



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**GEOQUÍMICA REGIONAL MULTIELEMENTAR APLICADA AOS  
CAMPOS DA SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL NA PORÇÃO  
CONTINENTAL DA FOLHA SA.22-X-D – BELÉM  
REGIÃO NORDESTE DO PARÁ  
VOLUME I**

**Dissertação apresentada por:**

**EDUARDO PAIM VIGLIO**

---

**BELÉM  
2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)  
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

---

Viglio, Eduardo Paim

V677g      Geoquímica regional multielementar aplicada aos campos da  
saúde humana e ambiental na porção continental da Folha SA.22-X-  
D - Belém região Nordeste do Pará / Eduardo Paim Viglio. – 2008

2v : il.

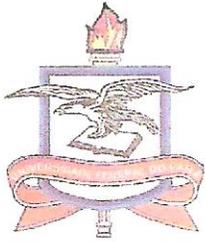
Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) –  
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto  
de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

Orientador, Rômulo Simões Angélica

1. Geoquímica ambiental. 2. Geologia médica. 3. Prospecção  
geoquímica. 4. Nordeste do Pará. I. Universidade Federal do Pará II.  
Angélica, Rômulo Simões, Orient. III. Título.

CDD 20º ed.: 551.9098115

---



Universidade Federal do Pará  
Instituto de Geociências  
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOQUÍMICA REGIONAL MULTIELEMENTAR APLICADA  
AOS CAMPOS DA SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL NA  
PORÇÃO CONTINENTAL DA FOLHA SA.22-X-D – BELÉM,  
REGIÃO NORDESTE DO PARÁ.**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em  
Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: 12/05/2008

**Comitê de Dissertação:**

*Rômulo Simões Angélica*

\_\_\_\_\_  
RÔMULO SIMÕES ANGÉLICA (Orientador)

*José Augusto Martins Corrêa*  
\_\_\_\_\_  
JOSÉ AUGUSTO MARTINS CORRÊA (UFPA)

*Otávio Augusto Licht*  
\_\_\_\_\_  
OTÁVIO AUGUSTO LICHT (MINEROPAR)

Belém  
2008

## **AGRADECIMENTOS**

Por várias vezes, ao longo de 25 anos de formado, pensei em voltar a estudar. Fato este que só se tornou possível quando, ao ingressar no Serviço Geológico do Brasil – CPRM, fui colocado diante de assunto tão fascinante quanto a Geologia Médica. Ter a oportunidade de colocar em prática conhecimentos de prospecção geoquímica para diminuir a ocorrência de doenças nas pessoas foi o principal fator que motivou esta dissertação, tão pacientemente discutida e corrigida por meu orientador Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica e pelos membros da banca que forneceram contribuições valiosas. Tal empreitada não teria sido possível, sem o auxílio de diversos colegas da CPRM, principalmente o Gerente de Recursos Minerais Orlando Araújo e o geólogo Edesio Macambira. Meus sinceros agradecimentos aos técnicos Alderan Souza e José Paulo Melo, e aos estagiários André Souza e Gilvana Soledade, alunos de graduação em geologia da UFPA. Agradeço a CPRM por ter cedido e permitido o uso dos dados por mim obtidos nos Projetos de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – PGAGEM e Mapeamento Geológico e Potencial Mineral da Região Metropolitana de Belém – Folha Belém.

## RESUMO

O presente trabalho diz respeito a dados obtidos durante a prospecção geoquímica multielementar de caráter regional executada para o Projeto Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – PGAGEM, do Serviço Geológico do Brasil – CPRM nos anos de 2004 e 2005, na área da Folha Belém – SA.22-X-D, em escala de 1:250.000. Foi realizada coleta em 74 pontos de drenagem com microbacias com mais de 100 Km<sup>2</sup> de área, de amostras de água de superfície e sedimento de corrente, analisadas para 33 e 53 elementos respectivamente. As águas de abastecimento público das 62 sedes municipais da região nordeste do Pará e noroeste do Maranhão também foram amostradas e analisadas. A interpretação foi feita visando compreender o padrão de distribuição dos elementos no ambiente. As amostras de água foram mantidas sob refrigeração e analisadas no Laboratório da CPRM no Rio de Janeiro – LAMIN, por ICP-OES. Parâmetros físico-químicos das águas foram medidos no campo (pH, condutividade, Oxigênio dissolvido, salinidade e temperatura). As amostras de sedimento de corrente foram coletadas de maneira composta, secas à sombra, e as análises foram feitas no Laboratório Acme, por geração de hidretos acoplado a ICP-OES para Arsênio e Selênio; geração de vapor de mercúrio acoplado a espectroscopia de absorção atômica - CVAAS para o Mercúrio e ICP OES para os demais elementos. Aos valores numéricos oriundos de tratamento estatístico dos dados obtidos foram incluídos na interpretação dos mapas geoquímicos também os valores máximos permitidos pela legislação brasileira para água definida pelo CONAMA, pelo Ministério da Saúde ou pela Organização Mundial de Saúde. Os resultados das amostras de sedimento de corrente definiram duas populações com duas áreas fontes distintas, a Formação Barreiras, a sul do Rio Guamá, constituindo sedimentos de corrente argilosos e os sedimentos pós-Barreiras, a norte, submetidos a processo de lixiviação intensa, constituindo sedimentos de corrente arenosos. Tal fato permite a sugestão de duas hipóteses: a existência de uma tectônica relativa entre os dois blocos, visto que para sofrer a lixiviação, o bloco norte precisou ficar mais tempo exposto ao intemperismo; e a espera de teores geogênicos extremamente baixos para os sedimentos da margem direita do rio Guamá, nas proximidades da região metropolitana de Belém. São lançados os conceitos de anomalia geogênica de conotação ampla para definir um padrão natural de distribuição do elemento químico; de anomalia geogênica de conotação restrita, cuja causa tanto pode ser natural

quanto antrópica; e do fator denominado Teor de Exposição, definido como o produto do teor encontrado, pela ingestão média diária de água e pelo tempo de duração da exposição aplicado à população atingida, que auxilia na avaliação do risco e na priorização de trabalhos de detalhe. Foram detectadas 12 microbacias onde a presença em concentrações anormais geogênicas amplas de Al, B, Cu, Fe e Pb, e geogênicas restritas de Cd, Co, Cr, F e Hg, podem estar expondo seres vivos a situações geradoras de doenças. A aplicação do Teor de Exposição prioriza as sedes municipais de Barcarena / Vila dos Cabanos e Moju, dentro da Folha Belém, que se encontram entre as 10 sedes municipais submetidas a um maior risco de exposição para a região Nordeste do Pará. Não se conseguiu obter correlações diretas e inequívocas entre aumento de casos de morbidade e municípios com concentrações anômalas com os dados existentes no DATASUS – banco de dados do Ministério da Saúde. No entanto, sugere-se a execução imediata de pesquisas médicas nas regiões das microbacias que possuem anomalias geogênicas amplas de Al, Pb, Cu, Fe e B. Estas regiões encontram-se indicadas no Mapa de Orientação Geoquímica para Gestão Territorial e de Saúde Pública e necessitam de estudos de detalhe. Confirma-se que a execução de campanhas de prospecção geoquímica de caráter multielementar e de âmbito regional são ferramentas de muita valia no auxílio a formulação de políticas públicas nas áreas de Gestão Territorial e Saúde Pública, por possibilitar a ação preventiva, evitando que pessoas ocupem áreas com risco elevado de exposição a concentrações nocivas de elementos e adoeçam.

Palavras chave: Geoquímica ambiental, Geologia Médica, Prospecção Geoquímica, Nordeste do Pará.

## ABSTRACT

The present work was done together with PGAGEM – National Program of the Medical Geology and Environmental Geochemistry Research of CPRM - Geological Survey of Brazil, on the 1:250.000 that took place in northeast of the Pará State and the northwest of Maranhão State. This study focused on the Belém Sheet SA.22-X-D, on the same scale. With regional approach, 74 drainage basins with around 100km<sup>2</sup> were sampled for water and stream sediments. These were analyzed for 33 and 53 elements respectively in order to understand the distribution pattern on the environment. Some points of the public water distribution supply systems were also studied. The water samples were maintained by refrigeration and analyzed by ICP-OES in the LAMIN laboratory of CPRM in Rio de Janeiro. Physicochemical parameters such as pH, conductivity, dissolved oxygen, salinity and temperature were measured *in situ*. The stream sediments samples were collected in various points of the drainage (composed sample), and analyzed at Acme Laboratory using three different analytical methods: hydret generation connected to ICP-OES, for As and Se; mercury vapor generation connected to atomic absorption spectroscopy – CVAAS for Hg and ICP-OES for the others elements. To all the geochemical maps generated for the water samples was added the curve of maximum allowed concentration for the CONAMA/ Brazilian Health Ministry/WHO. It was also possible to define on the opposite margins of the Guamá river two regions with contributions from distinct source areas. On the south portion the primary source area is the Barreiras Formation. On the north portion, the primary source area are sands so called “post Barreiras” from the Pleistocene and submitted to intense lixiviation, with grades always below the background values, where the totality of the original rock elements was removed. The comparison of water and stream sediments results from the same point shows that the migration of the elements from the sedimentary rocks to the water, with pH values varying from 3.6 to 5.5, is a process actually working. More detailed isotopic studies must be done to confirm that despite smaller grades in the right margin, right on the more populated region of Belém city, these grades are anthropogenic, mainly for Pb and Cu. The data of PGAGEM Project for the public water distribution supply systems was reevaluated. Areas of

high concentration and time of exposure were indicated using an expression called the Exposition Grade, the product of the concentration of a chemical element times the daily average ingestion of water (two liters) times the time of exposure. The Exposition Grade Factor defined the localities of Barcarena, Vila dos Cabanos and Moju (located in Belém Sheet), as 3 among 10 localities submitted to the highest exposure risk in all the PGAGEM area. It introduces the concept of ample and restrict geogenic anomaly. The first refers to the natural distribution pattern of elements on the environment. The second refers to both anthropogenic and natural distribution. Twelve basins were detected with ample geogenic anomalies for Al, B, Cu, Fe and Pb, and restrict geogenic anomalies for Cd, Co, Cr, F and Hg. These results are presented on the Geochemical Orientation for the Territorial Management and Public Health Map. This work generated a Geochemical Atlas of the continental portion of the Belém Sheet 1:250.000 scale with analytical results tables and over one hundred geochemical maps. This work confirms that regional and multi-element geochemical surveys outline the distribution patterns of the chemical elements in Nature, and therefore may predict and explain human health problems due to natural factors. This kind of study turns out to be a very useful tool in preventive implementation of Health and Territorial Management public policies.

Key words: Environmental Geochemical, Medical Geology, Geochemical Survey, Northeast of Pará State.

# SUMÁRIO

## VOLUME I

### AGRADECIMENTOS

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	17
<b>3. HISTÓRICO</b> .....	18
<b>4. GEOLOGIA DA ÁREA</b> .....	26
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
5.1 ASPECTOS GEOQUÍMICOS PROSPECTIVOS .....	29
5.1.1 <b>Trabalhos de campo</b> .....	29
5.1.1.1 Amostragem de água de abastecimento público .....	29
5.1.1.2 Amostragem de água de superfície .....	30
5.1.1.3 Amostragem de sedimento de corrente .....	31
5.1.2 <b>Preparação de amostras</b> .....	31
5.1.2.1 Água de abastecimento público e de superfície .....	31
5.1.2.2 Sedimento de corrente .....	31
5.1.3 <b>Análises</b> .....	31
5.2 ASPECTOS BIOMÉDICOS .....	33
5.2.1 <b>Indicadores de saúde</b> .....	33
5.2.2 <b>Indicadores geográficos</b> .....	34
5.2.3 <b>Conceitos de risco toxicológico</b> .....	35
5.3 MÉTODO DE INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS (GEOQUÍMICA E SAÚDE) .....	36
5.3.1 <b>Tratamento estatístico</b> .....	38
5.3.2 <b>Mapas de isotores</b> .....	38
5.3.3 <b>Geologia Médica</b> .....	40
<b>6. RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	46

6.1 GEOQUÍMICA .....	46
6.1.1 <b>Geoquímica das águas de abastecimento</b> .....	46
6.1.1.1 Parâmetros estatísticos .....	47
6.1.1.2 Indicadores físico-químicos .....	48
6.1.1.c Elementos analisados – Cátions .....	48
6.1.1.d Elementos analisados – Ânions .....	53
6.1.2 <b>Geoquímica das águas de superfície</b> .....	54
6.1.2.1 Parâmetros estatísticos .....	54
6.1.2.2 Indicadores físico-químicos .....	56
6.1.2.3 Elementos analisados – Cátions .....	56
6.1.2.4 Elementos analisados – Ânions .....	61
6.1.3 <b>Geoquímica dos sedimentos de corrente</b> .....	62
6.1.3.1 Parâmetros estatísticos .....	62
6.1.3.2 Elementos analisados .....	63
6.2 ASPECTOS BIOMÉDICOS E DE SAÚDE PÚBLICA .....	78
<b>7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	81
7.1 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO .....	81
7.2 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE .....	84
7.3 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE SEDIMENTO DE CORRENTE .....	86
7.4 INTER-RELAÇÃO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE E SEDIMENTO DE CORRENTE PARA UM MESMO ELEMENTO .....	89
7.5 ÁREAS COM TEORES ACIMA DOS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA LEGISLAÇÃO .....	95
7.6 TEOR DE EXPOSIÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS ANÔMALOS .....	102
7.7 ORIENTAÇÃO GEOQUÍMICA PARA GESTÃO TERRITORIAL E DE SAÚDE PÚBLICA .....	103
<b>8. CONCLUSÕES</b> .....	105
<b>9. REFERÊNCIAS</b> .....	111

## LISTA DE TABELAS

### TABELAS

Tabela 1: Resumo das principais recomendações para a preparação de uma base de dados geoquímicos globais .....	21
Tabela 2: Efeitos potenciais sobre a saúde humana de produtos químicos existentes no meio ambiente e elementos associados .....	22
Tabela 3: Relações entre presença/ausência de elementos no ambiente e doenças .....	24
Tabela 4: Análises em amostras de sedimentos de corrente .....	32
Tabela 5: Análises em amostras de água – Cátions .....	33
Tabela 6: Análises em amostras de água – Ânions .....	33
Tabela 7: Parâmetros estatísticos das águas de sistema de abastecimento público .....	47
Tabela 8: Parâmetros estatísticos das águas de superfície .....	55
Tabela 9: Parâmetros estatísticos das amostras de sedimentos de corrente .....	63
Tabela 10: Caracterização dos municípios do nordeste do Pará com presença nociva de elementos químicos em sua rede de abastecimento público .....	79
Tabela 11: Caracterização dos municípios do nordeste do Pará com população, percentual de domicílios abastecidos pela rede de água, pH, profundidade do poço ou sistema de poços amostrados, ano da perfuração, vazão atual, executor, responsável atual pelo abastecimento e número de poços reunidos no sistema amostrado .....	80
Tabela 12: Estimativa preliminar da quantidade e do tempo de exposição da população aos elementos nocivos disponíveis em água do sistema de abastecimento público .....	81
Tabela 13: Comparação de resultados de sedimento de corrente e água de superfície para um mesmo ponto .....	89
Tabela 14: Priorização da execução de trabalhos de detalhe em função do nível de exposição da população .....	102
Tabela 15: Microbacias com anomalias geogênicas e antrópicas a serem detalhadas ..	103

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de localização .....	17
Figura 2: Níveis de Pb em Lavrio, Grécia .....	18
Figura 3: Rotas de Exposição ao Pb .....	20
Figura 4: Contaminação de Pb em New Orleans .....	20
Figura 5: Áreas de baixo selênio na China e doenças correlatas .....	23
Figura 6: Mapa Geológico Integrado .....	28
Figura 7: Elementos analisados por tipo de material amostrado .....	32
Figura 8: Mapa de localização dos pontos de drenagem amostrados .....	37
Figura 9: Mapa Geoquímico de Distribuição do Alumínio .....	91
Figura 10: Mapa Geoquímico de Distribuição do Ferro .....	92
Figura 11: Mapa Geoquímico de Distribuição do Chumbo .....	93
Figura 12: Mapa Geoquímico de Distribuição do Zinco .....	94
Figura 13: Mapa Geoquímico de Interpretação do Alumínio .....	97
Figura 14: Mapa Geoquímico de Interpretação do Chumbo .....	98
Figura 15: Mapa Geoquímico de Interpretação do Cobre .....	99
Figura 16: Mapa Geoquímico de Interpretação do Ferro .....	100
Figura 17: Mapa Geoquímico de Interpretação do Boro .....	101
Figura 18: Mapa das principais áreas de risco detectadas .....	104

**VOLUME II**  
**MAPAS E ANEXOS**

<b>ANEXO A: MAPAS GEOQUÍMICOS</b>	01
<b>ÁGUA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO</b> .....	01
<b>Indicadores Físico-químicos</b> .....	01
Mapa 1: Mapa do pH .....	02
<b>Cátions</b> .....	03
Mapa 2: Mapa Geoquímico do Alumínio – Al .....	04
Mapa 3: Mapa Geoquímico do Bário – Ba .....	05
Mapa 4: Mapa Geoquímico do Boro – B .....	06
Mapa 5: Mapa Geoquímico do Cádmio – Cd .....	07
Mapa 6: Mapa Geoquímico do Cálcio – Ca .....	08
Mapa 7: Mapa Geoquímico do Chumbo – Pb .....	09
Mapa 8: Mapa Geoquímico do Cobalto – Co .....	10
Mapa 9: Mapa Geoquímico do Cobre – Cu .....	11
Mapa 10: Mapa Geoquímico do Cromo – Cr .....	12
Mapa 11: Mapa Geoquímico do Estrôncio – Sr .....	13
Mapa 12: Mapa Geoquímico do Ferro – Fe .....	14
Mapa 13: Mapa Geoquímico do Lítio – Li .....	15
Mapa 14: Mapa Geoquímico do Magnésio – Mg .....	16
Mapa 15: Mapa Geoquímico do Manganês – Mn .....	17
Mapa 16: Mapa Geoquímico do Níquel – Ni .....	18
Mapa 17: Mapa Geoquímico do Potássio – K .....	19
Mapa 18: Mapa Geoquímico do Sódio – Na .....	20
Mapa 19: Mapa Geoquímico do Titânio – Ti .....	21
Mapa 20: Mapa Geoquímico do Zinco – Zn .....	22
<b>Ânions</b> .....	23
Mapa 21: Mapa Geoquímico do Brometo – Br .....	24
Mapa 22: Mapa Geoquímico do Cloreto – Cl .....	25
Mapa 23: Mapa Geoquímico do Flúor – F .....	26

