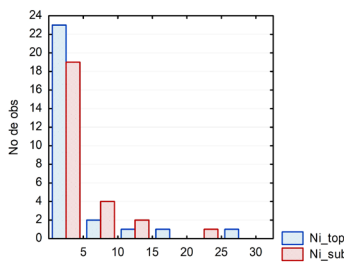
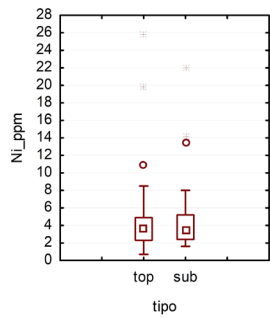
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ⬡ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Ni (ppm)**

- < 2,3
- 2,3 - 3,7
- 3,7 - 4,9
- 4,9 - 8,8
- > 8,8

**Solo Sub Ni (ppm)**

- < 2,45
- 2,45 - 3,45
- 3,45 - 5,10
- 5,10 - 9,08
- > 9,08



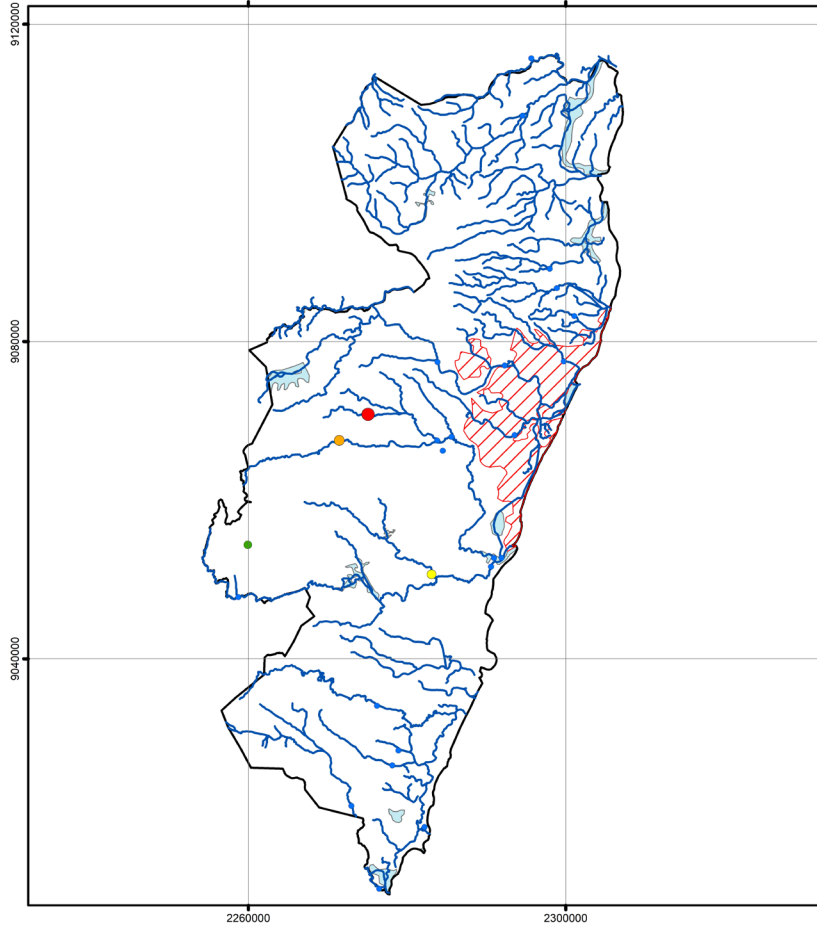
| Elemento                  | Ni_Top | Ni_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 0,5    | 0,5    |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 0,70   | 1,60   |
| Valor Máximo              | 25,9   | 22     |
| Média                     | 5,16   | 5,05   |
| Mediana                   | 3,65   | 3,45   |
| Desvio Padrão             | 5,47   | 4,71   |
| VQR MG                    | 21,48  | 21,48  |
| CETESB                    | 30     | 30     |
| CONAMA 420                | 30     | 30     |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | 0,26   | 0,26   |
| Clarke                    | 99     | 99     |

Região Metropolitana da Recife

# CHUMBO

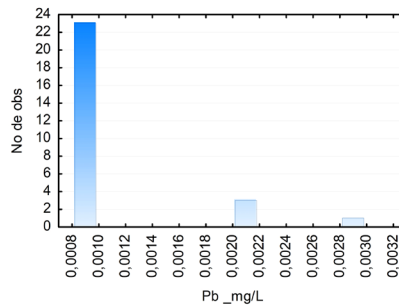
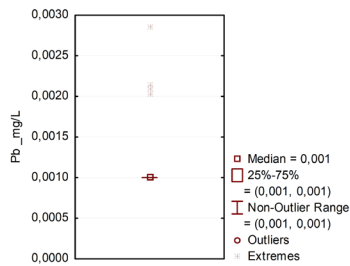
## Pb

### Água de Superfície



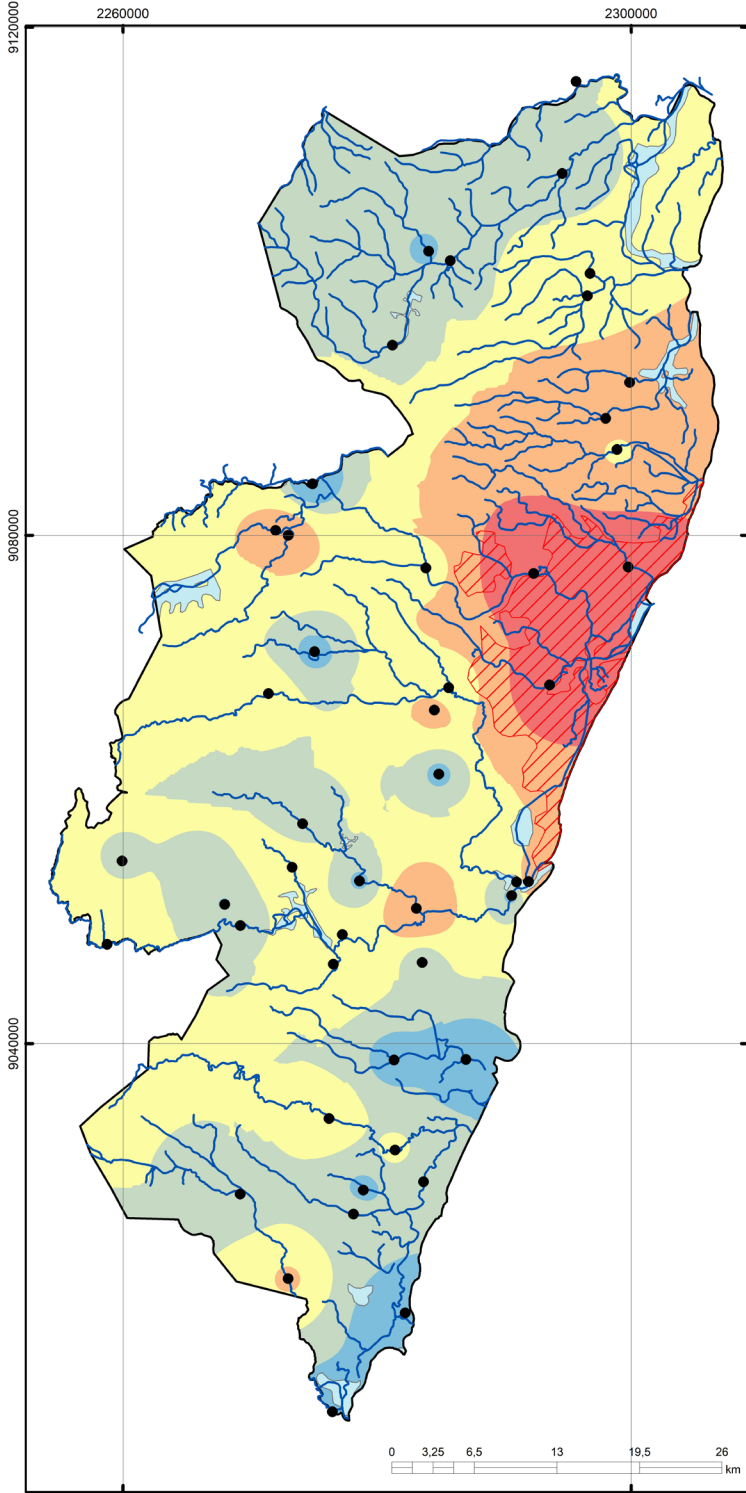
- Legenda**
- Pontos de coleta
  - Localidade
  - ~ Rede de drenagem
  - ◆ Barragens
  - ⊞ Limite da bacia
  - ▨ Área edificada