Mapa 24: Mapa Geoquímico do Fosfato – PO <sub>4</sub> .....	27
Mapa 25: Mapa Geoquímico do Sulfato – SO <sub>4</sub> .....	28
<b>ÁGUAS DE SUPERFÍCIE</b> .....	29
<b>Indicadores Físico-químicos</b> .....	29
Mapa 26: Mapa da Condutividade .....	30
Mapa 27: Mapa do Oxigênio Dissolvido .....	31
Mapa 28: Mapa do pH .....	32
<b>Cátions</b> .....	33
Mapa 29: Mapa Geoquímico do Alumínio .....	34
Mapa 30: Mapa Geoquímico do Boro .....	35
Mapa 31: Mapa Geoquímico do Bário .....	36
Mapa 32: Mapa Geoquímico do Cálcio .....	37
Mapa 33: Mapa Geoquímico do Cádmio .....	38
Mapa 34: Mapa Geoquímico do Cobalto .....	39
Mapa 35: Mapa Geoquímico do Cromo .....	40
Mapa 36: Mapa Geoquímico do Cobre .....	41
Mapa 37: Mapa Geoquímico do Ferro .....	42
Mapa 38: Mapa Geoquímico do Potássio .....	43
Mapa 39: Mapa Geoquímico do Magnésio .....	44
Mapa 40: Mapa Geoquímico do Manganês .....	45
Mapa 41: Mapa Geoquímico do Sódio .....	46
Mapa 42: Mapa Geoquímico do Chumbo .....	47
Mapa 43: Mapa Geoquímico do Estrôncio .....	48
Mapa 44: Mapa Geoquímico do Zinco .....	49
<b>Ânions</b> .....	50
Mapa 45: Mapa Geoquímico do Brometo .....	51
Mapa 46: Mapa Geoquímico do Cloreto .....	52
Mapa 47: Mapa Geoquímico do Flúor .....	53
Mapa 48: Mapa Geoquímico do Sulfato .....	54

<b>SEDIMENTOS DE CORRENTE</b> .....	55
Mapa 49: Mapa Geoquímico da Ag – Prata .....	56
Mapa 50: Mapa Geoquímico do Al – Alumínio .....	57
Mapa 51: Mapa Geoquímico do As – Arsênio .....	58
Mapa 52: Mapa Geoquímico do Au – Ouro .....	59
Mapa 53: Mapa Geoquímico do B – Boro .....	60
Mapa 54: Mapa Geoquímico do Ba – Bário .....	61
Mapa 55: Mapa Geoquímico do Be – Berílio .....	62
Mapa 56: Mapa Geoquímico do Bi – Bismuto .....	63
Mapa 57: Mapa Geoquímico do Ca – Cálcio .....	64
Mapa 58: Mapa Geoquímico do Cd – Cádmio .....	65
Mapa 59: Mapa Geoquímico do Ce – Cério .....	66
Mapa 60: Mapa Geoquímico do Co – Cobalto .....	67
Mapa 61: Mapa Geoquímico do Cr – Cromo .....	68
Mapa 62: Mapa Geoquímico do Cs – Césio .....	69
Mapa 63: Mapa Geoquímico do Cu – Cobre .....	70
Mapa 64: Mapa Geoquímico do Fe – Ferro .....	71
Mapa 65: Mapa Geoquímico do Ga – Gálio .....	72
Mapa 66: Mapa Geoquímico do Hf – Háfnio .....	73
Mapa 67: Mapa Geoquímico do Hg – Mercúrio .....	74
Mapa 68: Mapa Geoquímico do In – Índio .....	75
Mapa 69: Mapa Geoquímico do K – Potássio .....	76
Mapa 70: Mapa Geoquímico do La – Lantânio .....	77
Mapa 71: Mapa Geoquímico do Li – Lítio .....	78
Mapa 72: Mapa Geoquímico do Mg – Magnésio .....	79
Mapa 73: Mapa Geoquímico do Mn – Manganês .....	80
Mapa 74: Mapa Geoquímico do Mo – Molibdênio .....	81
Mapa 75: Mapa Geoquímico do Na – Sódio .....	82
Mapa 76: Mapa Geoquímico do Nb – Nióbio .....	83

Mapa 77: Mapa Geoquímico do Ni – Níquel .....	84
Mapa 78: Mapa Geoquímico do P – Fósforo .....	85
Mapa 79: Mapa Geoquímico do Pb – Chumbo .....	86
Mapa 80: Mapa Geoquímico do Rb – Rubídio .....	87
Mapa 81: Mapa Geoquímico do S – Enxofre .....	88
Mapa 82: Mapa Geoquímico do Sb – Antimônio .....	89
Mapa 83: Mapa Geoquímico do Sc – Escândio .....	90
Mapa 84: Mapa Geoquímico do Se – Selênio .....	91
Mapa 85: Mapa Geoquímico do Sn – Estanho .....	92
Mapa 86: Mapa Geoquímico do Sr – Estrôncio .....	93
Mapa 87: Mapa Geoquímico do Th – Tório .....	94
Mapa 88: Mapa Geoquímico do Ti – Titânio .....	95
Mapa 89: Mapa Geoquímico do U – Urânio .....	96
Mapa 90: Mapa Geoquímico do V – Vanádio .....	97
Mapa 91: Mapa Geoquímico do Y – Ítrio .....	98
Mapa 92: Mapa Geoquímico do Zn – Zinco .....	99
Mapa 93: Mapa Geoquímico do Zr – Zircônio .....	100
<b>Anexo B:</b> Água de Abastecimento – Localização e Caracterização dos Poços .....	101
<b>Anexo C:</b> Água de Superfície – Localização e Parâmetros Físico-químicos .....	102
<b>Anexo D:</b> Sedimento de Corrente – Localização e Características Físicas.....	103
<b>Anexo E:</b> Água de Abastecimento – Resultados Analíticos .....	105
<b>Anexo F:</b> Água de Superfície – Resultados Analíticos .....	108
<b>Anexo G:</b> Sedimento de Corrente – Resultados Analíticos .....	112
<b>Anexo H:</b> Água de Superfície – Parâmetros Estatísticos .....	118
<b>Anexo I:</b> Sedimento de Corrente – Parâmetros Estatísticos .....	121
<b>Anexo J:</b> Tabela DATASUS – Morbidade Hospitalar por Local de Residência .....	124

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da relação entre as ocorrências de elementos e compostos químicos na natureza e o desenvolvimento de formas de doença e problemas de saúde nos seres vivos e no meio ambiente é antigo. Existem vários relatos de casos, estudados principalmente no âmbito das doenças ocupacionais e contaminações devidas à poluição ambiental ou ao uso de produtos manufaturados que remontam ao antigo Egito e ao Império Romano. A utilização de utensílios feitos de Chumbo pode ter envenenado grande parte da população romana antiga. O Chumbo, aliás, é atualmente um grande problema ambiental por sua ampla utilização na metalurgia, na gasolina e como pigmento de tintas até o início do século XX, existindo até hoje vários locais, principalmente nos grandes centros urbanos, muito contaminados.

Quando o fator antrópico é preponderante com relação à distribuição dos elementos nos solos e nas águas, a relação entre compostos venenosos e suas respectivas conseqüências na saúde ou no ambiente é mais facilmente vislumbrada por profissionais das áreas médicas e das disciplinas ligadas ao monitoramento da poluição do meio ambiente. No entanto, quando a contaminação é devida a fatores naturais, as relações são menos visíveis porque, além de ocorrer ao longo de vários anos, pode apresentar teores extremamente baixos que, à primeira vista, não são considerados perigosos ou “venenosos”. Neste caso, o papel do geocientista e da geoquímica é de fundamental importância.

Uma das principais diferenças entre as contaminações de origem antrópica e natural é que as primeiras, com algumas exceções, costumam ser localizadas – sabe-se onde está a fonte – sendo necessário apenas a determinação dos graus e dimensões da contaminação. Já as de origem natural, quando descobertas, podem alcançar dimensões catastróficas e atingir milhões de pessoas. Fatores antrópicos e naturais podem ocorrer ao mesmo tempo originando um padrão de distribuição dos elementos extremamente complexo porque o fator antrópico já ocorreu há tanto tempo, que passou a fazer parte dos processos naturais intempéricos e de formação dos solos.

Apesar da diferença etimológica, as fontes de contaminação de origem natural e antrópica serão denominadas neste trabalho de geogênicas e antropogênicas, respectivamente, significando feição ou anomalia produzida ou gerada por fatores geológicos ou pela atividade humana.

A grande maioria dos casos de contaminações ambientais que causam doenças, estudados até o momento, segue a seguinte ordem:

- 1) ocorrência de casos de doença ligada à intoxicação por elementos ou compostos químicos, podendo ser:
  - a) um grande número de casos;
  - b) uma variação rara de doença conhecida;
  - c) ou algum tipo de doença desconhecida.
- 2) as investigações médicas não chegam a uma conclusão sobre a origem da doença, pois não são encontradas causas biológicas claras e inequívocas.
- 3) são efetuadas investigações ambientais do meio físico, entre elas a amostragem geoquímica de rejeitos, solos, águas de superfície ou águas de subsolo, que acabam por mostrar algum tipo de correlação.
- 4) medidas de controle, preventivas ou corretivas são adotadas.

Obter correlações exatas entre a presença de determinado elemento químico em um determinado teor no ambiente e a ocorrência de determinado tipo de doença não é uma tarefa fácil. Existe a necessidade de trabalho inter e multidisciplinar envolvendo diversos setores das Ciências Biomédicas (medicina, biologia, farmacologia, toxicologia e epidemiologia), Sociais (sociologia e psicologia), Tecnológicas (química, engenharias sanitária, química e ambiental) e das Geociências (geologia, hidrogeologia, geografia e agronomia), cada qual com suas respectivas qualidades e deficiências. Por exemplo, os setores das geociências não estão acostumados a lidar com fatores éticos relacionados à pacientes nem com noções de “dose” que se confunde com o que chamamos de teor. Já os setores biomédicos, exceto a epidemiologia na busca e controle de epidemias, não costumam prestar atenção à espacialização dos fatos coletados nos questionários de exames ou pesquisas. Além disso, cada setor utiliza um tipo de unidade diferente, fazendo com que seja difícil efetuar comparações.

As técnicas de prospecção geoquímica, desenvolvidas desde há muito tempo visando a descoberta de jazidas podem e devem ser modificadas e aplicadas para tentar reverter a ordem acima. Seria muito mais interessante poder indicar áreas nocivas à saúde antes que elas sejam ocupadas, desenvolvidas e, principalmente, antes que pessoas adoçam. Pois o reconhecimento dos padrões de distribuição dos elementos ou compostos químicos que podem ser nocivos à saúde humana ou ambiental no meio físico (solos, águas superficiais e subterrâneas), independe da ocorrência prévia de doenças ou de atividades poluidoras (VIGLIO; ANGÉLICA, 2007).

## 2 OBJETIVOS

Visa o presente trabalho demonstrar que a execução de levantamentos geoquímicos ambientais, de caráter regional e multielementar, ao delinear os padrões de distribuição dos elementos químicos presentes na natureza, podem prever, antecipar ou simplesmente explicar problemas de saúde humana devido a fatores naturais, tornando-se ferramenta de grande utilidade para a implementação de políticas públicas preventivas na área da Saúde e Gestão Territorial. Os dados que serviram de base para a presente dissertação foram obtidos através do Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica - PGAGEM da CPRM, do Sistema de Informações de Saúde – DATASUS, do Ministério da Saúde e da Secretaria Estadual de Saúde do Estado do Pará – SESPA, no âmbito da porção continental da Folha Belém, SA.22-X-D em escala de 1:250.000. (Fig 1)

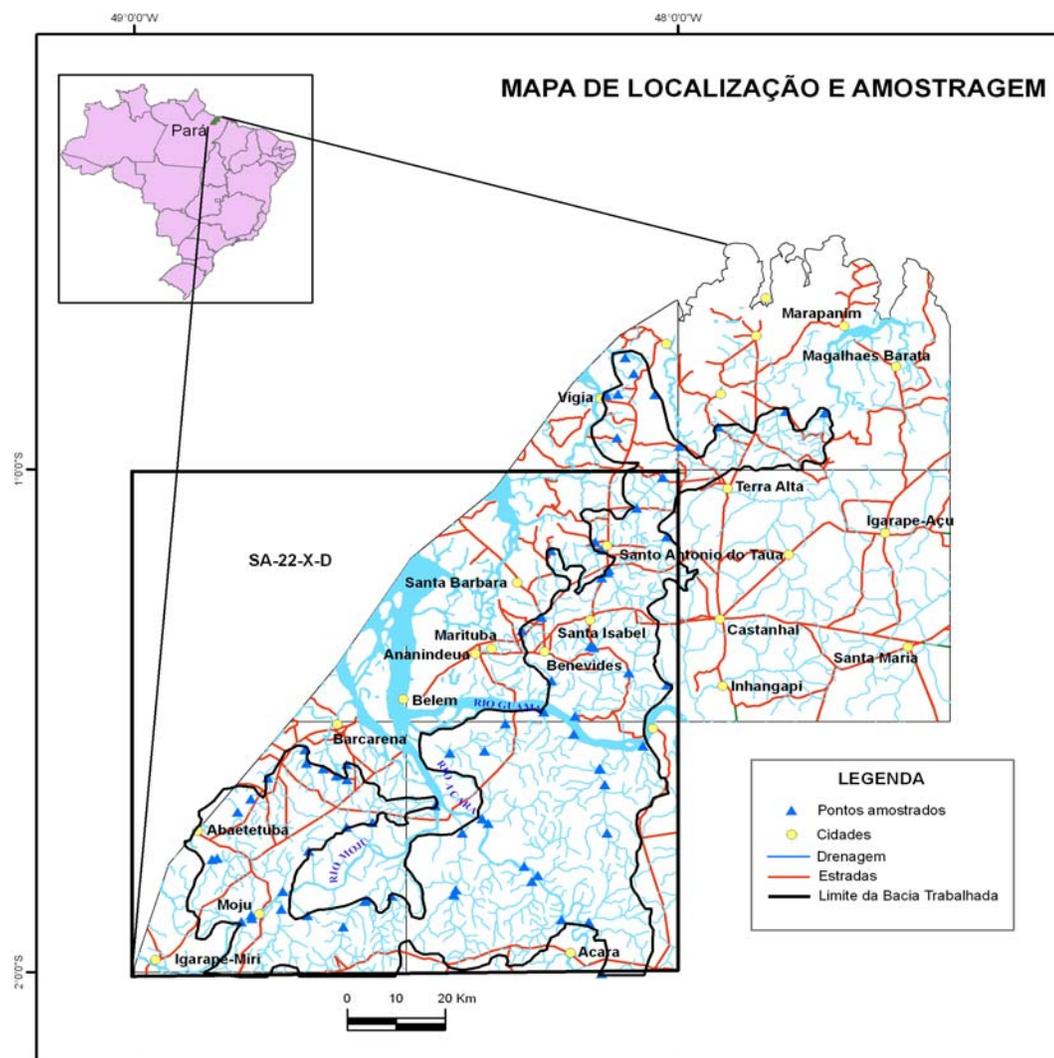
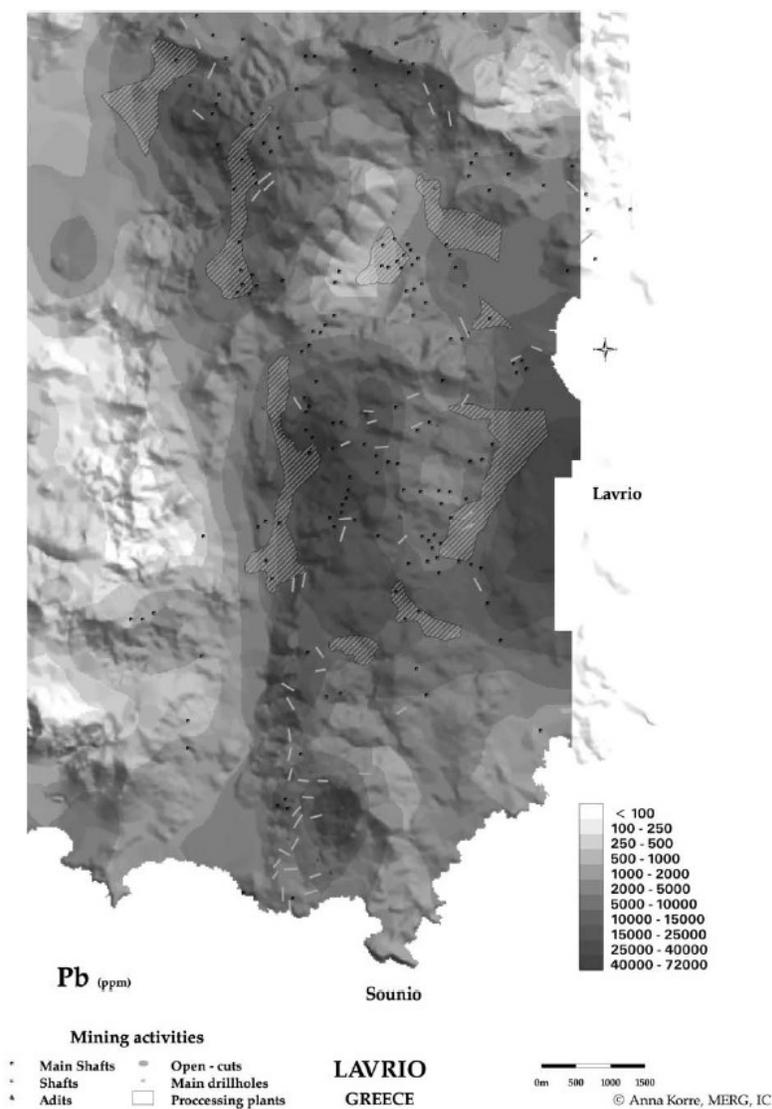


Figura 1: Mapa de localização

### 3 HISTÓRICO

Uma das situações mais antigas que se pode citar é o caso de intoxicação do meio ambiente e de trabalhadores das minas de Phaino, Jordânia, principal fornecedora de metais para o Império Romano e o Egito, onde “as atividades de mineração e fundição iniciaram-se por volta de 7.000 anos atrás e cessaram efetivamente há 1500 anos atrás” (GRATTAN et al., 2003). Estes trabalhadores tiveram seus esqueletos analisados, sendo encontradas concentrações excessivas de Cu e Pb. Este é um caso com características geogênicas, no caso as anomalias naturais de Pb e Cu, que foram ampliadas por fatores antropogênicos oriundos da lavra destes bens minerais.



Às vezes, como no caso de Phaino citado anteriormente e de Lavrio, outra antiga área de mineração de Chumbo na Grécia, o fator antrópico se deu há tanto tempo que passou a fazer parte dos processos naturais intempéricos e de formação dos solos, sendo necessária a utilização de técnicas de prospecção para a identificação das zonas de maior concentração, devido a nova distribuição dos elementos (Fig. 2).

Figura 2 – Níveis de Pb em Lavrio, Grécia.

Fonte: (KORRE et al., 2003)

Fatores geogênicos desvinculados de áreas de mineração podem ser vistos na Turquia, onde: “uma das mais bem descritas ocorrências de doenças devidas a minerais fibrosos está na Turquia, onde a caiação de paredes de casas com tremolita foi comum em muitas cidades” e “Adicionalmente, a exposição à zeolita fibrosa chamada erionita também tem sido registrada. Este mineral foi formado durante atividade vulcânica e ocorre localmente em camadas horizontais próximas a Karain, a mais conhecida cidade exposta. A erionita pode ser encontrada nas estradas, campos e pedras de construções. Além das alterações pleurais, estas cidades também têm uma incidência extremamente elevada de mesotelioma maligno. De fato, esta terrível doença é a principal causa de morte daquela região (BARIS<sup>1</sup>, 1981 apud GUNNAR HILLERDAL, 2003)”.

Pelo seu amplo uso na sociedade moderna, o Chumbo, é atualmente um grande problema ambiental. Durante muito tempo o Chumbo foi usado como anti-detonante da gasolina e como pigmento de tintas, causando uma concentração anômala na maioria das grandes cidades, como em parte da região metropolitana de New Orleans (MIELKE, 2003). Neste trabalho, Mielke demonstra a existência de uma correlação direta entre a concentração de Chumbo no solo dos jardins das escolas primárias e o desempenho escolar dos alunos. Nas áreas de maior concentração, o desempenho escolar é menor, independentemente da classe social do aluno ou do bairro onde se localiza a escola ser mais rico ou pobre.

---

<sup>1</sup>BARIS, YI et al. Malignant mesothelioma and radiological chest abnormalities in two villages in central Turkey. An epidemiological and environmental investigation. Lancet I, p.984-987. 1981.

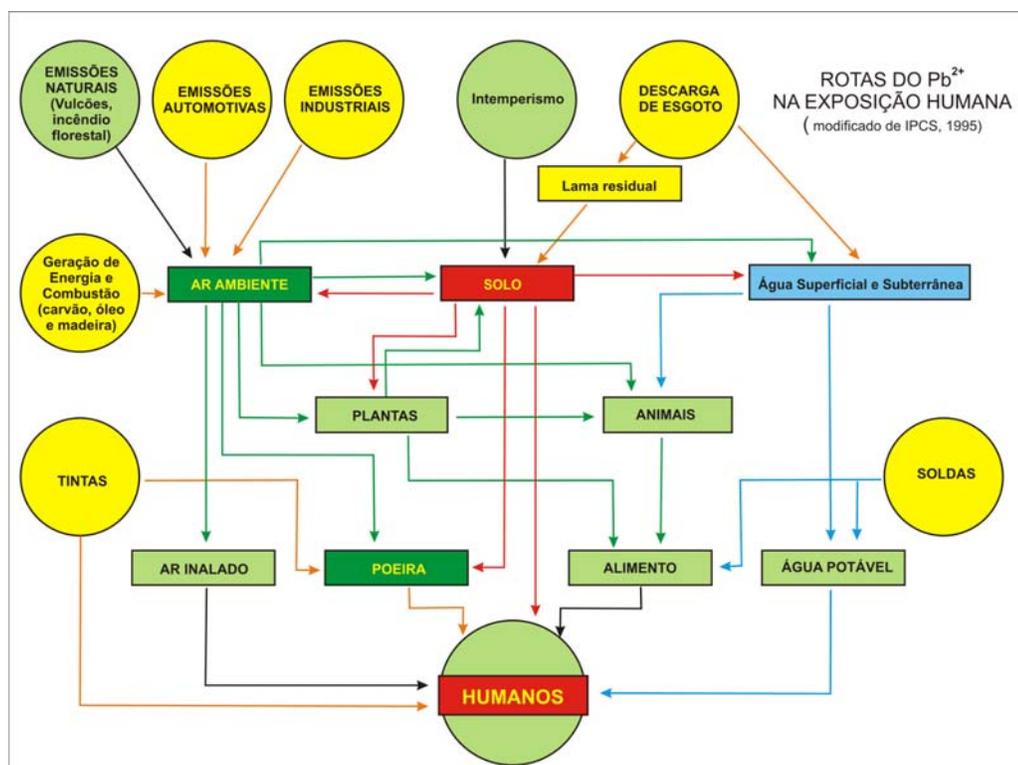


Figura 3: Rotas de exposição ao Pb  
Fonte: Modificado de Cunha (2003)

#### New Orleans Soil Pb Map (2001)

H. W. Mielke, C. R. Gonzales, E. Powell,  
Xavier University of Louisiana, ATSDR/EHTRP, 1998 - 2002

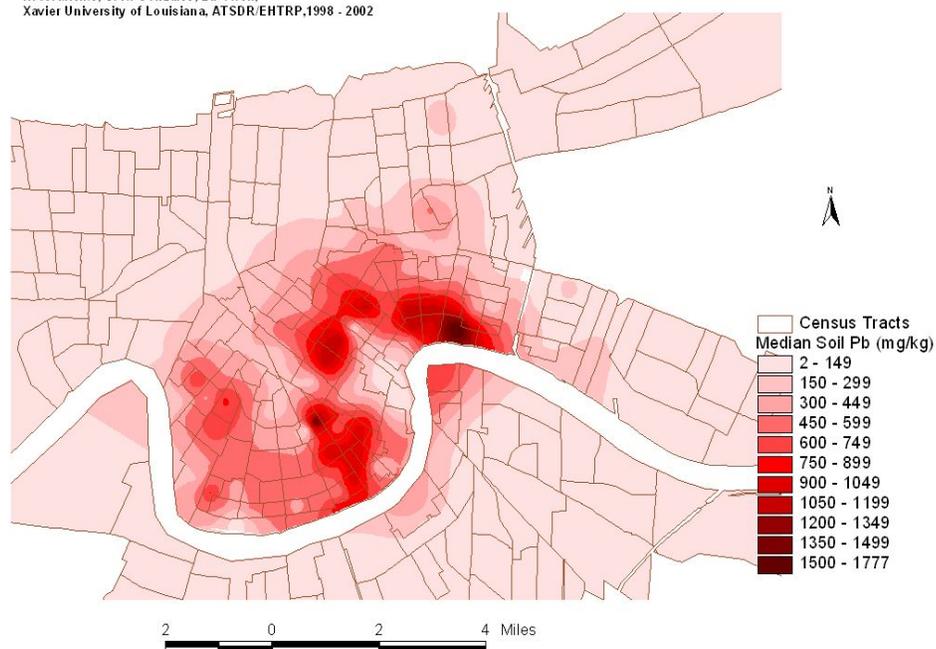


Figura 4: Contaminação de Pb em New Orleans  
Fonte: (MIELKE, 2003)

Como exemplo brasileiro, a lavra de minério de Chumbo no município baiano de Boquira, associada ao seu beneficiamento efetuado no município de Santo Amaro da Purificação, causou extensa contaminação ambiental pela disposição das barragens de rejeito da lavra, de restos da escória do beneficiamento e pela utilização destes resíduos como aterro, causando intoxicação de Pb, Cd, Zn e Cu, principalmente em crianças (ANJOS; SÁNCHEZ, 2003).

Como se pode ver, são inúmeras as situações em que concentrações anômalas e nocivas à saúde ocorrem no meio físico, seja por causas geogênicas, antropogênicas ou a junção de ambas, com diversos elementos e em diferentes locais do planeta. A utilização de técnicas de prospecção geoquímica, já desenvolvidas visando à descoberta de jazidas, pode ser aplicada com fins relacionados à saúde pública e gestão territorial para a delimitação destes focos.

Os serviços geológicos de vários países, com apoio de organizações como o IUGS e a UNESCO (PLANT et al., 2003) vêm atuando nesta área e definindo as bases do Programa de Geoquímica Global, com a feitura de mapas com o conteúdo total atual de metais e outros elementos no ambiente, a partir de análises padrão de água de subsolo e sedimentos de corrente.

Tabela 1: Resumo das principais recomendações para a preparação de uma base de dados geoquímicos globais

---

***RECOMENDAÇÕES PARA A PREPARAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS  
GEOQUÍMICOS GLOBAIS***

---

1. Amostras representativas e normalmente disponíveis, coletadas de maneira padronizada.
  2. Continuidade de dados cruzando diferentes tipos de terreno.
  3. Quantidades adequadas de cada amostra designada para futuras referências e necessidades de pesquisas.
  4. Dados analíticos para todos os elementos de significado econômico ou ambiental.
  5. Limite de detecção o mais baixo possível para cada elemento.
  6. Determinação da quantidade total de cada elemento presente.
  7. Rígido controle de qualidade em todas as etapas do processo.
- 

Fonte: (DARNLEY<sup>2</sup> et al., 1995 apud PLANT et al., 2003)

---

<sup>2</sup>DARNLEY, A. G. et al. A Global Geochemical Database for Environmental and Resource Management. Recommendations for International Geochemical Mapping. Earth Science Report 19. UNESCO. 1995.

As variações das concentrações encontradas refletirão fontes diversas, como solos, rochas e efeitos da agricultura e indústria. As quantidades presentes podem ser comparadas àquelas especificadas para padrões mundiais de saúde definidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

A integração de técnicas geológicas e experiência de prospecção, especialmente na obtenção de informações básicas para áreas cobertas por denúncias e reclamações ou para áreas ainda em desenvolvimento, pode ser providencial de forma a prevenir efeitos potencialmente nocivos à saúde. Algumas correlações já conhecidas dos efeitos potenciais que têm alguns produtos químicos existentes no meio ambiente sobre a saúde humana, podem ser vistas na Tabela 2.

Tabela 2: Efeitos Potenciais sobre a saúde humana de produtos químicos existentes no meio ambiente e elementos associados

<i>Efeito na Saúde</i>	<i>Grupo Sensível</i>	<i>Exemplos de Substâncias Químicas Associadas</i>	
Câncer	Todos	Minerais asbestiformes Hidrocarbonetos Aromáticos (PAHs) Benzeno	Alguns metais Policíclicos Alguns Pesticidas Alguns solventes Toxinas naturais
Distúrbios Cardiovasculares	Idosos especialmente	Monóxido de Carbono Arsênio Chumbo	Cádmio Cobalto Cálcio / Magnésio
Distúrbios Respiratórios	Crianças Asmáticos especialmente	Partículas inaláveis Dióxido sulfúrico Dióxido de Nitrogênio	Ozônio Hidrocarbonetos Alguns solventes Terpenos
Alergias e hipersensibilidades	Todos Crianças	Partículas Ozônio	Níquel Cromo
Reprodução	Adultos em idade reprodutiva	Bifenóis policlorados (PCBs) DDT	Phthalatos Outros disruptores endócrinos
Desenvolvimento	Fetos e crianças	Chumbo Mercúrio	Outros disruptores endócrinos
Desordens do Sistema Nervoso	Fetos e crianças	PCBs Metil mercúrio Chumbo Organofosfatos	Pesticidas Alumínio Solventes orgânicos Manganês

Fonte: Traduzido e modificado de EEA<sup>3</sup> (1997 apud PLANT et al., 2003)

<sup>3</sup>European Environment Agency – EEA Chemicals in the European environment: LowDoses, High Stakes? The European Environment Agency and United Nations Environment Programme Annual Message 2 on the State of Europe's Environment UNEP/PROE/97/16. 1997.

Alguns países como a China vêm efetuando pesquisas nesta área há mais de 50 anos, tendo constatado que “A distribuição das doenças endêmicas na China tem características geográficas óbvias (doença de Kashin-Beck, doença de Keshan, bócio, fluorose e carcinoma hepático). As variáveis ambientais estudadas são: clima, geologia, relevo, solo, alimentação e água potável, sendo esta o principal fator porque, são prejudiciais à saúde humana, a deficiência ou excesso de alguns minerais ou elementos, a presença de componentes orgânicos ou de poluição.” (NIAN-FENG, 2004). Alguns exemplos de relações entre elementos e doenças obtidas na China são mostradas na Tabela 3. A Figura 5 mostra a relação das áreas com baixos teores de selênio e as doenças de Keshan e Kashin-Beck.

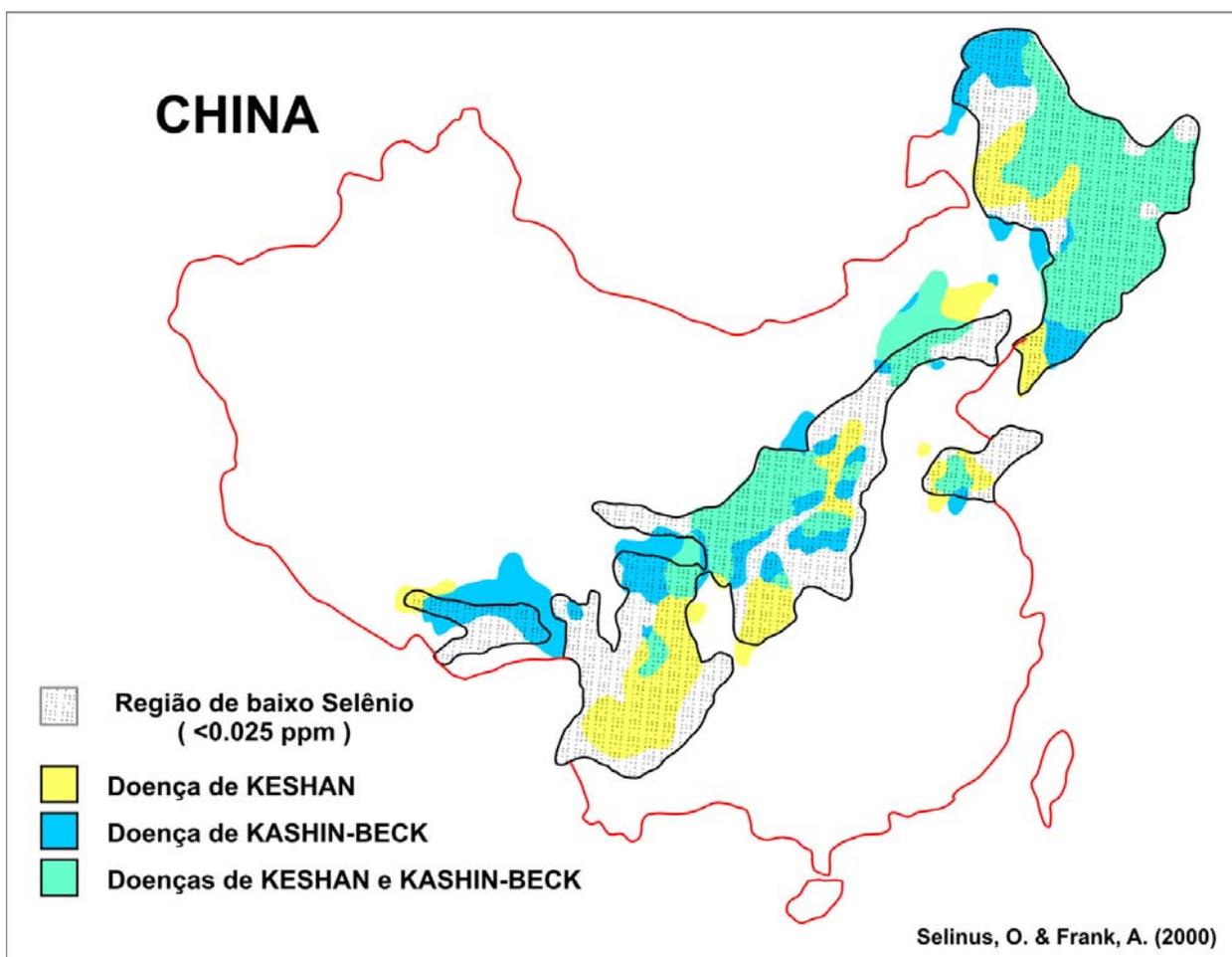


Figura 5: Áreas de baixo selênio na China e doenças correlatas  
Fonte: (SELINUS & FRANK, 2000)

Tabela 3: Relações entre presença / ausência de elementos no ambiente e doenças

<i>Presença em altos teores</i>	<i>Ausência ou Presença em Baixos teores</i>
Alto flúor: fluorose dental e esquelética	Baixo flúor: cárie dental
Alto arsênio: arsenismo e neoplasia cutânea maligna	Baixo iôdo: bócio
Alto selênio: toxicose de selênio	Baixo selênio: doenças de Kaschin-Beck e Keshan
Alto tálio: toxicose de tálio	
Alto cádmio: toxicose de cádmio	
Alto nitrito: carcinoma hepático	
Alto ácido húmico: doença de Kaschin-Beck	

O conhecimento do ciclo de cada elemento ou composto e seu comportamento biogeoquímico são necessários para o estabelecimento de sua biodisponibilidade. A simples presença de um mineral notadamente nocivo na rocha dificilmente revelará uma correlação com o problema de saúde (LIN, 2004). É preciso que o intemperismo libere o elemento da estrutura mineral que o acolhe, de forma que ele passe a fazer parte dos processos de formação de solo e da água subterrânea, chegando enfim à cadeia alimentar ou pela absorção vegetal, animal ou pela ingestão direta da água.