- Pb (mg/L)**
- < 0,0010
  - 0,0010 - 0,0020
  - 0,0020 - 0,0021
  - 0,0021 - 0,0022
  - > 0,0022



| Elemento              | Pb_mg/L |
|-----------------------|---------|
| Limite de Detecção    | 0,002   |
| Número de Medidas     | 27,00   |
| Medidas > Limite      | 4,00    |
| %                     | 15%     |
| Valor Mínimo          | 0,0010  |
| Valor Máximo          | 0,0029  |
| Média                 | 0,0012  |
| Mediana               | 0,0010  |
| Desvio Padrão         | 0,0005  |
| PORTARIA MS 2914/2011 | 0,01    |
| CONAMA 357            | 0,01    |
| CONAMA 396            | 0,01    |
| WHO 2011              | 0,01    |

Região Metropolitana da Recife  
**CHUMBO**  
**Pb** Sedimentos

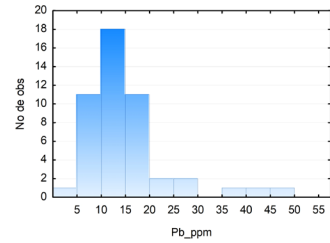
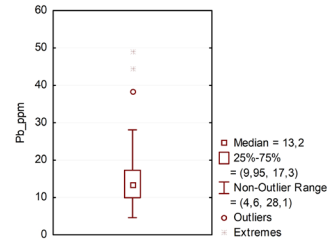


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Pb (ppm)**

- < 9,95
- 9,95 - 13,20
- 13,20 - 17,30
- 17,30 - 28,10
- > 28,10

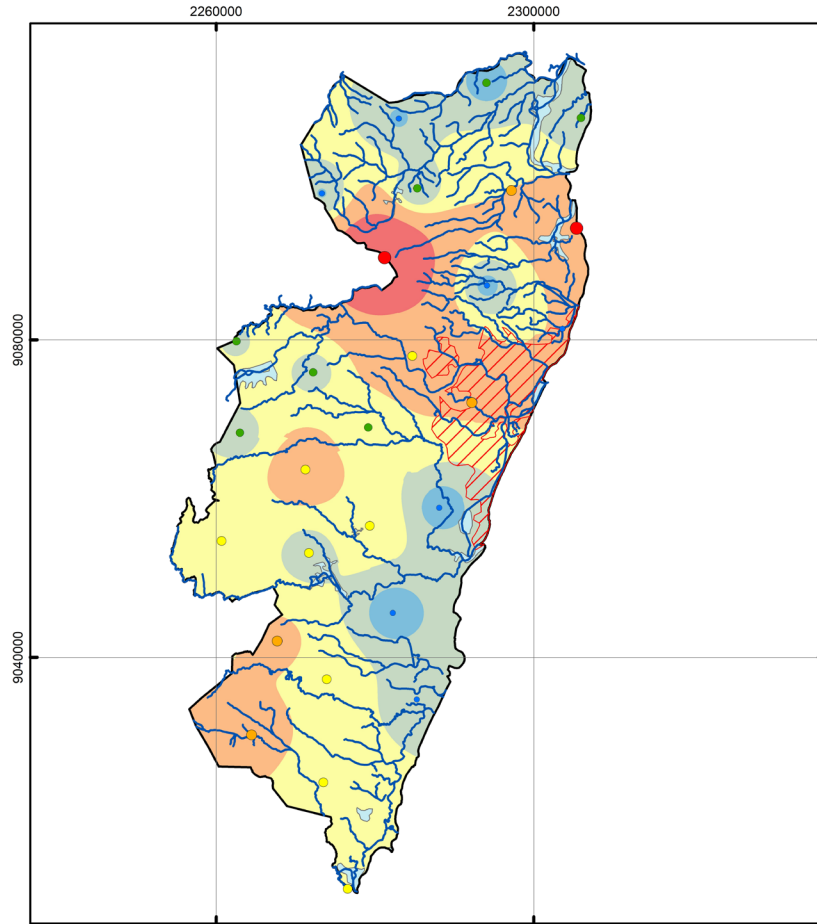


| Elemento               | Pb_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 0,2    |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 4,6    |
| Valor Máximo           | 49,00  |
| Média                  | 15,51  |
| Mediana                | 13,2   |
| Desvio Padrão          | 9,11   |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | 35     |
| NOAA SQuIRT 2008 (TEL) | 35     |

Região Metropolitana da Recife

**CHUMBO**

**Pb** Solo



**Legenda**

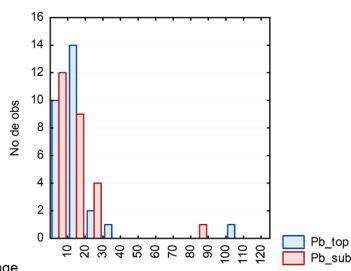
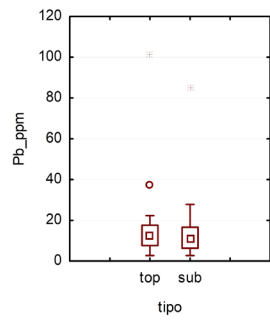
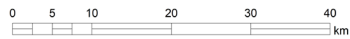
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ⬡ Barragens
- ⬡ Limite da bacia
- ⬡ Área edificada