A disciplina Geologia Médica, surgindo como um ramo da Medicina ambiental e da Geologia tenta unir estes esforços. Selinus e Frank (2000) definem Geologia Médica como “*a disciplina que estuda a influência de fatores geológicos ambientais sobre a saúde humana e dos animais.*”

Já foram realizados no Brasil alguns *workshops* sobre este novo ramo de ciência que se inicia em todo o mundo. Pesquisadores de várias instituições, principalmente da CPRM e da UNICAMP criaram, em 2002, o PGAGEM (Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica) com atuação multi-institucional, interdisciplinar e com resultados multiusos. De seus principais objetivos ressalta-se a execução de projetos de levantamento de geoquímica ambiental, em parceria com as demais instituições que constituem o PGAGEM com a finalidade de fornecer subsídios à saúde pública em todo território brasileiro, através da amostragem de água, solo e sedimentos de fundo de rios e lagos, analisados para identificação de elementos e compostos essenciais e/ou prejudiciais à ingestão humana e/ou animal, quais sejam:

- SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Nb, Rb, Sr, Y e Zr, Au, Ag, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Li, Mo, Ni, Sc, Sr, Zn, Zr, Y, Co, Pb, Sb, V, Bi, Sn, W, La, Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P e Ti.

Caso estes elementos e compostos sejam detectados em quantidades nocivas em qualquer meio amostral, seus efeitos na população local serão avaliados por intermédio de diagnóstico clínico e de análises de laboratório (sangue, urina e cabelo).

Este programa está em andamento desde 2003, sendo iniciado pela região nordeste do estado do Pará e seus dados analíticos foram utilizados para a execução dos mapas e interpretação geoquímica nos moldes do proposto para o Programa Geoquímica Global (Tabela 1).

Para definir quais seriam essas quantidades nocivas, a partir da década de 80, diversos organismos elaboraram tabelas que exibem os teores máximos aceitáveis para diversos elementos existentes em diversos meios, como solo, água de superfície, água de subsolo, água de abastecimento etc. As principais fontes de consulta são as regulamentações da Agência Ambiental Americana (EPA) e da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Aqui no Brasil, as regulamentações mais recentes são: a Portaria n° 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde e a Resolução Conama n° 357, de 17 de março de 2005, que substituiu a Resolução Conama 20 que vinha sendo utilizada até então. Os valores máximos permitidos para cada elemento deverão ser necessariamente incluídos nas análises estatísticas com os teores totais obtidos nas amostragens. Estes valores máximos permitidos, na maioria dos casos, são os mesmos em ambas as regulamentações. Às vezes, existem apenas em uma, não sendo mencionados na outra. Quando o elemento não possui valor regulamentado, foi usado o aconselhado pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Está disponibilizado na Internet o sistema informatizado DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde, do Ministério da Saúde, um banco de dados com informações detalhadas sobre procedimentos efetuados no sistema SUS, como cirurgias, atendimentos, índices de morbidade, tipos de enfermidade (CID 10), dias de internação etc. Todos estes dados podem ser combinados para geração de tabelas com um programa denominado TabWin e diversas interpretações podem então ser efetuadas, por município, por estado, por região, por local de atendimento e, o mais importante, por local de residência do paciente – apenas o município. Para o estado do Pará, existem informações disponíveis a partir de 1998.

#### 4 GEOLOGIA DA ÁREA

A porção continental da Folha Belém – SA.22-X-D possui um conhecimento geológico bastante incipiente, por se encontrar quase totalmente sobre rochas e sedimentos recentes, que suscitaram ao longo do tempo pouco interesse econômico. Conforme Macambira e Viglio (inédito) o contexto geológico da área de trabalho ainda não está perfeitamente definido.

Nos últimos anos, duas propostas foram apresentadas para a divisão da região nordeste do Pará. Os estudos de Rosseti e Góes (2004) enfatizaram o aspecto sedimentológico e apresentaram as seguintes unidades geotectônicas: Cráton São Luís, Faixa Gurupi, Alto Gurupi, Bacia de São Luís, Bacia Bragança-Vizeu, Graben Vigia-Castanhal, Plataforma do Pará e Plataforma Bragantina.

O mapeamento da CPRM / Projeto GIS do Brasil (FARACO et al., 2004), baseado em compilação, integração e reinterpretação dos dados, enfatiza a divisão tectônica, a cartografia litológica, o empilhamento estratigráfico, e a caracterização petrográfica, simplificando o contexto geológico em quatro domínios: Sedimentar, Granitóide, Cinturão Gurupi e Cráton São Luís. O Mapa Geológico do Estado do Pará (CPRM - inédito) irá apresentar a compilação mais abrangente e recente dos conhecimentos geológicos existentes na área.

O Domínio Sedimentar abrange a maior porção da região nordeste do Pará e está constituído pela Formação Guamá, de idade cambro-ordoviciano, formada por arenitos, grauvas e conglomerados; pela Formação Itapecuru (Cretáceo Superior) constituída por arenitos, siltitos e folhelhos; pelo Grupo Barreiras, de idade terciária, representado por arenitos, conglomerados, siltitos e argilitos e por Aluviões Quaternários (areias, argilas e níveis de cascalho e matéria orgânica). O Domínio Granitóide ocorre na porção central da região e está constituído por vários corpos de idade proterozóica, designados de Suíte Intrusiva Ney Peixoto (sienogranitos e monzogranitos), Suíte Intrusiva Boca Nova (nefelina sienito) e os corpos graníticos Ourém, Jonasa, Japiim e Tracuateua. O Cinturão Gurupi, de idade neoproterozóica, está constituído por gnaiesses, filitos, xistos, quartzitos, metaultramafitos e metadacitos. Também de idade paleoproterozóica, o Cráton São Luís está representado pelo Grupo Aurizona (seqüência metavulcano-sedimentar), pela Suíte Intrusiva Tromai (granitóides) e pelo Granito Areal.

O mapeamento preliminar, que foi efetuado por equipe chefiada pelo autor, durante o ano de 2006, na Folha Belém 1:100.000, quase todo ele a norte do rio Guamá, tem evidenciado que a *stone line* remanescente do processo de pediplanização que a região sofreu, capeia sempre

litologias da Formação Barreiras, representadas por arenitos ferruginosos, arenitos com estratificação cruzada, arenitos conglomeráticos, arcóseos com distribuição granulométrica irregular sugerindo processos de formação relacionados a movimentos de massa e argilitos. Em pontos localizados, os arenitos apresentam icnofósseis, caracterizando uma zona com sedimentação transicional entre os ambientes marinho e continental, podendo evidenciar linhas de paleocosta. Esta *stone line* possui posicionamento estratigráfico nítido, funcionando como um bom indicador de separação entre as rochas da Formação Barreiras e os sedimentos pós-Barreiras posicionados no topo. Os sedimentos pós-Barreiras mapeados até o momento são formados por material desestruturado, arenoso a areno-argiloso, com espessura verificada de até 10 metros, e coloração marrom amarelada pálida. Localmente a intensidade do processo de lixiviação ácida foi tão grande que propiciou a formação de extensos areais com extrema pureza em sílica e coloração branca (Arais de Santo Antônio de Tauá). Na direção do rio Guamá, antes do terraço paleoaluvionar argiloso, ocorrem outros areais (Areal do Senna), também submetidos a processos de lixiviação ácida não tão intensos, sobre arenitos da Formação Barreiras, caracterizados por coloração acinzentada e presença de níveis conglomeráticos e linhas de seixos exclusivamente de quartzo. O mesmo processo se verifica na margem sul do rio Guamá, no areal conhecido como do Km 25 da Alça Viária.

O mapa geológico apresentado é uma compilação destas três interpretações e trabalhos em andamento efetuada pelo autor.

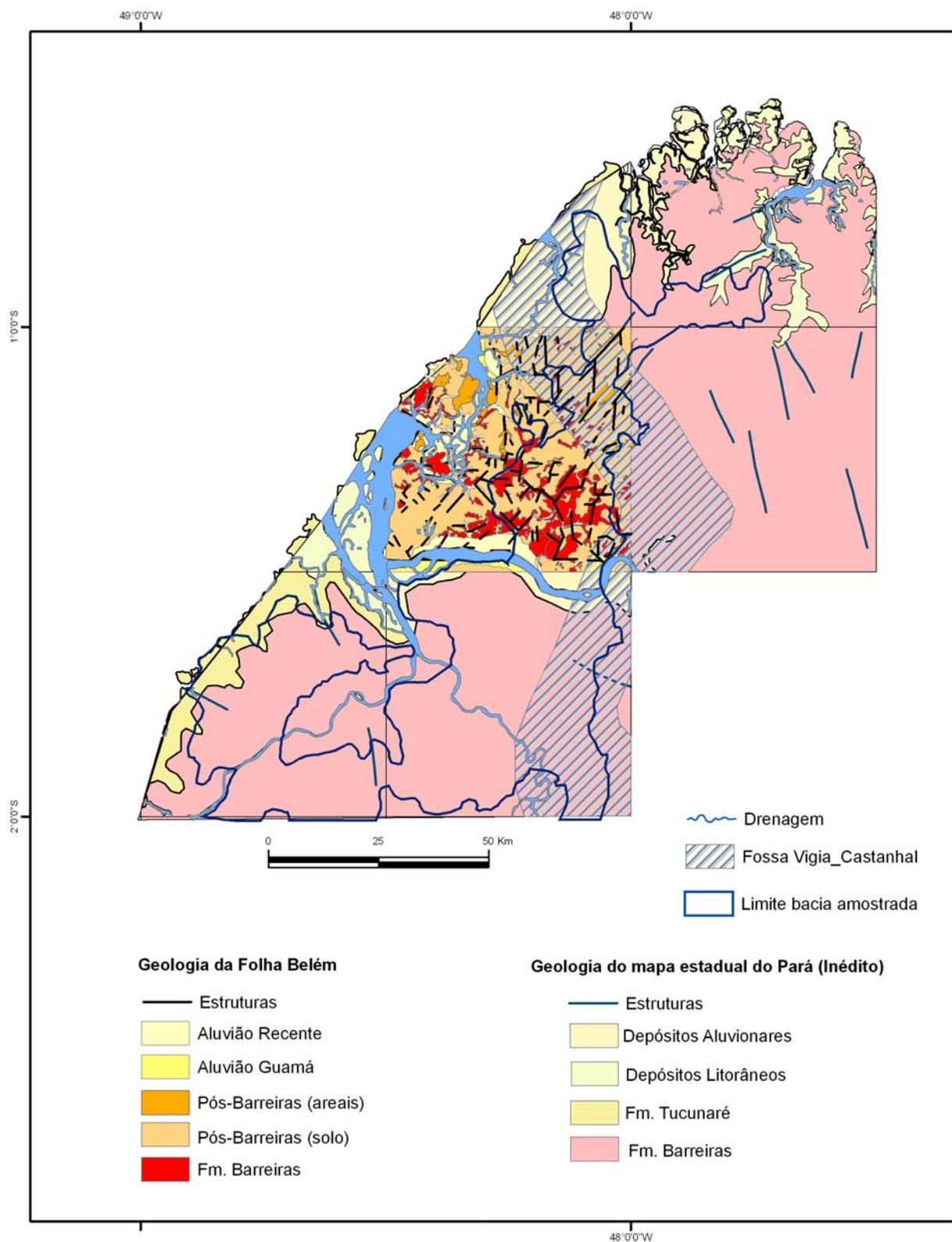


Figura 6: Mapa Geológico integrado

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de execução está dividida em três diferentes áreas, afins com os aspectos geoquímicos prospectivos, os aspectos biomédicos e a interpretação de resultados e sua correlação.

### 5.1 ASPECTOS GEOQUÍMICOS PROSPECTIVOS

A execução deste trabalho se deu de forma a aproveitar ao máximo a metodologia já definida para o PGAGEM e as etapas já planejadas e executadas pela equipe da Superintendência de Belém da CPRM (PGAGEM-Belém), da qual o autor fez parte, em seu chamado Bloco I, que abrange as regiões nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. Foram amostrados os sistemas de abastecimento público de água das 62 sedes municipais e três amostras de solo das principais plantações por município de todo o Bloco I. As águas superficiais de drenagem e sedimentos de corrente foram amostrados no âmbito da Folha Belém SA.22-X-D em uma densidade média de uma amostra por bacia com área mínima de 100 Km<sup>2</sup>. São amostragens de baixa densidade porque cada amostra representa uma grande bacia, recobrimdo todos os municípios brasileiros e tendo como idéia inicial a caracterização da distribuição dos elementos no ambiente e a detecção de focos anômalos que deverão ser detalhados posteriormente.

A metodologia de coleta, tratamento e análise das amostras de água e de sedimento de corrente seguiu os padrões definidos para o PGAGEM e para os trabalhos usualmente executados pelo Serviço Geológico do Brasil, e são descritas a seguir.

#### 5.1.1 Trabalhos de campo

##### 5.1.1.1 Amostragem de água de abastecimento público

Em cada sede municipal, a principal fonte de abastecimento público foi amostrada em local ainda sem qualquer tipo de tratamento sanitário. A água foi coletada em recipiente de polietileno (1 litro) previamente ambientalizado, ou seja, lavado várias vezes com a água a ser amostrada, tendo seu pH medido (papel de pH), sendo então amostrada por ampola descartável

sem agulha, de utilização única (também previamente ambientalizada e descartada ao final da amostragem do ponto). Ajusta-se a unidade filtrante de polipropileno (filtro millipore 0.47 mm) à ponta da seringa e adapta-se a unidade filtrante ao tubo para centrífuga com capacidade de 50 ml, onde a água filtrada é colocada. Pinga-se 10 gotas de ácido nítrico a 10%, fecha-se o tubo que é envolvido por uma fita isolante vermelha para a análise dos cátions. Repete-se o processo sem se pingar o ácido e envolve-se o tubo em fita isolante amarela para a análise dos ânions. As amostras foram identificadas com a mesma numeração, com as letras C e A no final, relativas às análises dos cátions e ânions. Foi preenchida uma ficha com dados do local, coordenadas, profundidade de captação, responsável pela perfuração e distribuição e aspectos fisiográficos relacionados às possíveis fontes de contaminação. Os dois tubos para centrífuga, com amostras para análises de cátions e ânions, são guardados juntos sob refrigeração, à temperatura aproximada de 4° C.

#### 5.1.1.2 Amostragem de água de superfície

A amostragem da água de superfície ou de drenagem segue o mesmo padrão anterior, com algumas adaptações. A água é sempre captada na região com a maior velocidade de escoamento. Após a ambientalização do recipiente e a coleta das amostras, alguns parâmetros físico-químicos foram medidos com aparelho Multi Line PL4 (WTW), a saber: pH, condutividade, oxigênio dissolvido, salinidade e temperatura. Foram anotados ainda: a profundidade do local da amostragem, a profundidade média do perfil de drenagem, sua largura, a velocidade relativa do fluxo e a cor da água, bem como a existência de atividades agropecuárias, industriais ou domésticas nas proximidades. Nas regiões sob efeito de marés, a amostragem foi efetuada no pico da maré baixa, pretendendo-se deste modo amostrar a água doce proveniente da bacia de captação. As coordenadas locais são obtidas com GPS para posterior georeferenciamento.

A existência de acessos até o local a ser amostrado foi verificada através da interpretação de imagens de satélite CBERS-2, recentes e gratuitas, que mostram com atualidade o grau de ocupação da região, suas estradas de acesso e pontes.

Tanto o recipiente plástico de coleta da amostra bruta quanto todos os equipamentos utilizados para as medições dos parâmetros físico-químicos são lavados com água deionizada entre a amostragem de um ponto e outro.

### 5.1.1.3 Amostragem de sedimento de corrente

Foi amostrado de forma composta nas proximidades do local onde foi recolhida a água de superfície, nos barrancos laterais das curvas da drenagem onde há acúmulo de finos. Foi utilizada sempre uma mesma peneira de 20 # em aço inoxidável para retirada do material mais grosseiro, sendo feito o acondicionamento em sacos plásticos de pelo menos 1 Kg de material fino. Foram anotados os aspectos físicos da amostra (cor e distribuição granulométrica) e a profundidade média de coleta.

## 5.1.2 Preparação de amostras

### 5.1.2.1 Água de abastecimento público e água de superfície

Estas amostras já saem do campo praticamente preparadas, sendo enviadas diretamente ao LAMIN – Laboratório da CPRM no Rio de Janeiro, sempre sob refrigeração.

### 5.1.2.2 Sedimento de corrente

Estas amostras foram secas em temperatura ambiente, à sombra, desagregadas, peneiradas a 80#, quarteadas, sendo retirada uma alíquota de aproximadamente 80 g do material passante para análise. O restante do material quarteado foi arquivado.

## 5.1.3 Análises

As análises das amostras de sedimento de corrente foram feitas no Laboratório Acme em Goiânia, enquanto que as análises das amostras de águas de abastecimento e de superfície foram executadas no LAMIN – CPRM, conforme os limites de sensibilidade e métodos analíticos apresentados nas tabelas 4, 5 e 6, a seguir. A figura 7 demonstra os elementos analisados em cada tipo de material.

Tabela 4: Análises em amostras de sedimento de corrente

<i>Elementos</i>	<i>Limite de Detecção</i>	<i>Método Analítico</i>	
Al, Ca, Fe, K, Mg, S	0,01%	ICP OES	
Na, P, Ti	0,001%		
Ag, Pb, V	2 ppm		
B, Cr, Cu, Mn	1 ppm		
Ba, La, Sr	0,5 ppm		
Be, Ce, Co, Ga, Ge, Li, Ni, Rb,	0,1 ppm		
Sc, Sn, Th, U, Zn, Zr			
Bi, Cs, Hf, In, Nb, Sb, Te, Tl	0,02 ppm		
Cd, Y	0,01 ppm		
Pd	10 ppb		
Pt	2 ppb		
Re	1 ppb		
Au	0,2 ppb		
As e Se	0,2 ppm		Geração de Hidretos acoplado a ICP OES
Hg	0,001 ppm		Geração de Vapor de Mercúrio Acoplado a Espectroscopia de Absorção Atômica – CVAAS

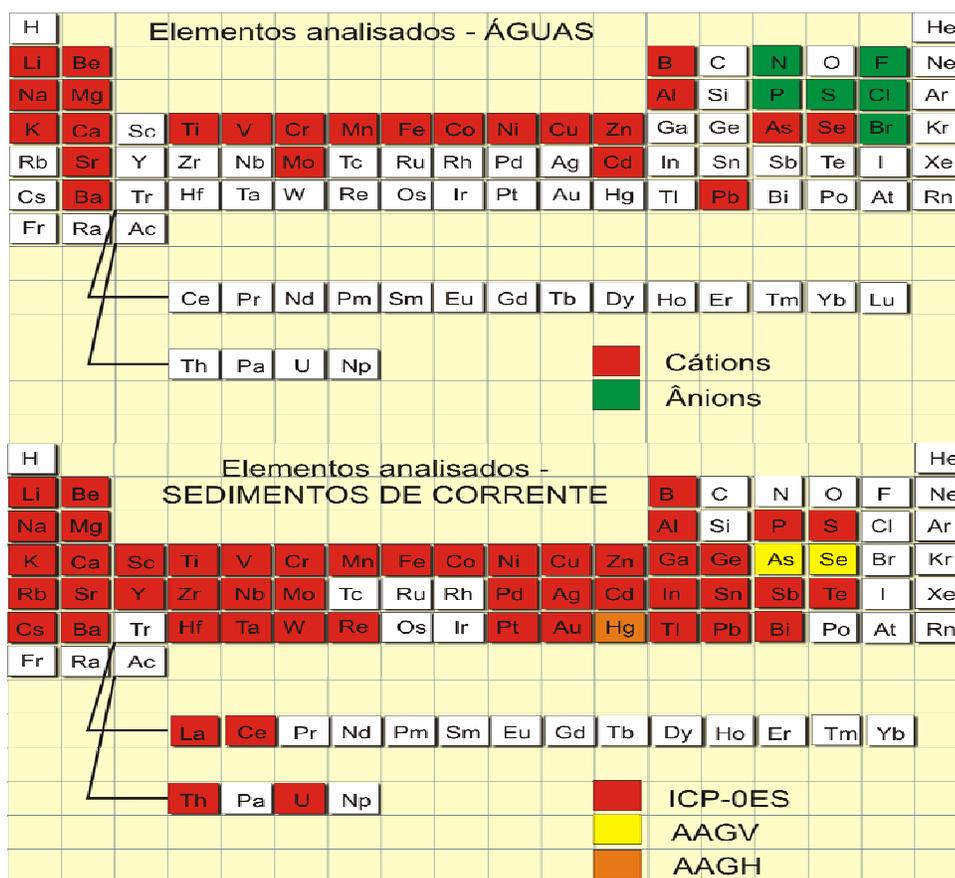


Figura 7: Elementos analisados por tipo de material amostrado  
 Fonte: Modificado de Lins (2003)

Tabela 5: Análises em amostras de água – Cátions

<i>Elementos</i>	<i>Limite de Detecção (mg/L)</i>	<i>Métodos</i>
Al, Ca, Na, K	0,1	ICP OES  Geração de Hidretos acoplado a ICP OES
Cu, Mg, Sn, Si, W	0,01	
Ba, B, Co, Fe, Ni	0,002	
Be, Cd, Li, Sr, Zn, Mn	0,001	
Mo, Pb, Sc	0,005	
Cr, V	0,02	
Ti	0,05	
As e Se	0,001	

Tabela 6: Análises em amostras de água – Ânions

<i>Compostos</i>	<i>Limite de Detecção (<math>\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</i>	<i>Método</i>
Fluoreto	3,5	Cromatografia
Cloreto	2,9	
Nitrito	6,5	
Brometo	7,8	
Nitrato	7,8	
Fosfato	20,2	
Sulfato	8,2	

Obs.: os limites de detecção são os comumente praticados pelo LAMIN da CPRM no Rio de Janeiro

## 5.2 ASPECTOS BIOMÉDICOS

### 5.2.1 Indicadores de saúde

Os indicadores de saúde usados pelo DATASUS encontram-se caracterizados no encarte Matriz de Indicadores Básicos, parte integrante da publicação: “Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações”, publicado pela Organização Pan-Americana da Saúde – RIPSAs (2004).

Uma análise preliminar das informações disponíveis neste banco de dados mostrou que, alguns destes indicadores, poderiam estar vinculados a doenças, cuja origem pode estar fortemente ligada ao meio físico. Eles estão relacionados abaixo, separadamente pelos grupos Demográficos, de Mortalidade, de Morbidade e de Cobertura.

- Indicadores Demográficos: A8 Mortalidade Proporcional por Idade, A9 Mortalidade proporcional por idade em menores de 1 ano, A10 taxa bruta de mortalidade e A15 índice de envelhecimento.

- b) Indicadores de Mortalidade: C1 Taxa de mortalidade infantil, C2 taxa de mortalidade perinatal, C4 mortalidade proporcional por grupos de causas, C8 taxa de mortalidade por doenças do aparelho circulatório, C10 taxa de mortalidade por neoplasias malignas e C15 taxa de mortalidade por afecções originadas no período neonatal.
- c) Indicadores de Morbidade e Fatores de Risco: D5 taxa de incidência de neoplasias malignas, D11 taxa de prevalência de doenças do aparelho circulatório, D12 índice CPO-D aos 12 anos, D13 proporção de internações hospitalares (SUS) por grupos de causas e D16 proporção de nascidos vivos de baixo peso ao nascer.
- d) Indicadores de Cobertura: F3 Número de internações hospitalares (SUS) por habitante e F5 Proporção de internações hospitalares (SUS) por especialidade.

Estes indicadores estão disponíveis na Internet, mas contêm apenas informações anuais. O Anexo J apresenta uma destas listagens básicas montadas ano a ano, de 1998 a 2005, com a morbidade hospitalar por local de residência do paciente. Como são poucos casos para cada causa de morte, é necessário assumir a prevalência durante uma faixa de tempo para uma análise estatística mais apurada. Mesmo assim, tais ocorrências são relacionadas à população, às vezes com os fatores 100, 1000, 10.000 e 100.000, como, por exemplo, 15 casos por 100 mil habitantes.

### 5.2.2 Indicadores geográficos

O último censo do IBGE, bem como as projeções mais recentes de indicadores como: população total e por faixa etária, domicílios com rede d'água e saneamento também se encontram no banco de dados do DATASUS, sendo utilizados para se chegar a um total de população atingida por problemas detectados e auxiliar na definição de prioridades.

### 5.2.3 Conceitos de risco toxicológico

Na atual etapa dos trabalhos não poderão ser utilizados todos os conceitos de análise de risco sofrido pela população exposta a determinado elemento ou composto. Isto se deve aos inúmeros fatores envolvidos nesta determinação, como: a porção biodisponível do composto; as formas ou vias de contaminação; as formas e por quais materiais biológicos são absorvidos estes compostos; as taxas de absorção diferenciadas para cada material, para cada peso, massa ou idade; tornam o trabalho bastante detalhado e mais específico à área médica. Ocorrendo fatores indicativos, a seqüência natural do atual estudo é enveredar por este caminho. No entanto, a fórmula completa do cálculo da Dose Potencial (HACON et al., 2003; KORRE et al., 2002), foi parcialmente utilizada para o cálculo do que se passou a chamar de Teor de Exposição, que pode ser usado no atual trabalho. A fórmula completa é:

$$\text{Dose Potencial} = \frac{C \times Ti \times Ta \times De}{Pc} \quad (1)$$

onde:

C = teor = concentração média no meio (mg/Kg)

Ti = taxa de ingestão (mg/Kg)

Ta = Taxa de absorção (%)

De = duração da exposição

Pc = peso corpóreo

Para o cálculo completo da dose potencial, são necessárias medidas específicas de trabalhos biomédicos não disponíveis para este trabalho. Por exemplo, para o cálculo da taxa de ingestão diária (Ti) real entram fatores como a concentração do elemento no sangue, a constante de eliminação e o volume de sangue presente no corpo. Para a obtenção do peso médio corpóreo seria necessário pesar toda a população. No entanto, como temos os dados da concentração média no ambiente (C) e a duração da exposição (De), ao assumir dados teóricos sobre as taxa de absorção e de ingestão de cada elemento disponíveis na literatura, pode-se propor a Equação 2, usando apenas o produto de parte do membro superior da Equação 1.

O Teor de exposição (2) será o produto da concentração média no meio (seria o máximo teor biodisponível), pela taxa de ingestão (2 litros/dia para a água – não se considerando outras formas de absorção por contato dérmico ou inalação dos poluentes hídricos), pela duração da

exposição, aplicado à população atingida. Como os dados são interdependentes, é necessária uma interpretação conjunta do teor encontrado, aplicado à população servida durante o tempo total de exposição onde, nem sempre as regiões com maiores teores mostrarão o maior risco potencial.

Pode-se considerar que:

- a) a concentração encontrada é a máxima concentração biodisponível possível;
- b) uma ingestão diária média de 2 litros de água por dia, sugestão médica considerada ideal, talvez subestimada para a região equatorial amazônica;
- c) não se considerar outras formas de contato dérmico ou inalação dos poluentes hídricos;
- d) não assumir uma taxa de absorção.

O teor de exposição seria então dado pela fórmula abaixo, aplicável à população total atingida.

$$\text{Teor de Exposição} = C \times T_i \times D_e \quad (2)$$

onde:

C = teor = concentração média no meio (mg/Kg)

T<sub>i</sub> = taxa de ingestão (mg/Kg)

D<sub>e</sub> = duração da exposição

### 5.3 MÉTODO DE INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS (GEOQUÍMICA E SAÚDE)

Foram coletadas 61 amostras de água de abastecimento e 74 pontos de drenagem foram amostrados para sedimento de corrente e água de superfície (Figura 8). Das 61 amostras de água de abastecimento, 17 estão dentro da área de trabalho e, as interpretações efetuadas por Macambira e Viglio (2006a), foram utilizadas integralmente para a aplicação do conceito do Teor de Exposição.

Já para as amostras de água de superfície e sedimento de corrente, foi utilizado o programa Statistica para a obtenção dos parâmetros estatísticos básicos. Para o desenho das curvas de isocontorno foram utilizados os programas Surfer e ArcView, sendo este último o programa utilizado para a geração dos mapas finais, que contam com interpretações parciais e atualizações feitas a partir de imagens de satélite CBERS-2 e Landsat. Para a interpretação final das curvas de isotores e das ocorrências de eventos de saúde, foram utilizados conceitos básicos geoquímicos.

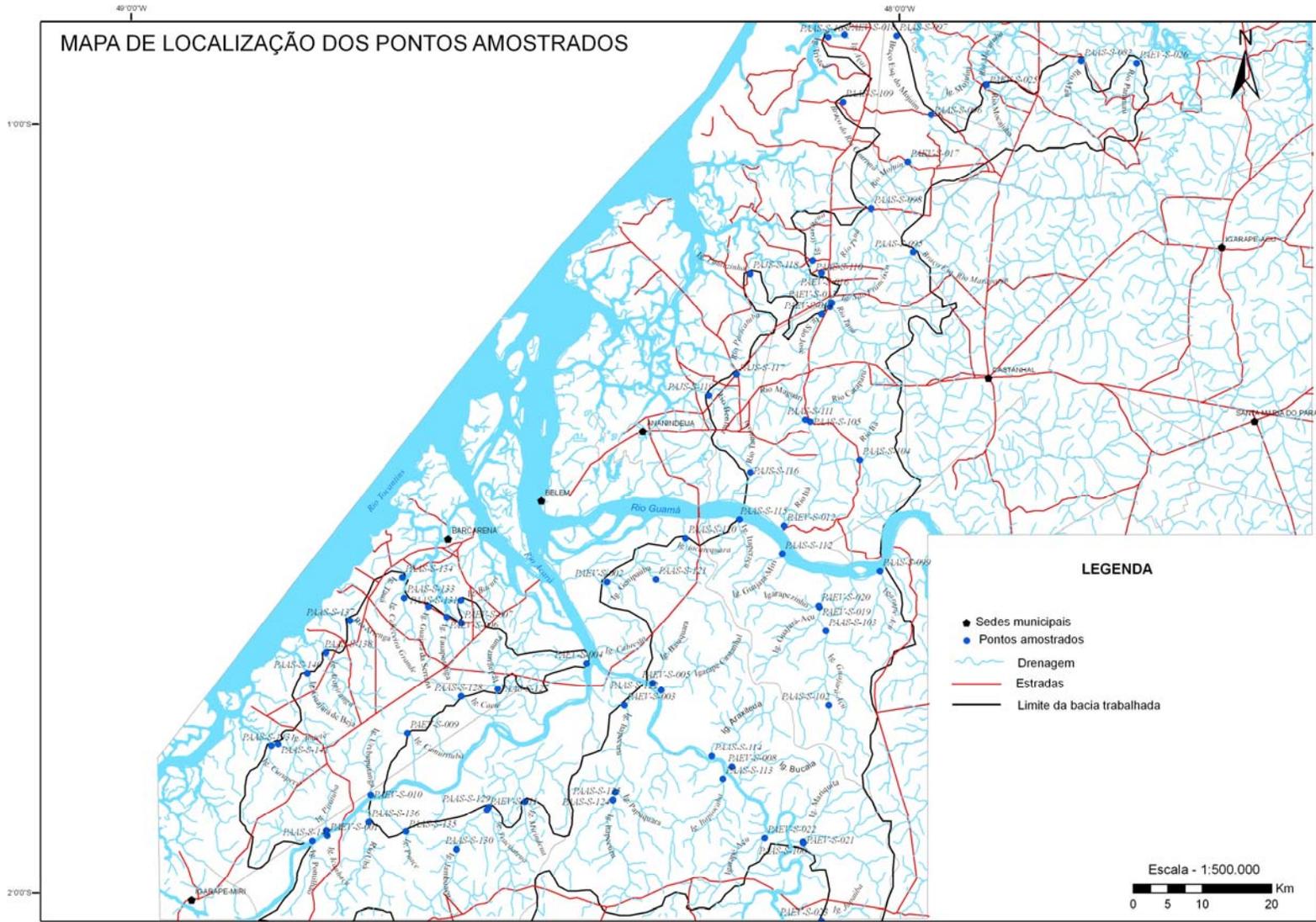


Fig. 8: Mapa de localização dos pontos de drenagem amostrados

### 5.3.1 Tratamento estatístico

Os resultados analíticos das amostras de água de superfície e de sedimento de corrente foram tratados estatisticamente da seguinte forma:

- os dados brutos, como vieram do laboratório, foram inseridos em tabela Excel, sendo obtidos os parâmetros: número de amostras acima do limite de detecção, valor médio, mediana, valores mínimo e máximo e desvio padrão.

- foram retirados da tabela os elementos que tiveram todos os seus resultados abaixo do limite de detecção respectivo. Os demais tiveram os dados abaixo do limite de detecção substituídos por valor equivalente à metade deste limite. As unidades de análise com resultados em ppb ou %, foram homogeneizadas para ppm (sedimentos) ou mg/L (águas), para efeito de melhor comparação nas tabela-resumo.

Com o programa Statistica foram efetuados os seguintes estudos:

- análise de Cluster visando verificar existência de associações significativas.
- análise de componentes principais para o sedimento de corrente, visando reduzir a quantidade de parâmetros e tornar a interpretação mais eficaz.
- matriz de correlação e gráficos de dispersão dos principais pares sugeridos visando verificar associações geoquímicas significativas.
- histogramas de distribuição de todos os elementos tabelados.
- cálculo dos parâmetros clássicos de anomalia de 2ª ordem, definida pela somatória do valor médio mais uma vez o desvio padrão e anomalia de 1ª ordem, definida pela somatória mais duas vezes o desvio padrão.
- montagem de tabela principal, ordenada alfabeticamente pelo símbolo químico do elemento, contendo a quantidade de amostras existentes com valor acima do limite de detecção, o valor mínimo utilizado, o valor máximo obtido, o valor médio, o desvio padrão, as anomalias de 2ª e 1ª ordem e o valor máximo permitido pela legislação pertinente.

### 5.3.2 Mapas de isotores

Existem, na literatura, três formas básicas de apresentação de resultados deste tipo: 1) a representação por microbacias (o mais clássico); 2) a representação por municípios e 3) representações pontuais com escalas de tamanho de símbolos ou cores. Estas três formas de

representação advêm de ineficientes formas de georeferenciamento dos resultados de pesquisas da área da Saúde, da não cobertura em malha regular da rede de amostragem e da escala e objetivos dos trabalhos. Quando todas as microbacias são amostradas, a representação por microbacias com teores enriquecidos ou empobrecidos em determinado elemento é clara e facilmente compreensível por profissionais de áreas diversas. Quando a rede municipal é extremamente densa e apertada, com inúmeros municípios de pequena extensão, a representação por área municipal, embora perca suas qualificações naturais, também se mostra de forma clara e compreensível. A representação por escala de símbolos ou cores apenas deve ser utilizada em trabalhos com um nível de amostragem extremamente rarefeito, onde não há possibilidade de correlação entre uma amostra e outra. É de difícil visualização e compreensão.

A área de trabalho, situada na região amazônica, tem como característica ser formada por municípios com áreas “amazônicas”, o que inviabiliza a representação “por área municipal”. Como o Projeto PGAGEM tem a limitação de bacias de captação de aproximadamente 100 Km<sup>2</sup>, nem todas as microbacias foram amostradas, inviabilizando a representação “por microbacias”. O posicionamento das amostras não é regularmente espaçado, mas com os ajustes descritos a seguir, podem ser geradas curvas de isoteores dentro da grande bacia amostrada, sendo esta a forma principal de representação dos resultados escolhida para ser utilizada neste trabalho.