**Solo Top Pb (ppm)**

- < 7,70
- 7,70 - 12,90
- 12,90 - 17,60
- 17,60 - 32,45
- > 32,45

**Solo Sub Pb (ppm)**

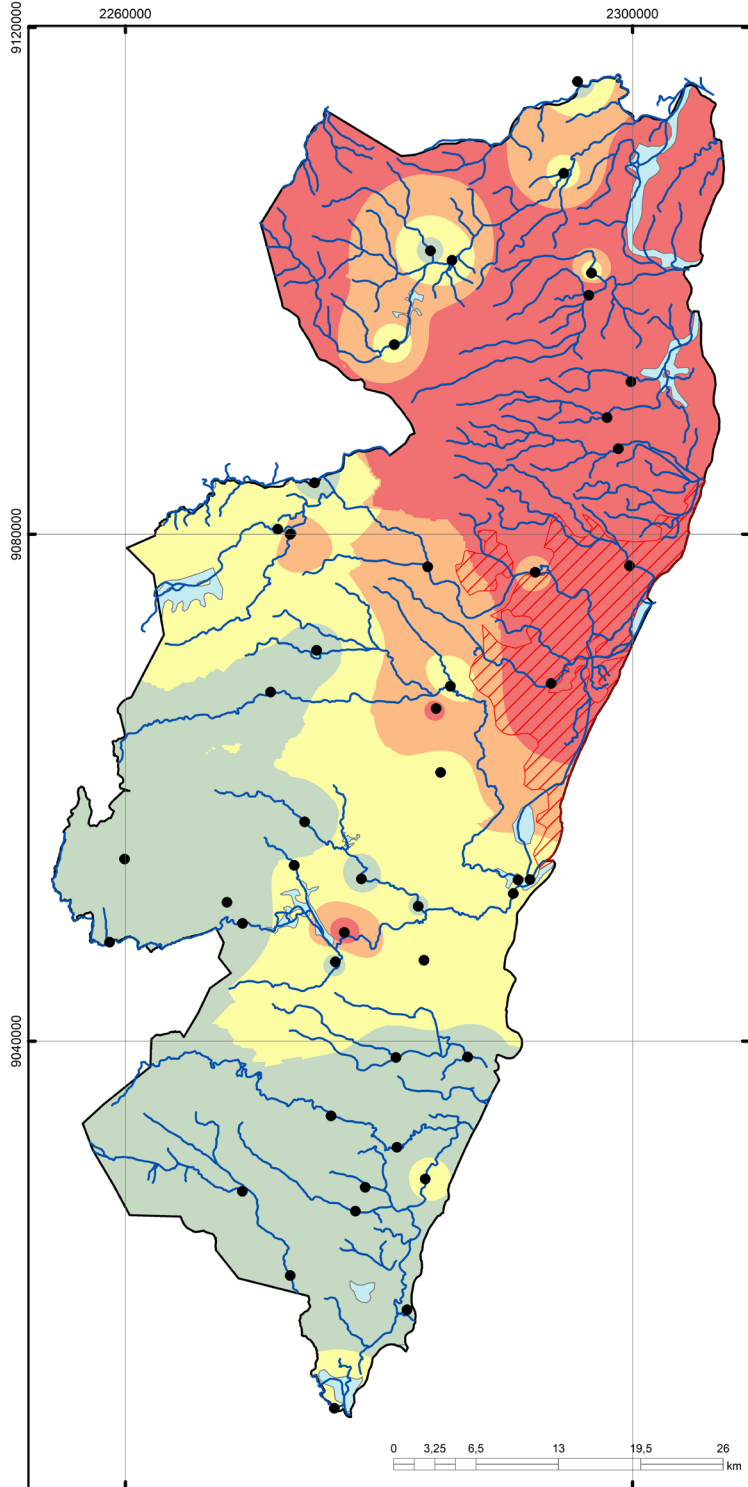
- < 6,33
- 6,33 - 11,20
- 11,20 - 16,60
- 16,60 - 32,01
- > 32,01



| Elemento                  | Pb_Top | Pb_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 0,2    | 0,2    |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 2,700  | 2,700  |
| Valor Máximo              | 101,7  | 85,3   |
| Média                     | 16,21  | 14,92  |
| Mediana                   | 12,9   | 11,2   |
| Desvio Padrão             | 18,19  | 15,92  |
| VQR MG                    | 19,5   | 19,5   |
| CETESB                    | 72     | 72     |
| CONAMA 420                | 72     | 72     |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | 55     | 55     |
| Clarke                    | 13     | 13     |

Região Metropolitana da Recife

**ANTIMÔNIO** **Sb** Sedimentos

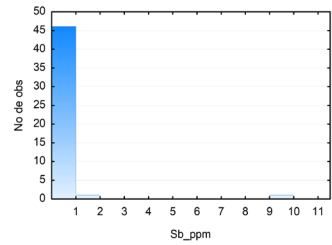
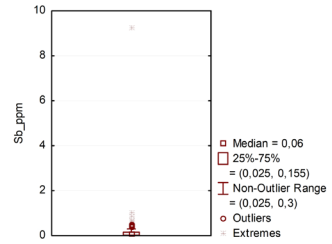


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ⬡ Barragens
- ⬢ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Sb (ppm)**

- < 0,025
- 0,025 - 0,060
- 0,060 - 0,155
- 0,155 - 0,300
- > 0,300



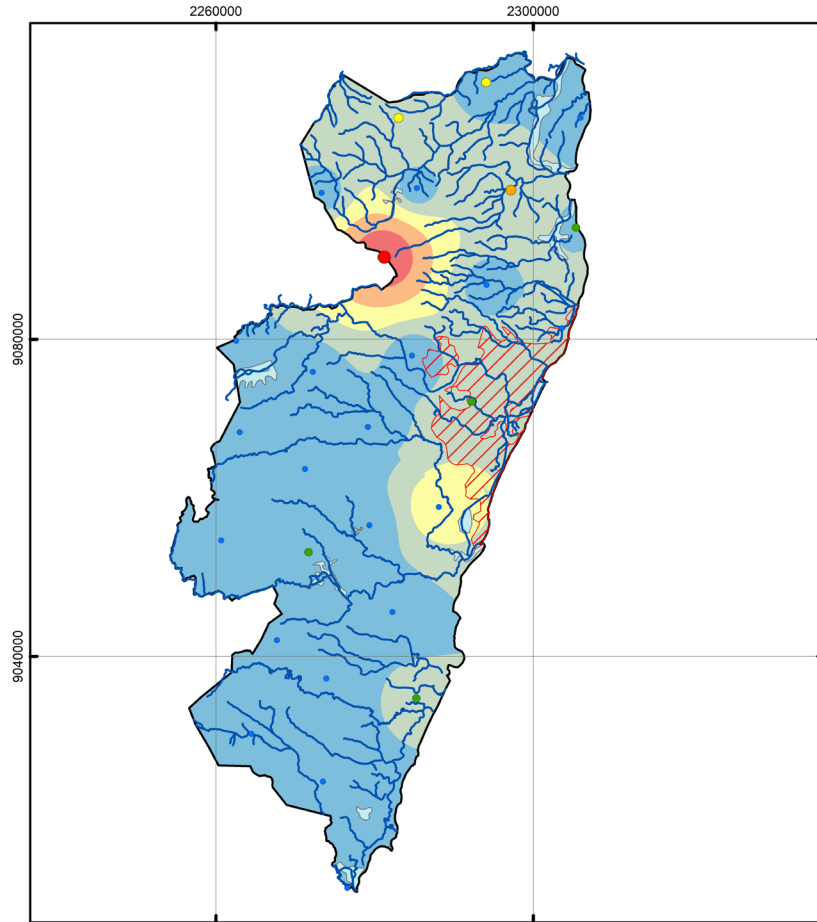
| Elemento               | Sb_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 0,05   |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 27     |
| %                      | 56%    |
| Valor Mínimo           | 0,025  |
| Valor Máximo           | 9,25   |
| Média                  | 0,34   |
| Mediana                | 0,06   |
| Desvio Padrão          | 1,33   |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | -      |
| NOAA SQuiRT 2008 (TEL) | -      |



Região Metropolitana da Recife

# ANTIMÔNIO Sb

Solo



**Legenda**

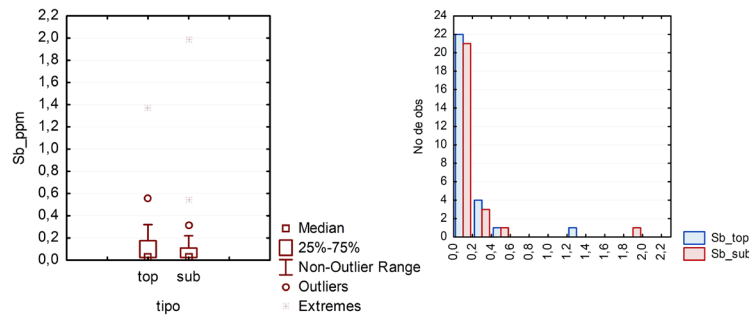
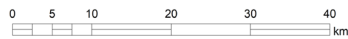
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◊ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Sb (ppm)**

- < 0,09
- 0,09 - 0,23
- 0,23 - 0,32
- 0,32 - 0,56
- > 0,56

**Solo Sub Sb (ppm)**

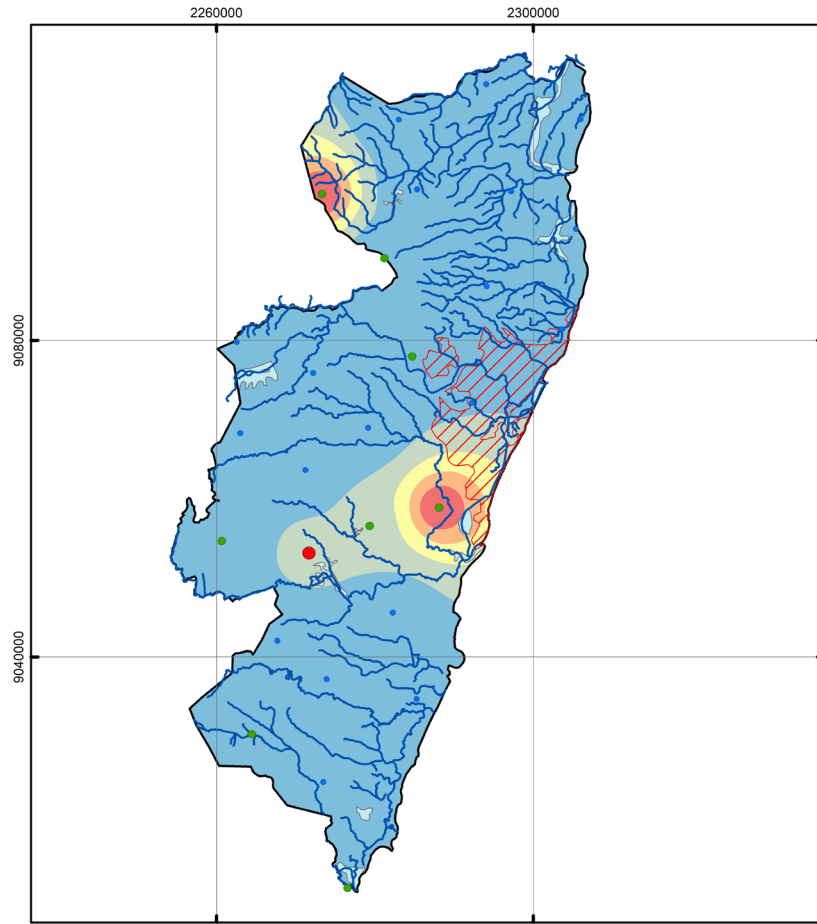
- < 0,13
- 0,13 - 0,32
- 0,32 - 0,65
- 0,65 - 1,2
- > 1,2



| Elemento                  | Sb_Top | Sb_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 0,05   | 0,05   |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 11     | 7      |
| %                         | 0,39   | 0,27   |
| Valor Mínimo              | 0,025  | 0,025  |
| Valor Máximo              | 1,37   | 1,98   |
| Média                     | 0,14   | 0,15   |
| Mediana                   | 0,025  | 0,025  |
| Desvio Padrão             | 0,27   | 0,39   |
| VQR MG                    | 0,5    | 0,5    |
| CETESB                    | 2      | 2      |
| CONAMA 420                | 2      | 2      |
| NOAA SQuiRT 2008 (Target) | 3      | 3      |
| Clarke                    | 0      | 0      |

Região Metropolitana da Recife

**SELÊNIO** Se Solo



**Legenda**

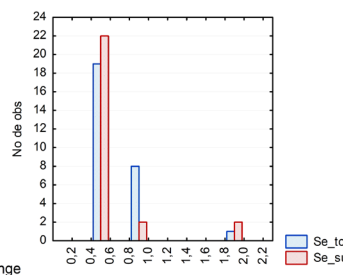
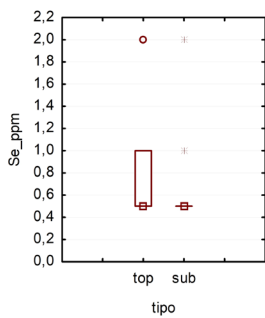
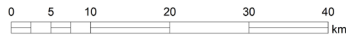
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Se (ppm)**

- < 0,80
- 0,80 - 1,1
- 1,1 - 1,4
- 1,4 - 1,7
- > 1,7

**Solo Sub Se (ppm)**

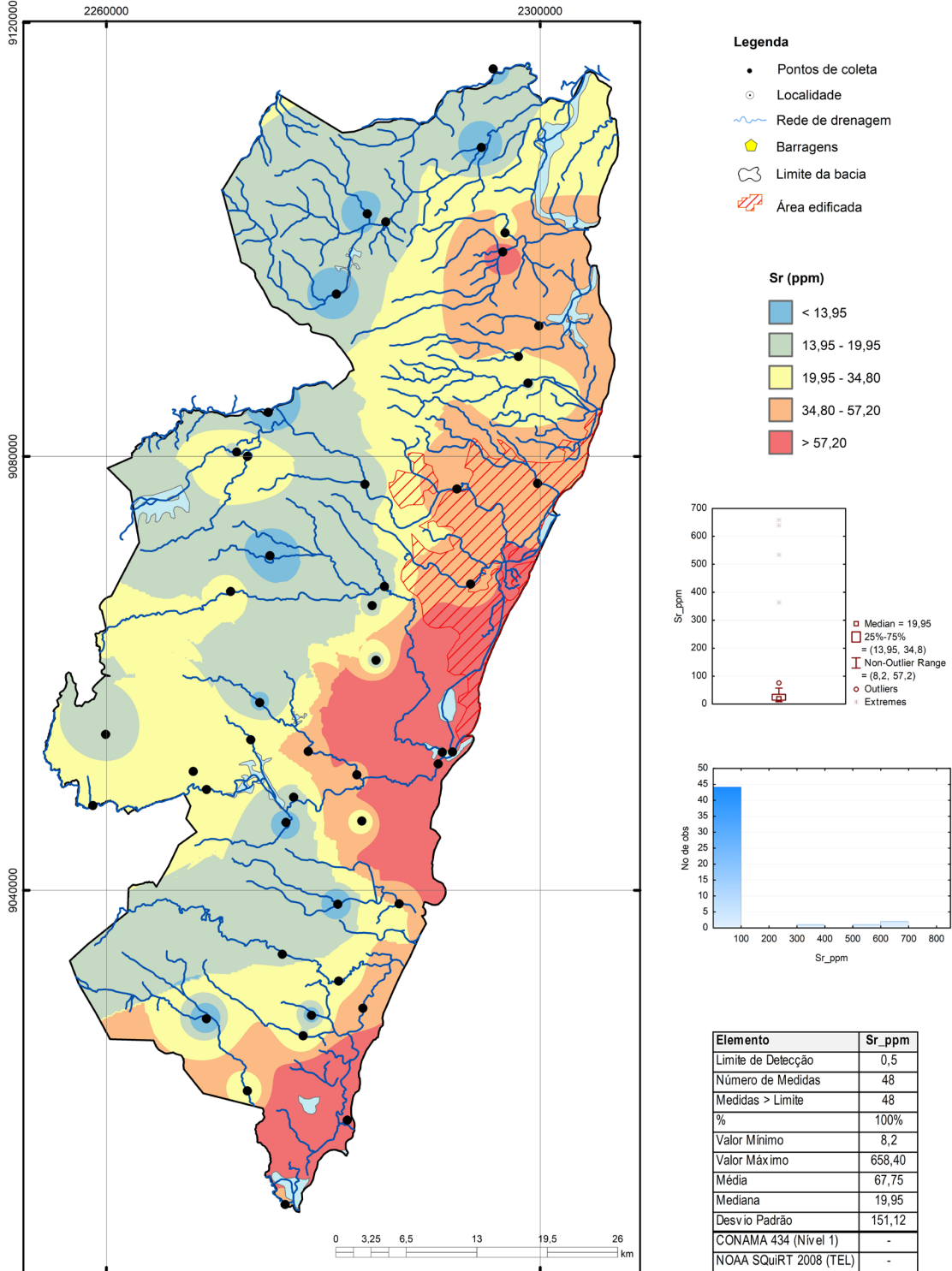
- < 0,80
- 0,80 - 1,1
- 1,1 - 1,4
- 1,4 - 1,7
- > 1,7



| Elemento                  | Se_Top | Se_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 1      | 1      |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 9      | 4      |
| %                         | 0,32   | 0,15   |
| Valor Mínimo              | 0,50   | 0,50   |
| Valor Máximo              | 2      | 2      |
| Média                     | 0,70   | 0,65   |
| Mediana                   | 0,5    | 0,5    |
| Desvio Padrão             | 0,34   | 0,42   |
| VQR MG                    | 0,51   | 0,51   |
| CETESB                    | 5      | 5      |
| CONAMA 420                | 5      | 5      |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | 0,7    | 0,7    |
| Clarke                    | 0      | 0      |