Os mapas foram gerados com o programa ArcView 3.2a seguindo-se a metodologia: transformação da shape de resultados analíticos em shape de 3 dimensões; geração automática das curvas de isocontorno pelo comando “surface”, utilizando o método IDW – vizinho mais próximo, com patamar inferior 0 e intervalos das curvas condizentes com os valores da população total do elemento considerado; aplicação das curvas resultantes dentro da área total das microbacias amostradas; aplicação de cores diferenciadas às curvas condizentes com os patamares de valor médio, anomalia de 2<sup>a</sup> ordem e anomalia de 1<sup>a</sup> ordem; delimitação manual das curvas finais respeitando-se os limites de cada microbacia amostrada e, quando possível, a variação numérica sugerida pela curva de isocontorno gerada automaticamente pelo programa. Foi desenhada também a curva correspondente ao valor máximo permitido pela legislação para as águas amostradas.

### 5.3.3 Geologia Médica

Com relação à água de abastecimento, Macambira e Viglio (2006a e b) apresentaram uma avaliação com resultados ainda parciais para a região nordeste do Pará, mostrando concentrações preocupantes de alguns elementos, principalmente Pb e Al, com valores muito acima dos permitidos pela legislação do CONAMA/MS. Procurou-se aplicar o conceito de Teor de Exposição para as sedes municipais que demonstraram valores acima da legislação de elementos que podem ser nocivos à saúde humana e, propondo uma metodologia para priorização de execução de trabalhos de detalhe em função do potencial de risco a que a população está sendo submetida.

Com relação às amostras de água de superfície e sedimento de corrente, as curvas geradas segundo a metodologia descrita no item anterior, irão propiciar a delimitação de áreas onde existe a exposição de todo o meio ambiente à concentrações excessivas destes elementos, o que pode restringir as formas de utilização do solo e definir trabalhos de detalhe de geologia médica junto à população residente.

Segue abaixo a descrição encontrada na literatura (MACAMBIRA; VIGLIO 2006a) sobre alguns dos efeitos tóxicos que podem ser causados à população relacionados aos elementos analisados.

#### **Cátions**

##### Alumínio - Al

O papel do Alumínio na fisiologia humana não é bem conhecido, e, embora tenha sido detectado nas células do cérebro de pacientes com mal de Alzheimer, ainda não se estabeleceu uma relação direta entre o elemento e a doença.

##### Bário - Ba

O Bário não é considerado um nutriente e na forma iônica é altamente nocivo à saúde podendo causar doenças como: aumento da pressão sangüínea, dificuldades respiratórias, mudanças no ritmo cardíaco, irritações no estômago, flacidez muscular e danos no coração, fígado, rins e outros órgãos.

#### Boro - B

As pesquisas ainda não estão definidas, entretanto, suspeita-se que o Boro seja um elemento essencial para uma perfeita saúde humana. Sua função principal seria na catálise das enzimas.

#### Cádmio - Cd

O Cádmio pode entrar na corrente sanguínea através da ingestão de água e de alimentos ou da respiração, sendo que este último mecanismo provoca uma maior absorção pelo organismo. Este elemento pode ser importante em quantidades extremamente reduzidas, atuando como estimulante do metabolismo. Entretanto, os compostos de Cádmio devem ser vistos como extremamente tóxicos, pois tem efeito cumulativo e provocam danos nos rins, são carcinogênicos e podem ser teratogênicos.

#### Cálcio - Ca

O Cálcio é um nutriente essencial para os organismos vivos. Trata-se de um constituinte dos ossos, músculos e tecidos e desempenha um papel importante na coagulação sanguínea. Geralmente se associa a osteoporose a uma deficiência de Ca no organismo humano.

#### Chumbo - Pb

De um modo geral o Chumbo é muito tóxico, apesar de ocorrer em baixas concentrações com um teor médio em águas fluviais de 3 ppb (LEVINSON 1974). Ele não é um elemento essencial à nutrição humana. É absorvido pelo organismo através da ingestão de alimentos e da água, e pela respiração e se acumula nos tecidos ricos em Cálcio, tais como nos ossos, rins e fígado. As crianças são as mais sensíveis à contaminação e, a acumulação do Chumbo em seus organismos, pode provocar distúrbios no aprendizado e danos irreversíveis no cérebro. Os maiores efeitos tóxicos são a anemia, disfunções neurológicas e renais. A maior parte do Chumbo ingerido, não é absorvida pelo organismo, entretanto, tem efeito cumulativo e pode ser carcinogênico e teratogênico.

#### Cobalto - Co

O Cobalto é um nutriente essencial para o organismo humano sendo fundamental na produção da vitamina B<sub>12</sub>, porém em elevadas concentrações ele é tóxico e cancerígeno.

### Cobre - Cu

O Cobre é um micronutriente essencial para todos os organismos. Nas plantas tem funções vitais no metabolismo. Os animais podem absorver cerca de 50% do Cobre ingerido, o qual se acumula no fígado, cérebro e rins. Deficiências de Cobre são raras nos seres humanos, mas podem ocorrer nas carências alimentares infantis e nas desordens metabólicas de fundo genético.

### Cromo - Cr

O Cromo é um nutriente essencial e possui várias valências, cada qual com diferentes efeitos sobre a saúde humana. O  $\text{Cr}^{+3}$  é integrante do metabolismo da glicose aumentando o efeito da insulina e causa doenças no coração quando a sua ingestão é insuficiente. Já o  $\text{Cr}^{+4}$  é tóxico para o organismo, podendo alterar o material genético e causar câncer.

### Estrôncio - Sr

O Estrôncio possui uma estrutura atômica semelhante a do Ca, e conseqüentemente apresenta uma função biológica no metabolismo humano similar a deste elemento. Ele é absorvido pelo corpo e armazenado nos ossos substituindo o Ca. No entanto os isótopos  $^{89}\text{Sr}$  e  $^{90}\text{Sr}$  atuam como uma fonte de radiação interna, podendo danificar a medula óssea e as células do sangue em formação contribuindo para o aparecimento de câncer.

### Ferro - Fe

O Ferro é um elemento essencial nos processos fisiológicos dos seres vivos. Sua função no organismo humano se dá principalmente no transporte do oxigênio no sangue por intermédio da hemoglobina existente nos glóbulos vermelhos. O Ferro se concentra no fígado e no baço, e sua deficiência provoca anemia. As maiores necessidades de Ferro são constatadas em mulheres e crianças.

### Lítio - Li

Aparentemente o Lítio não desempenha um papel importante nos processos biológicos. Medicamentos a base de carbonato de lítio são utilizados no tratamento de distúrbios maniaco-depressivos. Entretanto, alguns compostos de Li são levemente tóxicos, outros são carcinogênicos e outros teratogênicos.

### Magnésio - Mg

O Magnésio é um elemento essencial para a vida animal, particularmente na ativação de algumas enzimas. Normalmente não é um elemento tóxico. A deficiência de Magnésio no corpo humano pode provocar diarreias, vômitos, hiperirritabilidade e uma ligeira calcificação dos tecidos. Em casos extremos, esta deficiência provoca tremores, desorientações ou mesmo convulsões que podem levar até a morte.

### Manganês - Mn

O Manganês é um micronutriente essencial para todos os organismos. Os animais necessitam de Manganês para o desenvolvimento ósseo, a reprodução, a constituição de certas enzimas e o funcionamento do sistema nervoso central. Dentre os sintomas de deficiência de Manganês estão as anormalidades esqueléticas, o crescimento mal proporcionado e dificuldades reprodutivas. Os compostos de Manganês geralmente não são tóxicos, entretanto devem ser tratados cautelosamente, pois existem evidências de serem carcinogênicos e teratogênicos.

### Níquel - Ni

O Níquel é um elemento essencial para a vida de muitas espécies. De uma maneira geral, os alimentos contêm pequenas quantidades de níquel, entretanto o chocolate é conhecido por apresentar um alto conteúdo. Os compostos de níquel são tóxicos e alguns são carcinogênicos e teratogênicos. Os fumantes, através de seus pulmões, apresentam um alto grau de exposição aos compostos de níquel oriundo das folhas de tabaco.

### Potássio - K

Os compostos de Potássio são essenciais para os processos vitais, particularmente nos fluídos intercelulares. É um macronutriente não tóxico, que ativa as reações enzimáticas, participa nas funções musculares e é essencial para o sistema nervoso e funções cardíacas.

### Sódio - Na

O Sódio é um elemento vital, visto a sua importância na regularização do equilíbrio das soluções celulares e nas funções nervosas. Os sais de Sódio não são tóxicos e, embora relativamente inofensivos, em excesso podem causar hipertensão.

### Titânio - Ti

Não foram encontrados na pesquisa bibliográfica teores de referência para o Titânio em água potável, nem com relação a possíveis efeitos toxicológicos.

### Zinco - Zn

O Zinco é um elemento essencial para todos os seres vivos, desempenhando um papel importante nas atividades enzimáticas, no metabolismo do ácido nucléico, na síntese das proteínas, na manutenção da estrutura e função das membranas, da atividade hormonal e na reprodução e maturidade sexual. É encontrado em todos os tecidos e fluidos do corpo humano e é essencial para o crescimento, desenvolvimento e reprodução. O Zinco metálico irrita a pele humana, no entanto não é considerado tóxico, embora certos sais de Zinco possam ser carcinogênicos. As desordens metabólicas provocadas pelo Zinco, geralmente, são mais devidas à sua carência do que a sua presença em altas concentrações.

### **Ânions**

#### Brometo - Br

O Bromo geralmente apresenta-se nos estados líquido e gasoso. Possui um cheiro desagradável, tóxico e efeito irritante aos olhos e garganta. Quando em contato com a pele produz ferimentos. O Br é encontrado em todos os animais e vegetais marinhos e pode ser um elemento essencial para certas algas vermelhas. Seu papel na fisiologia dos animais superiores não está bem conhecido.

#### Cloreto - Cl

O Cloro é encontrado em todas as espécies animais e em quase todos os vegetais. As suas funções biológicas são variadas: no crescimento dos vegetais, como componente dos sucos gástricos, atuando no transporte dos metais nos organismos, regulando a quantidade de água nos tecidos e na pressão osmótica.

#### Flúor - F

O Flúor é um elemento essencial para os seres humanos, pois atua no endurecimento dos dentes e ossos. Segundo a Organização Mundial da Saúde o teor ideal de F na água potável é de 1,5 mg/L; teores inferiores a 0,5 mg/L provocam baixa resistência às cáries dentárias, enquanto que teores maiores do que 2 mg/L causam enfermidades dentárias (fluorose) e esqueléticas (osteoporose).

#### Fosfato - PO<sub>4</sub>

O Fósforo é um elemento de vital importância para o crescimento e a saúde dos seres humanos. Na forma de hidroxapatita é um importante constituinte dos dentes e dos ossos. Como trifosfato de adenosina ou outro fosfato orgânico, o P tem um papel importante nos processos bioquímicos.

#### Sulfato – SO<sub>4</sub>

O Enxofre é um elemento essencial à vida humana, pois é um constituinte das gorduras, dos fluídos corpóreos e dos ossos. Está presente em quase todas as proteínas, em razão do que é indispensável para os seres vivos.

## 6 RESULTADOS OBTIDOS

Na explanação dos resultados obtidos, os trabalhos que foram efetuados pelo PGAGEM, para água de abastecimento, nos estados do Pará e do Maranhão, apesar de extrapolarem os limites da área desta dissertação, foram mantidos integralmente para permitir uma comparação dos resultados com as principais zonas anômalas, quase sempre fora dos limites da Folha Belém. Os mapas de água de abastecimento também são apresentados integralmente, com um corte demonstrando os limites da Folha Belém, objetivando melhor localizar as sedes municipais estudadas com a aplicação do Teor de Exposição.

Os mapas de água de superfície e de sedimento de corrente apresentam as microbacias com resultados acima do valor médio, anomalia de 2ª ordem e anomalia de 1ª ordem, sendo representada a curva que engloba o conjunto de microbacias com teores acima do valor máximo permitido para os mapas de água de superfície. Em cada mapa, é apresentado o histograma do elemento com a projeção da curva de normalidade da distribuição, onde fica evidenciado o caráter lognormal e a existência de pelo menos duas populações para a maioria dos elementos.

Todos os mapas são apresentados no volume de Mapas e Anexos, Anexo A.

### 6.1 GEOQUÍMICA

Os resultados obtidos serão apresentados separadamente para águas de abastecimento público, águas de superfície e sedimentos de corrente.

#### 6.1.1 Geoquímica das águas de abastecimento

Os resultados apresentados por Macambira e Viglio (2006a) para as águas de abastecimento da região nordeste do Pará são descritos a seguir, sendo detalhados os resultados que se encontram dentro dos limites da porção continental da Folha Belém.

O Anexo B apresenta a localização e a caracterização dos poços e sistemas de abastecimento de água amostrados. Os resultados analíticos encontram-se listados no Anexo E.

## 6.1.1.1 Parâmetros estatísticos

Dos 31 elementos e compostos analisados, o As (< 0,01 mg/L), o Mo (< 0,005 mg/L), o Se (< 0,02 mg/L), o V (< 0,02 mg/L), o Be (< 0,001 mg/L) e NO<sub>2</sub> (= 0,1 mg/L) não apresentaram resultados acima do limite de detecção do método analítico e, portanto, não foram submetidos a cálculos estatísticos. O Cd (< 0,001 mg/L), Co (< 0,002 mg/L), Cr (0,02 mg/L), Ni (0,004 mg/L), Ti (0,05 mg/L) e o PO<sub>4</sub> (0,2 mg/L) tiveram mais de 90% dos seus resultados abaixo do limite de detecção do método analítico, sendo interpretados apenas visualmente. Os demais elementos foram submetidos a cálculos estatísticos cujos principais parâmetros constam da Tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros estatísticos das águas de sistemas de abastecimento público

Elemento	População		Valor Mínimo	Valor Máximo	Média (x)	Desvio Padrão $\sigma$	Anomalia de 2ª Ordem (x + $\sigma$ )	Anomalia de 1ª Ordem (x + 2 $\sigma$ )	Valor Máximo Permitido em Água Doce Classe I – Resolução CONAMA 357
	Total	Valores < Lim Detec							
<b>Al</b>	61	28	0,0050	1,80	0,2043	0,3033	0,508	0,811	0,1 mg/L
<b>B</b>	61	35	0,0010	2,00	0,1331	0,3118	0,445	0,757	0,5 mg/L
<b>Ba</b>	61	8	0,0010	0,1630	0,0228	0,0372	0,060	0,097	0,7 mg/L
<b>Ca</b>	61	1	0,1000	60,05	7,80	12,598	20,350	32,95	10 a 100 mg/L **
<b>Cd</b>	61	52	0,0005	0,0020	0,0006	0,0004	0,001	0,001	0,001 mg/L
<b>Co</b>	61	51	0,0010	0,0040	0,0011	0,0004	0,001	0,002	0,05 mg/L
<b>Cr</b>	61	50	0,0100	0,0300	0,0108	0,0034	0,014	0,018	0,05 mg/L
<b>Cu</b>	61	5	0,0010	0,0500	0,0090	0,0088	0,018	0,027	0,009 mg/L
<b>Fe</b>	61	0	0,0020	6,660	0,3614	1,0445	1,406	2,450	0,3 mg/L
<b>K</b>	61	0	0,1000	22,50	4,14	13,4763	17,620	31,097	12 mg/L **
<b>Li</b>	61	2	0,0010	0,0200	0,0027	0,0036	0,0063	0,0099	2,5 mg/L
<b>Mg</b>	61	0	0,0900	15,27	2,2615	2,9889	5,250	8,239	1 a 40 mg/L **
<b>Mn</b>	61	0	0,0010	0,2230	0,0380	0,0608	0,0988	0,1595	0,1 mg/L
<b>Na</b>	59	1	0,1000	152,00	9,456	10,512	19,968	30,480	200 mg/L *
<b>Ni</b>	61	50	0,0020	0,0150	0,0030	0,0026	0,0057	0,0083	0,025 mg/L
<b>Pb</b>	61	23	0,0025	1,45	0,1700	0,3146	0,4846	0,7991	0,01 mg/L
<b>Sr</b>	61	2	0,0010	0,6520	0,0545	0,1105	0,1650	0,2755	1 mg/L **
<b>Ti</b>	61	60	0,0250	0,0600	0,0256	0,0046	0,0301	0,0347	***
<b>Zn</b>	61	2	0,0010	0,2740	0,0440	0,0681	0,1121	0,1802	0,18 mg/L
<b>Br</b>	60	26	0,0250	0,8100	0,0626	0,1059	0,1685	0,2744	0,025 mg/L *
<b>Cl</b>	59	0	1,58	262,50	11,41	12,296	23,706	36,002	250 mg/L
<b>F</b>	60	1	0,0050	0,7500	0,0594	0,1035	0,1629	0,2663	1,4 mg/L
<b>PO<sub>4</sub></b>	60	56	0,1000	1,40	0,1466	0,2121	0,3587	0,5708	0,1 mg/L
<b>SO<sub>4</sub></b>	60	3	0,4000	38,400	4,7638	6,7064	11,4702	18,1767	250 mg/L
<b>pH</b>	61	-	4,0	7,5	5,2136	0,0865	6,079	6,944	de 6 a 9

\* Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25/03/04; \*\* Organização Mundial de Saúde (1993)

Valores em mg/L (equivalentes a ppm); \*\*\* Não foram encontrados valores máximos permitidos para o Ti. A coluna Valor mínimo equivale ao limite de detecção dividido por 2. Elementos/parâmetros físico-químicos com valores em desacordo com a legislação estão em negrito.

### 6.1.1.2 Indicadores físico-químicos

#### **pH**

Em cerca de 80% da região de pesquisa (Anexo A, Mapa 1) os valores de pH das águas de sistema de abastecimento são inferiores a 6, que é o valor mínimo permitido para consumo humano pela Portaria 518 do Ministério da Saúde e portanto, estão fora do padrão de potabilidade.