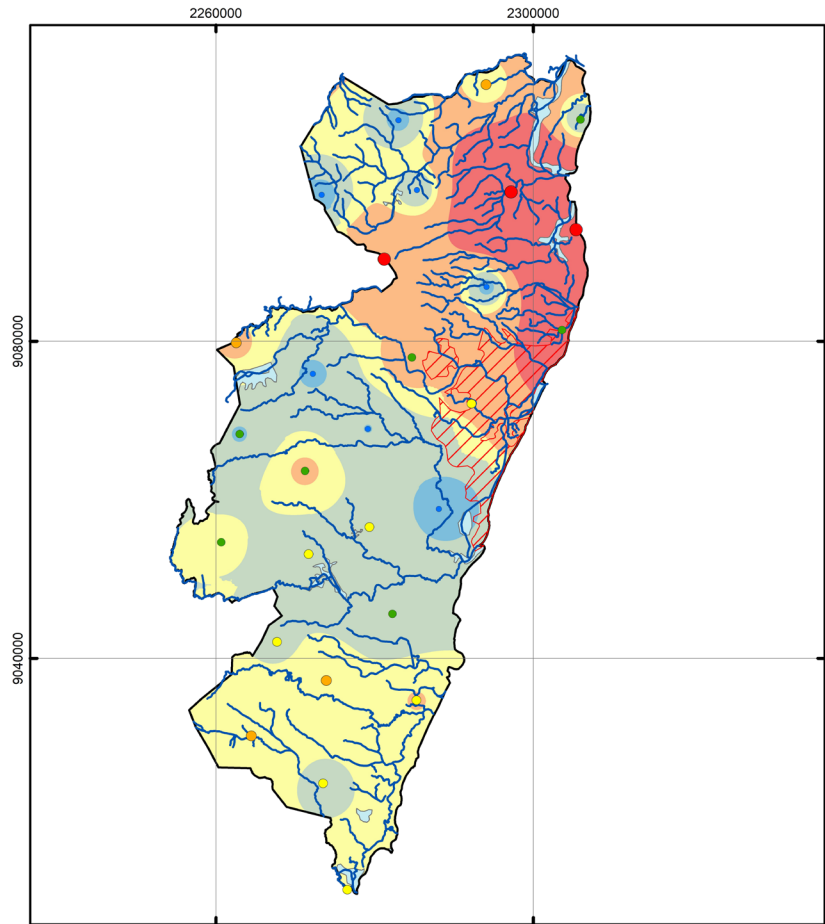
Região Metropolitana do Recife

# ESTRÔNCIO Sr Sedimentos



Região Metropolitana da Recife

# ESTRÔNCIO Sr Solo



**Legenda**

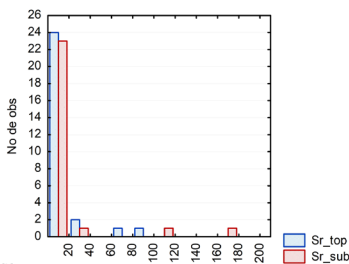
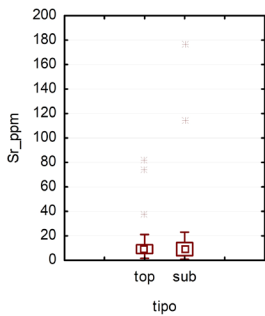
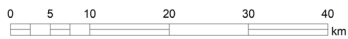
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⬭ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top Sr (ppm)**

- < 5,58
- 5,58 - 9,47
- 9,47 - 12,25
- 12,25 - 22,26
- > 22,26

**Solo Sub Sr (ppm)**

- < 3,90
- 3,90 - 9,47
- 9,47 - 14,25
- 14,25 - 29,78
- > 29,78



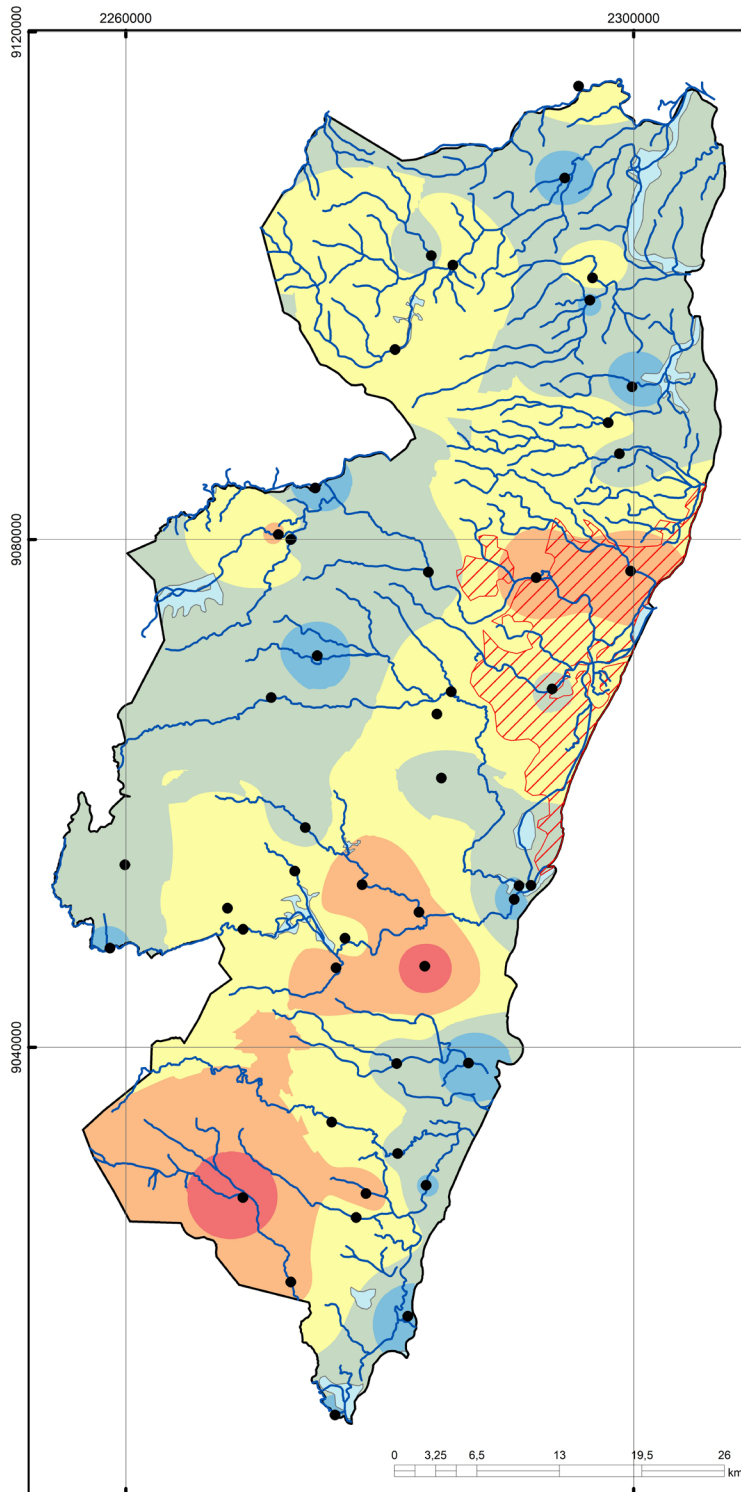
| Elemento                  | Sr_Top | Sr_Sub |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 0,5    | 0,5    |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 1,600  | 0,800  |
| Valor Máximo              | 82,3   | 176,8  |
| Média                     | 14,68  | 19,21  |
| Mediana                   | 9,1    | 8,95   |
| Desvio Padrão             | 19,42  | 38,66  |
| VQR MG                    | 9,47   | 9,47   |
| CETESB                    | -      | -      |
| CONAMA 420                | -      | -      |
| NOAA SQuIRT 2008 (Target) | -      | -      |
| Clarke                    | 384    | 384    |

Região Metropolitana do Recife

# VANÁDIO

## V

### Sedimentos

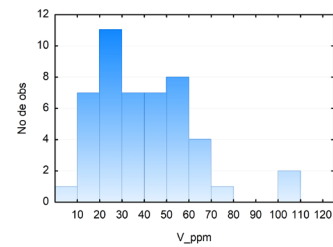
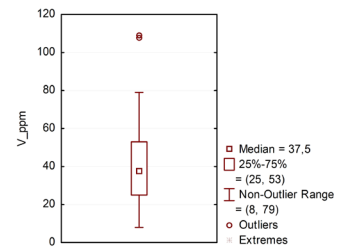


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**V (ppm)**

- < 25,0
- 25,0 - 37,5
- 37,5 - 53,0
- 53,0 - 79,0
- > 79,0

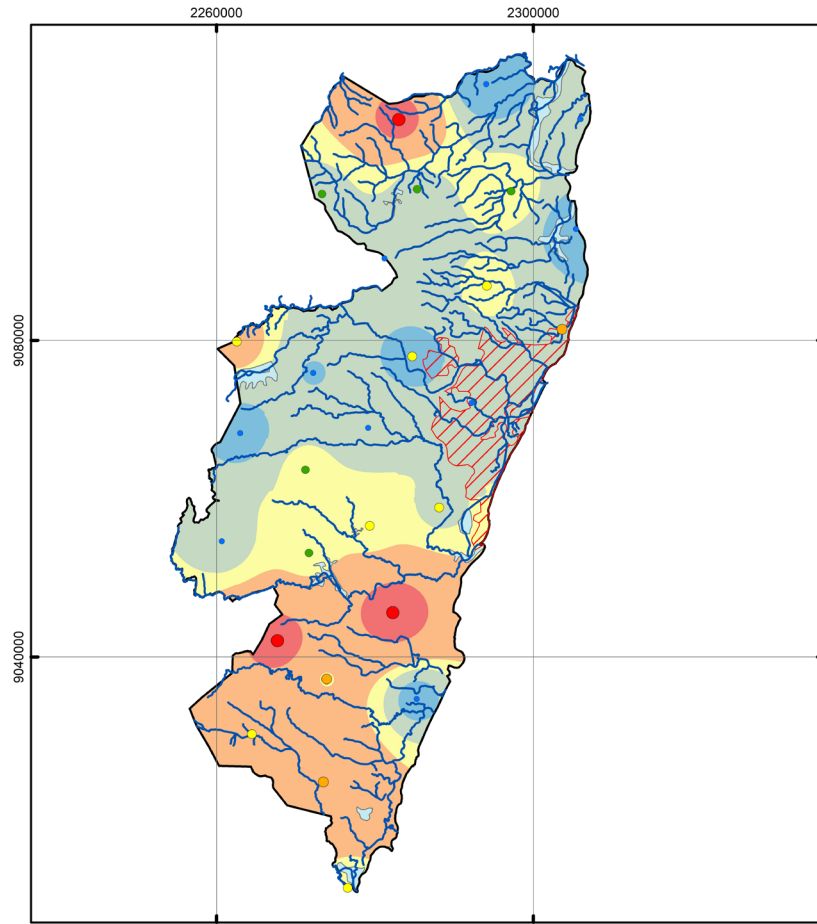


| Elemento               | V_ppm  |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 1      |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 8      |
| Valor Máximo           | 109,00 |
| Média                  | 40,81  |
| Mediana                | 37,5   |
| Desvio Padrão          | 22,22  |
| CONAMA 434 (Nível 1)   | -      |
| NOAA SQuiRT 2008 (TEL) | -      |

Região Metropolitana da Recife

**VANÁDIO** **V**

Solo



**Legenda**

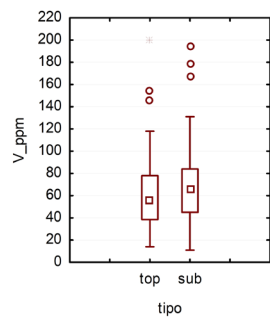
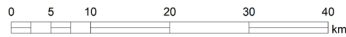
- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Solo Top V (ppm)**

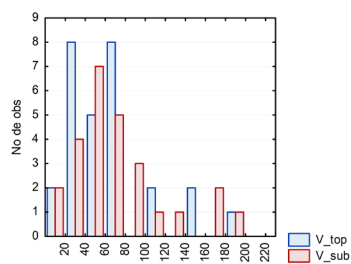
- < 42,0
- 42,0 - 56,0
- 56,0 - 78,0
- 78,0 - 136,9
- > 136,9

**Solo Sub V (ppm)**

- < 42,0
- 42,0 - 65,5
- 65,5 - 83,5
- 83,5 - 140,5
- > 140,5



- Median
- ▭ 25%-75%
- ⊞ Non-Outlier Range
- Outliers
- ⊞ Extremes



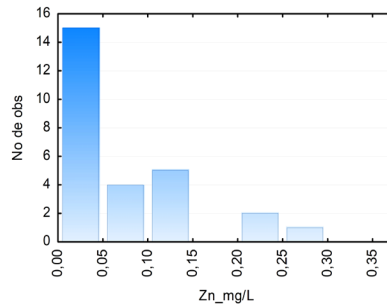
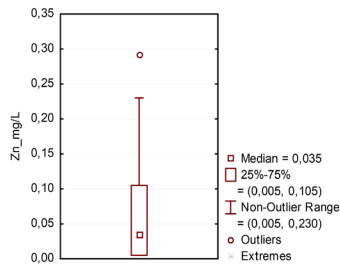
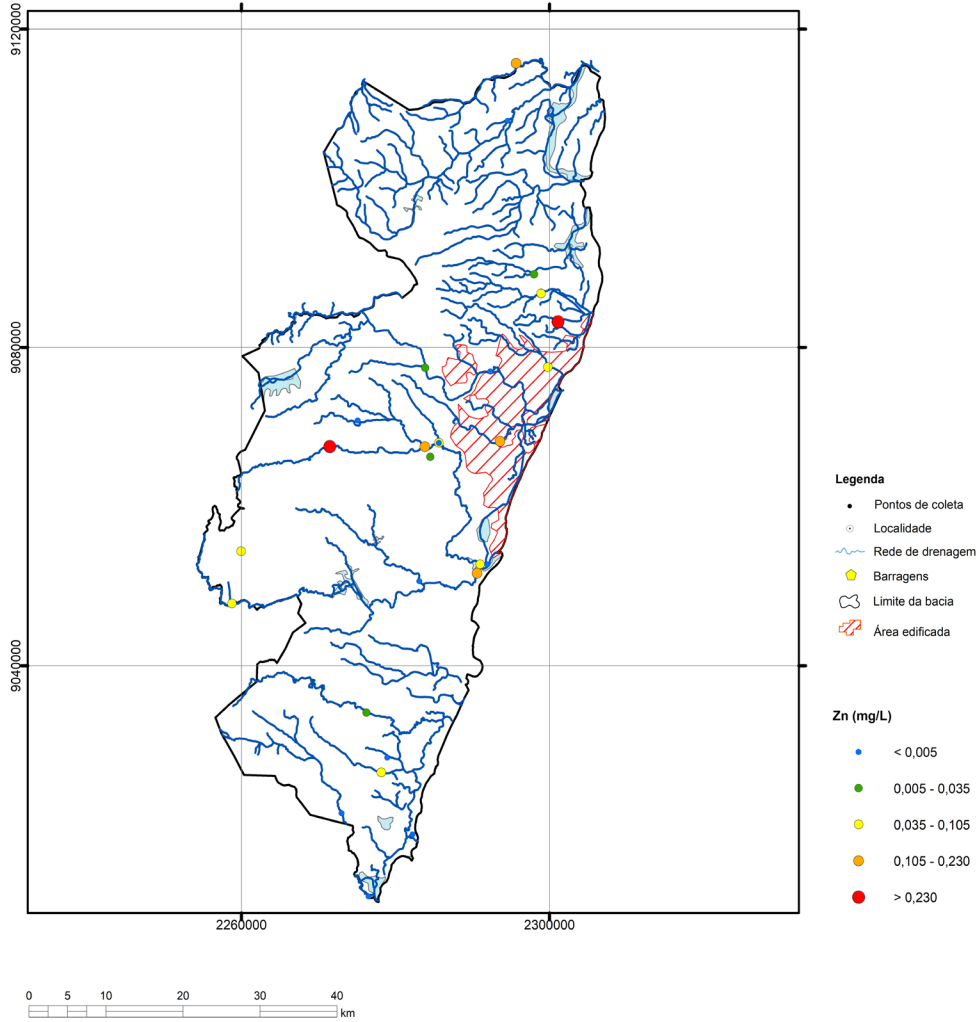
| Elemento                  | V_Top  | V_Sub  |
|---------------------------|--------|--------|
| Unidade                   | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção        | 1      | 1      |
| Número de Medidas         | 28     | 26     |
| Medidas > Limite          | 28     | 26     |
| %                         | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo              | 14,000 | 11,000 |
| Valor Máximo              | 200    | 194    |
| Média                     | 67,250 | 73,192 |
| Mediana                   | 56     | 65,5   |
| Desvio Padrão             | 44,23  | 47,89  |
| VQR MG                    | 128,51 | 128,51 |
| CETESB                    | 275    | 275    |
| CONAMA 420                | -      | -      |
| NOAA SQuiRT 2008 (Target) | 42     | 42     |
| Clarke                    | 136    | 136    |