### 6.1.1.3 Elementos analisados – Cátions

#### **Alumínio – Al**

O mapa de distribuição do Alumínio (Anexo A, Mapa 2) demonstra que teores iguais ou maiores do que 0,1 mg/L (teor máximo permitido pelo CONAMA) ocupam quase a totalidade da área de trabalho do PGAGEM e cerca de 70% da área da Folha Belém, sendo, portanto, águas de conteúdo impróprio para o consumo humano. Os maiores teores (anomalias de 1ª ordem  $\geq 0,811$  mg/L) foram verificados nas cidades de Augusto Correa (1,8 mg/L), Cândido Mendes (1,0 mg/L), São João de Pirabas (0,8 mg/L), São Miguel do Guamá (0,8 mg/L) e Irituia (0,8 mg/L). Neste contexto o maior valor encontrado (1,8 mg/L na cidade de Augusto Correa) corresponde a 18 vezes o limite máximo permitido para consumo.

#### **Boro – B**

Teores de B  $\geq 0,5$  mg/L (teor máximo do CONAMA) ocupam 3 pequenas áreas (Anexo A, Mapa 4) localizadas em Santo Antônio de Tauá (2,0 mg/L), São Miguel do Guamá (0,822 mg/L) e Augusto Correa (0,746 mg/L). Estas áreas estão circundando anomalias de 1ª ordem ( $\geq 0,757$  mg/L) detectadas nessas sedes municipais, sendo a primeira dentro da Folha Belém.

#### **Bário – Ba**

Todos os resultados analíticos de Bário (Anexo A, Mapa 3) estiveram abaixo do valor máximo permitido para consumo (0,7 mg/L), portanto a concentração deste elemento nas águas analisadas não apresenta nocividade para a população das comunidades investigadas. As anomalias de 1ª ordem ( $\geq 0,097$  mg/L) encontram-se dentro dos limites da Folha Belém, sendo detectadas nas localidades de Barcarena (0,163 mg/L), Vila dos Cabanos (0,103 mg/L), Moju

(0,141 mg/L), e na bacia do Gurupi, nos municípios de Boa Vista do Gurupi (0,147 mg/L) e Amapá do Maranhão (0,097 mg/L).

### **Cálcio – Ca**

Em quatro sedes municipais foram observadas anomalias de 1ª ordem ( $\geq 32,95$  mg/L), particularmente na porção ocidental da região trabalhada (Anexo A, Mapa 6). Foram observados teores de 60,05 mg/L na cidade de Irituia, 48,87 mg/L em Inhangapi, 46,20 mg/L em Apicum-Açu e 35,10 mg/L em Barcarena, esta última dentro da Folha Belém. Segundo a Organização Mundial da Saúde (1993) o teor de Ca em águas de sistema de abastecimento público varia na faixa de 10 a 100 mg/L. Desta maneira todos os teores de Ca encontrados na área amostrada estão compatíveis para consumo humano.

### **Cádmio – Cd**

Os teores mais elevados de Cádmio (0,002 mg/L) foram observados nos municípios de Irituia, Cachoeira do Piriá e Augusto Correa (Anexo A, Mapa 5). Estes valores são superiores à anomalia de 1ª ordem ( $\geq 0,0014$  mg/L) e ao estabelecido pelo CONAMA (0,001 mg/L). Valores coincidentes com o valor estabelecido pelo CONAMA foram observados nas localidades de Cândido Mendes, Capitão Poço, Ourém e Curuçá. Na Folha Belém não ocorrem teores anômalos de Cd.

### **Chumbo – Pb**

Cerca de 80% da área de trabalho do PGAGEM apresentou resultados de Chumbo igual ou superior a 0,01 mg/L, que é ao mesmo tempo, o teor máximo permitido pelo CONAMA para consumo humano e o limite de detecção do método analítico (Anexo A, Mapa 7). As anomalias de 1ª ordem ( $\geq 0,7991$  mg/L) estiveram agrupadas na porção central da área e estão localizadas nas seguintes sedes municipais: Augusto Correa (1,4500 mg/L), Cachoeira do Piriá (1,3600 mg/L), Bonito (0,9580 mg/L) e Ourém (0,8500 mg/L). Dentro da Folha Belém, as localidades de Moju e Acará apresentam valores acima o limite máximo permitido.

### **Cobalto – Co**

Os teores mais elevados de Cobalto (Anexo A, Mapa 8) foram detectados nos municípios de Irituia (0,004 mg/L) e Santa Izabel (0,002 mg/L), esta última dentro da Folha Belém.

Entretanto esses resultados estão abaixo do teor máximo permitido para o consumo humano pelo CONAMA (0,05 mg/L).

### **Cobre – Cu**

Resultados de Cu  $\geq$  0,009 mg/L, teor máximo permitido pelo CONAMA, foram observados em cerca de 60% da área de trabalho do PGAGEM (Anexo A, Mapa 9), particularmente, na sua parte oriental. Anomalias de 1ª ordem ( $\geq$  0,027 mg/L) foram detectadas nas cidades de Augusto Correa (0,05 mg/L), Cachoeira do Piriá (0,03 mg/L), Cândido Mendes (0,03 mg/L) e Bacuri (0,03 mg/L). Em várias outras localidades foram detectadas anomalias de 2ª ordem ( $\geq$  0,018 mg/L), entre elas Moju e Acará, dentro da Folha Belém.

### **Cromo – Cr**

Em três sistemas de água de abastecimento público foram observadas anomalias de 1ª ordem de Cromo ( $\geq$  0,017 mg/L) distribuídas nos municípios (Anexo A, Mapa 10): Augusto Correa (0,03 mg/L), Vizeu (0,02 mg/L) e Irituia (0,02 mg/L). Estes valores, apesar de representarem picos mais elevados, estão abaixo do limite máximo permitido pelo CONAMA (0,05 mg/L), indicando que os sistemas de abastecimento público do NE do Pará e NW do Maranhão apresentam teores de Cr compatíveis para o consumo humano. Não existem teores acima do limite de detecção dentro da Folha Belém.

### **Estrôncio – Sr**

Anomalias de 1ª ordem ( $\geq$  0,2755 mg/L) de Sr foram observadas (Anexo A, Mapa 11) nos sistemas de abastecimento público das cidades de Apicum Açú (0,652 mg/L), no Maranhão e Barcarena (0,506 mg/L), dentro dos limites da Folha Belém. Estes valores estão abaixo do teor máximo permitido para consumo pela OMS (1 mg/L).

### **Ferro – Fe**

Teores de Fe  $\geq$  0,3 mg/L, teor máximo permitido pelo CONAMA para consumo humano, ocupam grandes áreas nas porções oeste e noroeste da região trabalhada pelo PGAGEM (Anexo A, Mapa 12). Neste contexto, as amostras coletadas nos sistemas de abastecimento das cidades de Moju (6,660 mg/L) e Vila dos Cabanos (4,300 mg/L), apresentaram os mais elevados valores, constituem anomalias de 1ª ordem ( $\geq$  2,450 mg/L) e encontram-se dentro da Folha Belém.

**Lítio – Li**

Três amostras que constituem anomalias (Anexo A, Mapa 13) de 1ª ordem ( $\geq 0,0099$  mg/L) foram observadas nas localidades de Vila dos Cabanos (0,010 mg/L), dentro da Folha Belém, Boa Vista do Gurupi (0,015 mg/L) e Serrano do Maranhão (0,011 mg/L). Estes teores estão abaixo do limite máximo permitido pelo CONAMA (2,5 mg/L).

**Magnésio – Mg**

Quatro anomalias de 1ª ordem ( $\geq 8,239$  mg/L) foram observadas distribuídas na orla litorânea (Anexo J, Mapa 14) nos seguintes municípios: São João de Pirabas (15,27 mg/L), Apicum Açú (10,21 mg/L), Barcarena (9,31 mg/L), dentro dos limites da Folha Belém, e Carutapera (9,24 mg/L). Todos esses resultados enquadram-se na faixa admitida como compatível para consumo humano pela Organização Mundial de Saúde (1 a 40 mg/L). Entretanto quase 50% dos resultados apresentam teores inferiores ao recomendado pela OMS como apropriado para água potável.

**Manganês – Mn**

Foram observadas quatro áreas (Anexo A, Mapa 15) com teor de Manganês em água de sistema de abastecimento público superior a 0,1 mg/L que é o valor máximo recomendado pela OMS. Estas áreas correspondem às sedes dos municípios de Boa Vista do Gurupi (0,223 mg/L), Irituia (0,201 mg/L), São Miguel do Guamá (0,164 mg/L), Igarapé Açú (0,179 mg/L), Vila dos Cabanos (0,191 mg/L) e Barcarena (0,190 mg/L) e Moju (0,145 mg/L), os três últimos dentro dos limites da Folha Belém. Essas áreas circundam anomalias de 1ª ordem ( $\geq 0,1595$  mg/L) reveladas nas citadas sedes municipais.

**Níquel – Ni**

Os valores de níquel que constituem anomalias de 1ª ordem ( $\geq 0,0083$  mg/L) foram observados em três sedes municipais (Anexo A, Mapa 16): Serrano do Maranhão (0,015 mg/L), Augusto Correa (0,013 mg/L) e Irituia (0,009 mg/L). Entretanto todos esses valores estão abaixo do limite máximo (0,025 mg/L) permitido para o consumo humano pelo CONAMA. Todos os teores no âmbito da Folha Belém estão abaixo do limite de detecção.

**Potássio – K**

Apenas em uma pequena área situada no extremo oeste da região (Anexo A, Mapa 17) foram observados teores de K superiores a 12 mg/L, valor máximo permitido pelo CONAMA para consumo humano, nas sedes municipais de Igarapé Miri e Abaetetuba (22,5 mg/L). Ambas as áreas encontram-se dentro da Folha Belém.

**Sódio – Na**

Foram observados cinco pontos com anomalias de 1ª ordem ( $\geq 30,48$  mg/L) na região de pesquisa (Anexo A, Mapa 18): São João de Pirabas (152 mg/L), Salinópolis (42 mg/L), Vigia de Nazaré (39 mg/L), dentro da Folha Belém, Marapanim (36 mg/L) e Boa Vista do Gurupi (32 mg/L). Todos esses teores são inferiores ao valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde (200 mg/L).

**Titânio – Ti**

O maior conteúdo de Ti (0,06 mg/L) em água de sistema de abastecimento público foi observado na cidade de Augusto Correa (Anexo A, Mapa 19). Este valor é superior ao da anomalia de 1ª ordem ( $\geq 0,0347$  mg/L), porém não foram encontrados na pesquisa bibliográfica teores de referência para Ti em água potável. Todos os valores dentro da Folha Belém estão abaixo do limite de detecção.

**Zinco – Zn**

Teores de Zn  $\geq 0,1802$  mg/L (anomalia de 1ª ordem) foram observados em cinco pequenas áreas localizadas na porção oriental da região (Anexo A, Mapa 20) correspondendo às sedes municipais de Junco do Maranhão (0,274 mg/L), Serrano do Maranhão (0,261 mg/L), Augusto Correa (0,254 mg/L), Cachoeira do Piriá (0,202 mg/L) e Cândido Mendes (0,199 mg/L). O limite máximo permitido pelo CONAMA (0,18 mg/L) é igual ao valor da anomalia de 1ª ordem. Portanto, as cidades acima mencionadas consomem água de abastecimento público com concentrações de Zinco impróprias para consumo humano. Dentro do limite da Folha Belém, a cidade de Barcarena apresenta valores acima do valor máximo permitido.

#### 6.1.1.4 Elementos analisados – Ânions

##### **Brometo – Br**

Somente na água do sistema de abastecimento de São João de Pirabas (0,810 mg/L - Anexo A, Mapa 21) foi revelada uma anomalia de 1ª ordem de Br ( $\geq 0,2744$  mg/L). Em Vigia, dentro da Folha Belém, ocorre valor de 0,210 mg/L, configurando anomalia de 2ª ordem ( $\geq 0,1685$  mg/L), teor acima do valor máximo permitido pelo CONAMA.

##### **Cloreto – Cl**

As anomalias de 1ª ordem ( $\geq 36,002$  mg/L) estiveram agrupadas na porção norte da área de trabalho (Anexo A, Mapa 22) nas localidades de Marapanim (61,63 mg/L) e Vigia de Nazaré (64,60 mg/L), dentro da Folha Belém. Entretanto o resultado mais elevado foi observado em São João de Pirabas, onde foi constatado um valor de 262,5 mg/L, superior ao valor máximo permitido pelo CONAMA.

##### **Flúor – F**

Somente uma amostra (0,750 mg/L) foi classificada como anomalia de 1ª ordem ( $\geq 0,2663$  mg/L) e está localizada na cidade de Vizeu (Anexo A, Mapa 23). Entretanto, em Bragança observou-se um teor próximo ao valor da anomalia de 1ª ordem (0,200 mg/L). Porém todos esses valores estão abaixo do valor máximo permitido para consumo humano pelo CONAMA (1,4 mg/L). Não existem valores significativos dentro da Folha Belém.

##### **Fosfato – PO<sub>4</sub>**

Os teores de fosfato mais elevados (Anexo A, Mapa 24) foram observados nas localidades de Maracaçumé (1,4 mg/L), Boa Vista do Gurupi (0,9 mg/L) e em Carutapera (0,7 mg/L). Esses valores são superiores ao de anomalia de 1ª ordem ( $\geq 0,5708$  mg/L) e ao permitido pelo CONAMA para consumo humano (0,1 mg/L). Com exceção destas amostras, todas as demais forneceram resultados menores do que 0,2 mg/L, limite de detecção do método analítico. Como o limite de detecção é maior que o valor máximo permitido pela legislação, não se pode garantir que as outras amostras estejam dentro dos padrões de potabilidade.

## **Sulfato – SO<sub>4</sub>**

Dois pontos com anomalias de 1ª ordem ( $\geq 18,17$  mg/L) foram observados no extremo norte da região, na orla litorânea (Anexo A, Mapa 25), correspondendo às sedes municipais de Salinópolis (38,4 mg/L) e São João de Pirabas (29,9 mg/L). Estes valores, apesar de constituírem picos mais elevados dentre os resultados obtidos, estão bem abaixo do teor máximo para água potável permitido pelo CONAMA (250 mg/L). Dentro da Folha Belém, apenas a localidade de Vigia apresenta valores que constituem anomalias de 2ª ordem, 12 mg/L.

### **6.1.2 Geoquímica das águas de superfície**

O Anexo C apresenta a localização e a caracterização dos parâmetros físico-químicos das águas de superfície amostradas. Todos os resultados analíticos encontram-se listados no Anexo F. O texto menciona o nome do igarapé ou rio que define a microbacia tendo o município a que ela pertence entre parêntesis.

#### **6.1.2.1 Parâmetros estatísticos**

Os elementos As, Be, Li, Mo, Se, Ti, V e PO<sub>4</sub> obtiveram todos os resultados abaixo do limite de detecção do método analítico respectivo.

A análise de Cluster agrupou os elementos maiores; depois Ba, Sr, Cd, Cu e Cr; Mn, Br e Co; F e Zn; e Fe, Pb e B; o Al ficou isolado em um extremo. A matriz de correlação efetuada com todos os elementos que apresentaram resultados acima do limite de detecção, mostrou correlações significativas apenas positivas sendo as mais fortes entre Cl e Na e entre Pb e Zn. Os gráficos de dispersão construídos revelam que a boa correlação numérica entre Pb e Zn não se confirma, ao contrário de Cl e Na, que apresentam uma nuvem de dispersão coerente e positiva. O Alumínio e o Pb, elementos com muitos resultados acima do valor máximo permitido pela legislação, também não possuem correlação entre si. Estes parâmetros podem ser vistos no Anexo H.

Os histogramas de distribuição mostram um padrão assimétrico lognormal para quase todos os elementos, sendo que Br, Cl, Fe, Mg e Sr aproximam-se da normalidade. Alumínio, B, Ba, Mg, Sr, Zn, Na e Sulfato indicam a presença de duas populações, enquanto os outros elementos são unimodais. Os principais parâmetros estatísticos dos elementos e dos parâmetros físico-químicos medidos encontram-se na tabela 8.

Tabela 8: Parâmetros estatísticos das águas de superfície

Elemento	Valores Abaixo do Limite de detecção	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média (x)	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	Anomalia de 2ª Ordem (x + $\sigma$ )	Anomalia de 1ª Ordem (x + 2 $\sigma$ )	Valor Máximo Permitido em Água Doce Classe I - Resolução CONAMA 357
<b>Al</b>	53	0,0500	0,400	0,0926	0,0701	0,1626	0,2327	0,1 mg/L
As	73	< 0,005	< 0,005					0,01 mg/L
<b>B</b>	24	0,0010	0,771	0,1072	0,2090	0,3162	0,5252	0,5 mg/L
Ba	11	0,0010	0,013	0,0043	0,0032	0,0075	0,0108	0,7 mg/L
Be	73	< 0,001	< 0,001					0,04 mg/L
Ca	0	0,1220	2,390	0,5344	0,3914	0,9258	1,3172	10 a 100 mg/L **
Cd	28	0,0005	0,004	0,0009	0,0006	0,0015	0,0021	0,001 mg/L
<b>Co</b>	72	0,0010	0,211	0,0038	0,0244	0,0282	0,0527	0,05 mg/L
Cr	38	0,0010	0,040	0,0126	0,0088	0,0213	0,0301	0,05 mg/L
<b>Cu</b>	20	0,0010	0,040	0,0096	0,0059	0,0156	0,0215	0,009 mg/L
<b>Fe</b>	0	0,0340	0,582	0,1650	0,0954	0,2605	0,3559	0,3 mg/L
K	1	0,0500	6,400	0,7939	0,8769	1,6708	2,5477	12 mg/L **
Li	73	< 0,002	< 0,002					2,5 mg/L
Mg	0	0,1800	1,260	0,3773	0,2181	0,5954	0,8135	1 a 40 mg/L **
Mn	0	0,0020	0,164	0,0116	0,0196	0,0312	0,0508	0,1 mg/L
Mo	73	< 0,0025	< 0,0025					0,07 mg/L **
Na	0	0,2000	10,000	2,3892	1,7494	4,1386	5,8880	200 mg/L *
Ni	73	< 0,002	< 0,002					0,025 mg/L
<b>Pb</b>	5	0,0025	0,968	0,1317	0,2197	0,3514	0,5710	0,01 mg/L
Se	73	< 0,01	< 0,01					0,01 mg/L
Sr	0	0,0020	0,014	0,0049	0,0029	0,0078	0,0108	1 mg/L **
Ti	73	< 0,025	< 0,025					***
V	73	< 0,01	< 0,01					0,1 mg/L
<b>Zn</b>	0	0,0020	0,276	0,0431	0,0690	0,1121	0,1812	0,18 mg/L
<b>Br</b>	66	0,0025	0,110	0,0287	0,0142	0,0429	0,0570	0,025 mg/L *
Cl	0	0,3200	16,600	3,7465	2,7550	6,5015	9,2565	250 mg/L
F	21	0,0050	0,520	0,0234	0,0592	0,0826	0,1417	1,4 mg/L
PO <sub>4</sub>	73	< 0,1	< 0,1					0,1 mg/L
SO <sub>4</sub>	0	0,1000	5,200	1,2000	0,9999	2,1999	3,1997	250 mg/L
O2 Dissolv.		1,9	5,2	4,082	0,654	4,74	5,39	6 mg/L
Condutivid.		13	68	23,3	10,9	34,2	45,1	-
Salinidade		0	0	0	0	0	0	-
Temp.		25,5	31,3	27,97	1,121	29,09	30,21	-
pH		3,6	6,2000	5,2800	0,3860	5,670	6,050	de 6 a 9

\* Portaria do Ministério da Saúde n° 518, de 25/03/04 ; \*\* Organização Mundial de Saúde (1993)  
Valores em mg/L (equivalentes a ppm); \*\*\* Não foram encontrados valores máximos permitidos para o Ti.  
População Total = 73 amostras

A coluna Valor mínimo equivale ao limite de detecção dividido por 2.  
Elementos com valores em desacordo com a legislação estão em negrito

### 6.1.2.2 Indicadores físico-químicos

Não foram obtidos valores numéricos para a salinidade em nenhuma medição. Os valores obtidos para a temperatura, como variaram de horário ao longo do dia, e foram medidos apenas uma vez, não puderam ser correlacionados.