Região Metropolitana do Recife

# ZINCO

## Zn

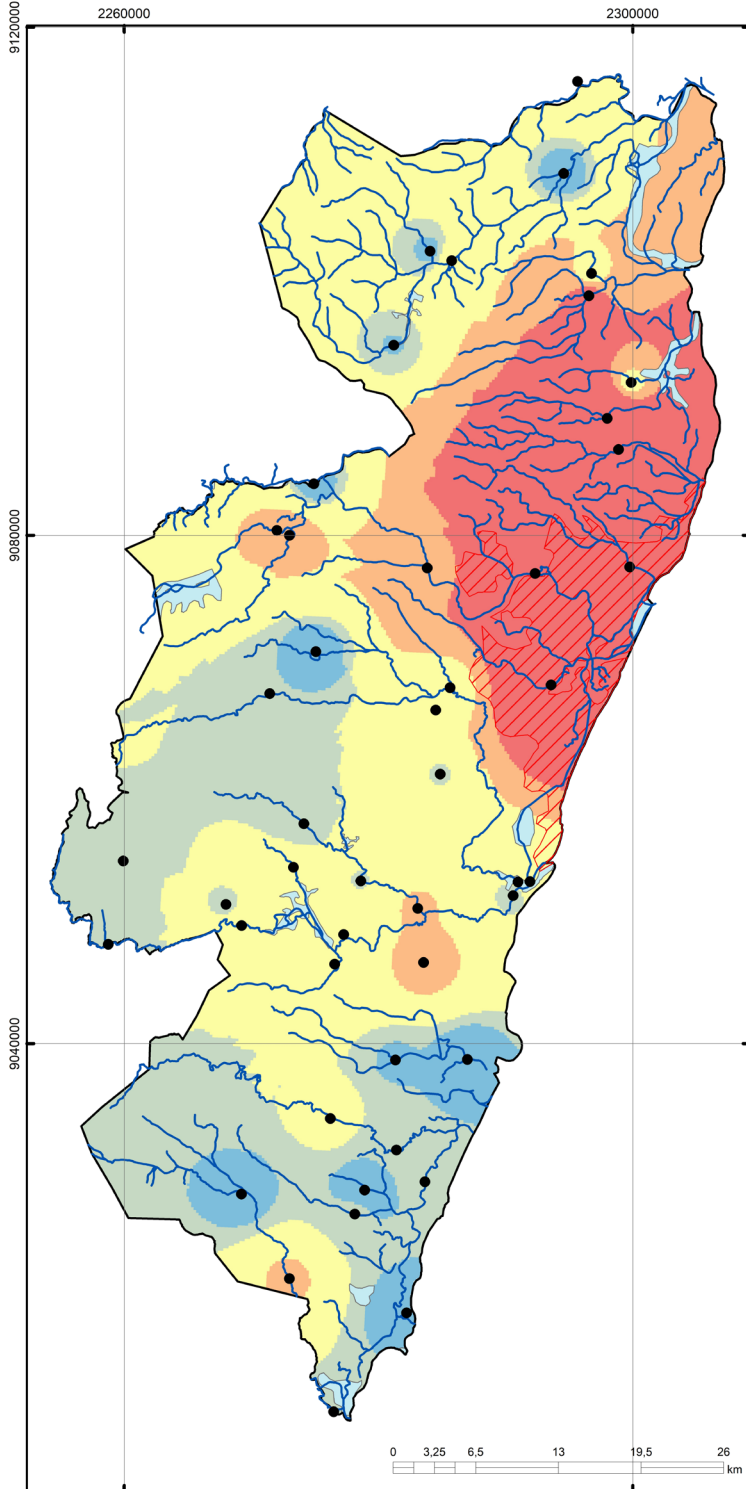
### Água de Superfície



| Elemento              | Zn_mg/L |
|-----------------------|---------|
| Limite de Detecção    | 0,01    |
| Número de Medidas     | 27,00   |
| Medidas > Limite      | 17,00   |
| %                     | 63%     |
| Valor Mínimo          | 0,01    |
| Valor Máximo          | 0,29    |
| Média                 | 0,07    |
| Mediana               | 0,03    |
| Desvio Padrão         | 0,08    |
| PORTARIA MS 2914/2011 | 5,00    |
| CONAMA 357            | 0,18    |
| CONAMA 396            | 5,00    |
| WHO 2011              | -       |

Rajão Metropolitana da Recife

**ZINCO** **Zn** Sedimentos

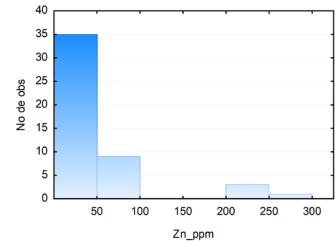
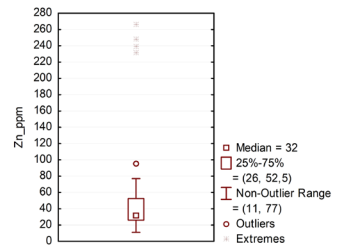


**Legenda**

- Pontos de coleta
- Localidade
- ~ Rede de drenagem
- ◆ Barragens
- ⊞ Limite da bacia
- ▨ Área edificada

**Zn (ppm)**

- < 26,00
- 26,00 - 32,00
- 32,00 - 52,25
- 52,25 - 77,00
- > 77,00



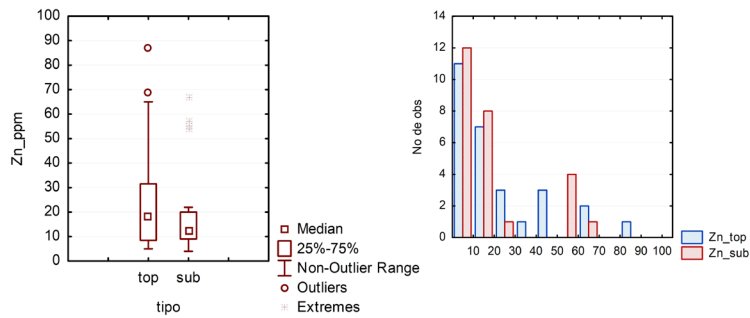
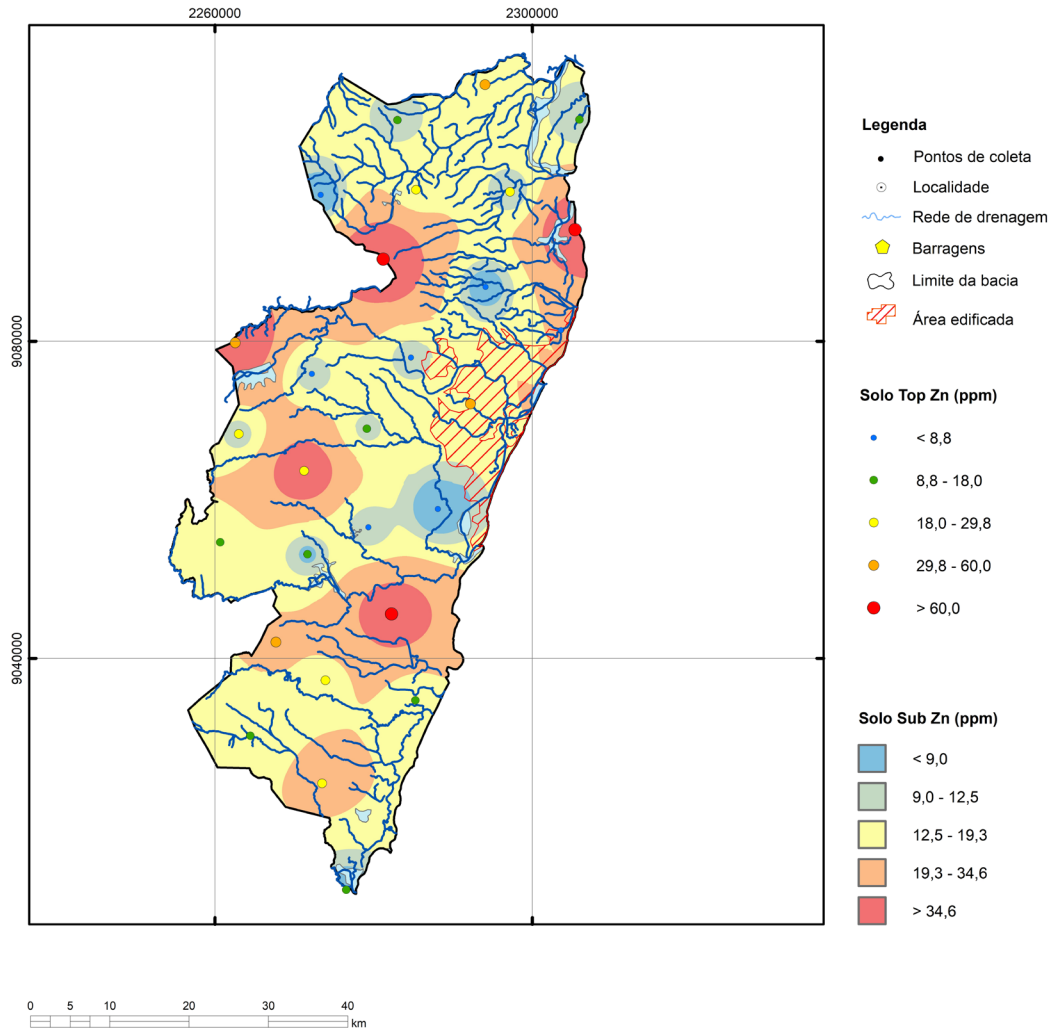
| Elemento               | Zn_ppm |
|------------------------|--------|
| Limite de Detecção     | 1      |
| Número de Medidas      | 48     |
| Medidas > Limite       | 48     |
| %                      | 100%   |
| Valor Mínimo           | 11     |
| Valor Máximo           | 267,00 |
| Média                  | 54,27  |
| Mediana                | 32     |
| Desvio Padrão          | 61,38  |
| CONAMA 434 (Nivel 1)   | 123    |
| NOAA SQuiRT 2008 (TEL) | 123    |



Região Metropolitana do Recife

# ZINCO

## Zn Solo



| Elemento                 | Zn_Top | Zn_Sub |
|--------------------------|--------|--------|
| Unidade                  | ppm    | ppm    |
| Limite de Detecção       | 1      | 1      |
| Número de Medidas        | 28     | 26     |
| Medidas > Limite         | 28     | 26     |
| %                        | 1,00   | 1,00   |
| Valor Mínimo             | 5,000  | 4,000  |
| Valor Máximo             | 87     | 67     |
| Média                    | 23,79  | 20,27  |
| Mediana                  | 18     | 12,5   |
| Desvio Padrão            | 21,58  | 19,18  |
| VQR MG                   | 46,3   | 46,3   |
| CETESB                   | 60     | 60     |
| CONAMA 420               | 300    | 300    |
| NOAA SQiRT 2008 (Target) | 16     | 16     |
| Clarke                   | 76     | 76     |

# O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

# Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

## ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



### LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



### AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



### LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



### SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



### AGROGEOLOGIA



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



### RISCO GEOLÓGICO



### GEODIVERSIDADE



### PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



### ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



### GEOLOGIA MÉDICA



### RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



## ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

### GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



### TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



### LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



### MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



### PALEONTOLOGIA



### PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



### REDE DE BIBLIOTECAS



### REDE DE LITOTECAS



### GOVERNANÇA



## ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

### SUSTENTABILIDADE



### PRÓ-EQUIDADE



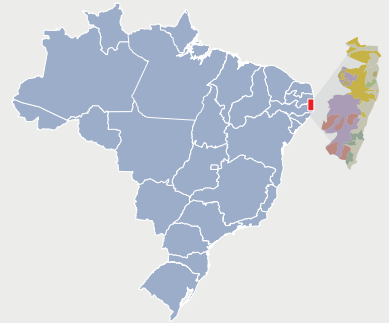
### COMITÊ DE ÉTICA



PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

# GEODIVERSIDADE DA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

## LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO AMBIENTAL



O levantamento geoquímico ambiental da Região Metropolitana de Recife foi efetuado como sendo um produto adicional ao Levantamento da Geodiversidade. Em 2003 o Serviço Geológico do Brasil – CPRM participou da estruturação dos levantamentos geoquímicos de baixa densidade com finalidade múltipla juntamente com diversas outras instituições, ficando responsável pelo recobrimento de todo o território nacional. Estes levantamentos utilizam ferramentas de pesquisa regionais objetivando o reconhecimento de grandes áreas a partir da coleta de poucas amostras. Os meios amostrais utilizados são as águas superficiais, os sedimentos de fundo dos rios, amostras de solo superficiais e profundas e uma amostra da água de abastecimento público de cada sede municipal da região investigada. Os trabalhos são planejados por bacias hidrográficas, respeitando os limites estaduais. Os produtos finais são Atlas Geoquímicos das bacias ou estados trabalhados, compostos por uma coleção de mapas que podem ser usados como instrumentos de planejamento territorial, desenvolvimento de projetos e ações sustentáveis do meio físico, favorecendo uma gestão ambiental, social e econômica mais equilibrada. A metodologia foi adequada a uma visão mais detalhista como apoio aos trabalhos de Geodiversidade. Todos os resultados obtidos e consistidos até o momento encontram-se no banco de dados do Serviço Geológico o GeoSGB e publicados na página de Geoquímica Ambiental do Departamento de Gestão Territorial – DEGET.

Onde encontrar  
este produto:

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)  
[seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

Mais informações e materiais  
sobre Gestão Territorial  
escaneie o código:



ISBN: 978-65-5664-266-6



SECRETARIA DE  
GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO  
FEDERAL