#### **Condutividade**

A condutividade (Anexo A, Mapa 26) apresentou um valor médio de 23,3  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , com núcleos anômalos de primeira ordem ( $\geq 45,1 \mu\text{s}/\text{cm}$ ) em Vigia, Santa Izabel, Bujaru e Barcarena.

#### **Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido (Anexo A, Mapa 27) apresentou um valor médio de 4,082 mg/L, com áreas com valores extremamente baixos (1,90 a 2,80 mg/L), na região entre Santa Izabel e Benevides.

#### **pH**

Os valores medidos de pH (Anexo A, Mapa 28) variaram de 3,6 a 6,2, sendo a média de 5,28. Ocorrem vários núcleos com valores mais ácidos (abaixo de 4,5) em Vigia, entre Acará e Bujaru e perto de Barcarena. Valores entre 5 e 5,5, condizentes com o pH da chuva na região, compõem a maior parte da área.

### 6.1.2.3 Elementos analisados – Cátions

#### **Alumínio**

O Alumínio mostrou uma distribuição ampla por toda a área amostrada e obteve como valor médio a concentração de 0,0926 mg/L, já bem próxima do valor máximo permitido de 0,1 mg/L (Anexo A, Mapa 29). Três áreas com anomalias de segunda ordem ( $\text{Al} > 0,1626 \text{ mg/L}$ ) ocorrem no Ig. Arapiranga (Barcarena), no Ig. Mojuim e Braço Esquerdo do Rio Marapanim (Santo Antônio do Tauá), e Ig. Mojuim com Ig. Guajará (Vigia). Outras três áreas com anomalias

de primeira ordem ( $Al > 0,2327$  mg/L), ocorrem no Ig. Guajará da Serrana (Barcarena), no Ig. Guajará-Açu (Bujaru) e no Rio It, na localidade de Vila do Carmo (Santa Izabel).

### **Boro**

O Boro mostra uma distribuio concentrada, no bordo leste do conjunto de microbacias amostradas, obtendo valor médio de 0,1072 mg/L (Anexo A, Mapa 30). Quatro anomalias de segunda ordem ( $> 0,3162$  mg/L) foram encontradas nas regiões do Rio Ma (Terra Alta), igarapés Araxiteua, Mojuim e Braço Esquerdo do Rio Marapanim (Santo Antônio do Tauá), Ig. Itaperaçu, afluente do Guamá (Bujaru) e Ig. Itapiocaba (Acará). Outras quatro regiões com anomalias de primeira ordem ( $> 0,5252$  mg/L) foram detectadas nos igarapés Mojuim – Guajará (Vigia), Rio Maguari na estrada para Caraparu (Santa Izabel), no Rio It, na localidade de Vila do Carmo (Santa Izabel) e nos Igarapés Mariquita e Belém, afluentes do Rio Acará (Bujaru).

### **Bário**

O Bário apresenta uma distribuio homogênea por toda a área, com teor médio de 0,0043 mg/L, mas apresentando todas as zonas anômalas na porão sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 31). Duas grandes zonas de anomalias de segunda ordem ( $> 0,0075$  mg/L) foram observadas na região dos igarapés Guajará da Serrana, Camurituba, Tauá e no Rio Arienga (Barcarena e Abaetetuba) e na região do Ig. Itapiocaba (Acará). Quatro regiões com anomalias de primeira ordem ( $> 0,0108$  mg/L) foram detectadas nos igarapés Itaperaçu (Bujaru), Mariquita e Belém (Bujaru), Guajará do Bja (Abaetetuba) e Pontilhão e Piratuba (Moju).

### **Cálcio**

O Cálcio apresenta distribuio ampla por toda a área amostrada, obtendo teor médio de 0,5344 mg/L (Anexo A, Mapa 32). Vastas regiões apresentam anomalias de segunda ordem ( $> 0,9258$  mg/L), nas regiões da Foz do Rio Caraparu e Rio It (Santa Izabel), Rio Benfica (Benevides), Rio Mojuim (Vigia), e na região de Barcarena, Abaetetuba e Moju, com os igarapés Guajará da Serrana, Tauá, Rio Arienga, Ig. Guajará do Bja, Ig. Abaeté e igarapés Curuperé e Cataiandeua. Apenas uma anomalia de primeira ordem ( $> 1,3172$  mg/L), aparece no Rio Maguari (Santa Izabel).

### **Cádmio**

O Cádmio apresentou, em geral, valores extremamente baixos, muito próximos ao limite de detecção e muito semelhantes, diminuindo o desvio padrão, o que fez com que a distribuição ficasse muito homogênea, com teor médio de 0,0009 mg/L (Anexo A, Mapa 33). Áreas com anomalias de segunda ordem ( $> 0,0015$  mg/L) ocorrem dispersas por toda a bacia amostrada, nos igarapés Braço do Mojuim (Vigia), Rio Mojuim (Vigia), Mojuim (Santo Antônio de Tauá) e Rio Itá (Santa Izabel). Duas áreas com anomalias de primeira ordem ( $> 0,0021$  mg/L) foram detectadas nos igarapés Guajará-Açu (Bujaru) e Guajará da Serrana (Barcarena).

### **Cobalto**

O Cobalto só foi identificado em teor bem acima do limite de detecção em uma amostra, no Ig. Jacarequara (Acará). Os valores médio, anomalias de segunda ordem e de primeira ordem (0,0038,  $> 0,0282$  e  $> 0,0527$  mg/L) são apenas valores numéricos que não podem ser modelados em curvas na área (Anexo A, Mapa 34).

### **Cromo**

O Cromo também só foi identificado com teor muito acima do limite de detecção em uma amostra no Rio Itá, na Vila do Carmo (Santa Izabel). Praticamente toda a extensão a sul do rio Guamá apresenta valores acima do teor médio de 0,0126 mg/L. As anomalias de segunda ( $> 0,0213$  mg/L) e de primeira ordem ( $> 0,0301$  mg/L) encontram-se no mesmo local do Rio Itá (Anexo A, Mapa 35).

### **Cobre**

O Cobre possui distribuição bastante homogênea por quase toda a extensão da bacia amostrada, com teor médio de 0,0096 mg/L (Anexo A, Mapa 36), valor já acima do limite máximo permitido pela legislação. Duas regiões a norte do rio Guamá, na região do Rio Mojuim e Braço Esquerdo do Rio Marapanim (Vigia e Santo Antônio do Tauá) e na região do Rio Itá (Santa Izabel), apresentam anomalias de segunda ordem ( $> 0,0156$  mg/L). Dois locais apresentam anomalias de primeira ordem ( $> 0,0215$  mg/L), no Ig. Araxiteua (Santo Antônio do Tauá) e no Rio Guajará Açu (Acará), este último a sul do rio Guamá.

### **Ferro**

O Ferro se distribui em extensas faixas com direção geral NE em ampla área da bacia amostrada, tanto a norte quanto a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,165 mg/L (Anexo A, Mapa 37). Três regiões apresentam anomalias de segunda ordem ( $> 0,2605$  mg/L), no Ig. Guajará-Miri (Acará), Ig. Jacarequara (Acará) e Ig. Piratuba (Moju). Três outras regiões mostram anomalias de primeira ordem ( $> 0,3559$  mg/L), na região do Ig. Arapiranga (Barcarena), Ig. Guajará-Açu (Bujaru) e extensa região englobando a foz do Rio Caraparu e o Rio Maguari (Santa Izabel).

### **Potássio**

O Potássio se distribui em áreas restritas, tanto a norte quanto a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,7939 mg/L (Anexo A, Mapa 38). Uma região apresenta anomalia de segunda ordem ( $> 1,6708$  mg/L) no Ig. Mojuim (Vigia). Duas regiões apresentam anomalias de primeira ordem ( $> 2,5477$  mg/L), no Rio Caraparu e Maguari (Santa Izabel) e no Rio Jambuaçu (Moju).

### **Magnésio**

O Magnésio se distribui em áreas restritas, tanto a norte quanto a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,3773 mg/L (Anexo A, Mapa 39). Três regiões apresentam anomalias de segunda ordem ( $> 0,5954$  mg/L), na foz do Ig. Caraparu (Santa Izabel), no Ig. Mariquita (Acará) e na região dos igarapés Abaeté, Curuperé e Cataiandeua (Abaetetuba). Quatro regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 0,8135$  mg/L) ocorrem nos igarapés Guarimã (Vigia), Itaperaçu (Bujaru), Tauá (Barcarena) e Itapiocaba (Acará).

### **Manganês**

O Manganês se distribui de forma mais homogênea na parte sul do Rio Guamá, com grandes regiões com valores acima do teor médio de 0,0116 mg/L (Anexo A, Mapa 40). Duas regiões apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 0,0312$  mg/L), no Ig. Guarimã (Vigia) e no Ig. Mariquita (Acará). Apenas a região do Ig. Itaperaçu, em Bujaru, apresentou anomalias de 1ª ordem ( $> 0,0508$  mg/L).

### **Sódio**

O Sódio se distribui heterogeneamente por toda a área, apresentando teor médio de 2,3892 mg/L (Anexo A, Mapa 41). Apenas a região do braço esquerdo do Rio Marapanim apresenta anomalia de 2ª ordem ( $> 4,1386$  mg/L). Quatro regiões apresentam anomalias de 1ª ordem ( $> 5,8880$  mg/L), nos igarapés Guarimã e Mojuim – Guajará (Vigia), no Rio Maguari (Santa Izabel), no Ig. Itaperaçu (Bujaru) e no Ig. Tauá (Barcarena).

### **Chumbo**

O Chumbo se distribui homogeneamente na porção a norte do rio Guamá e heterogeneamente a sul, com teor médio de 0,1317 mg/L (Anexo A, Mapa 42). Na porção sul do rio Guamá, ocorrem duas regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 0,5710$  mg/L), no Ig. Guajará da Serrana (Barcarena) e no Ig. Mariquita (Acará) e uma com anomalia de 2ª ordem ( $> 0,3514$  mg/L) no Ig. Guajara-Açú (Bujaru). Já na porção norte do rio Guamá, ocorrem praticamente apenas valores acima do background, com duas regiões com anomalias de 1ª ordem nos rios Itá (Santa Izabel) e Mojuim / braço esquerdo do Marapanim associadas à extensa região com anomalias de 2ª ordem que abrangem quase a totalidade da porção norte da bacia amostrada, nos rios Guarimã, Ig. Barreto, Mojuim e Maú (Vigia, Santo Antônio do Tauá e Terra Alta).

### **Estrôncio**

O Estrôncio se distribui homogeneamente ao longo de toda a área com teor médio de 0,0049 mg/L (Anexo A, Mapa 43). Na porção sul do rio Guamá, ocorre uma região com anomalia de 2ª ordem ( $> 0,0078$  mg/L) no Ig. Itapiocaba (Acará), e três com anomalias de 1ª ordem ( $> 0,0108$  mg/L), no Ig. Itaperaçu (Bujaru) e em grande extensão abrangendo os igarapés Tauá, Arienga, Guajará do Béja, Abaeté e Curuperé (Barcarena e Abaetetuba). A porção a norte do Rio Guamá apresenta grande extensão de valores acima do background, com anomalias de 1ª ordem no Ig. Guarimã (Vigia) e no Rio Maguari (Santa Izabel).

### **Zinco**

O Zinco se distribui heterogeneamente, com maior área na porção norte do rio Guamá, com teor médio de 0,0431 mg/L (Anexo A, Mapa 44). Cinco regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 0,1812$  mg/L) circundadas por anomalias de 2ª ordem ( $> 0,1121$  mg/L), foram encontradas nos

igarapés Guajará da Serrana (Barcarena), Mariquita (Bujaru), Rio Itá (Santa Izabel), Mojuim (Santo Antônio de Tauá) e Rio Maú (Terra Alta).

#### 6.1.2.4 Elementos analisados – Ânions

##### **Brometo**

O Brometo se distribui pontual e heterogeneamente em duas regiões a sul e duas a norte do rio Guamá, com teor médio de 0,0287 mg/L (Anexo A, Mapa 45). Anomalias de 1ª (> 0,057 mg/L) e 2ª ordem (> 0,0429 mg/L) ocorrem apenas nas duas regiões descritas acima, nos igarapés Guajará da Serrana (Barcarena), Itaperaçu (Bujaru), Benfica e Paricatuba (Benevides) e Guarimã (Vigia).

##### **Cloro**

O Cloreto apresenta uma distribuição heterogênea, mas dispersa por toda a área amostrada, apresentando teor médio de 3,7465 mg/L (Anexo A, Mapa 46). Quatro regiões apresentam anomalias de 1ª (> 9,2565 mg/L) e 2ª (> 6,5015 mg/L) ordem simultaneamente, na região do Ig. Tauá, em Barcarena (15,020 mg/L), no Ig. Itaperaçu, em Bujaru (9,910 mg/L), no Rio Maguari, em Santa Izabel (13,080 mg/L) e no Ig. Guarimã, em Vigia (16,600 mg/L).

##### **Flúor**

O Flúor apresenta uma distribuição extremamente regular e homogênea a sul do rio Guamá e em três pequenas porções a norte, com teor médio de 0,0234 mg/L (Anexo A, Mapa 47). Em duas regiões bem restritas, ocorrem anomalias de 1ª e 2ª ordem conjugadas (> 0,1417 e > 0,0826 mg/L), nos igarapés Guajará da Serrana em Barcarena e Bucaia em Bujaru, com teores bastante expressivos de 0,520 e 1,000 mg/L, respectivamente.

##### **Sulfato**

O Sulfato apresenta uma distribuição homogênea com regiões com teores acima do valor médio obtido de 1,200 mg/L (Anexo A, Mapa 48), espalhados tanto a norte quanto a sul do rio Guamá. Anomalia de 2ª ordem (> 2,199 mg/L) ocorre no Ig. Guajará do Béja (Abaetetuba).

Quatro anomalias de 1ª ordem (3,1997 mg/L) ocorrem nos igarapés Tauá (Barcarena), Itapiocaba (Acará), Mariquita (Acará) e Guarimã e Rio Mojuim (Vigia).

### 6.1.3 Geoquímica dos sedimentos de corrente

O Anexo D apresenta a localização e a caracterização dos parâmetros físicos dos sedimentos de corrente amostrados. Todos os resultados analíticos encontram-se listados no Anexo G. O texto menciona o nome do igarapé ou rio que define a microbacia tendo o município a que ela pertence entre parêntesis.

#### 6.1.3.1 Parâmetros estatísticos

Os dados de 50 elementos foram tabelados, sendo retirados W, Ta e Pd, que tiveram todos seus resultados abaixo dos limites de detecção. Os elementos Ge, Re, Pt e Te, que apresentaram menos de 20% de resultados acima do limite de detecção, foram incluídos na análise estatística, mas não foram espacializados em mapas de distribuição. A extração dos componentes principais selecionou 27 elementos: Al, Ca, Ce, Cr, Cs, Cu, Fe, K, Li, Mg, Ni, Pb, Sc, Sr, Th, Tl, U, Y e Zn. A análise de Cluster destes componentes principais sugeriu os seguintes agrupamentos: Zn/Ce; V/Cr; Sr/Pb; Cu/Li/Ni/Rb/Y; Zr/Sc/Ga; Al/Be/Cs/Fe/U e Se/Nb/Mg/Tl/K/Cd/Ca. A matriz de correlação mostra forte correlação entre Ce/Y e V/Cr. Outros grupos aparentemente relacionados entre si são K, Li, Mg, Rb, Sr e Zn e Al, Be, Ce, Cu, Pb, Sc, Th, Tl, U e Y, sendo que Li e Rb também estão presentes neste outro grupo. Os diagramas de dispersão efetuados confirmam as fortes correlações entre V/Cr e Zn/Ce. Outros diagramas com boa correlação positiva foram de Al com Cs, Pb, Sc, Li e Rb.

A planilha com a extração dos componentes principais, a matriz de correlação e os exemplos de alguns gráficos de dispersão efetuados se encontram no Anexo I.

Os histogramas anexos aos mapas, mostram um padrão de distribuição assimétrico lognormal bi ou polimodal para a maioria dos elementos e unimodal para Al, Ca, Fe, Hf, In, K, Li, Mg, Se, e Ti.

Tabela 9: Parâmetros estatísticos das amostras de sedimento de corrente (ppm)

(Continuação)								
Elemento	Valores < Lim Detec	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média (x)	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	Anomalia de 2ª Ordem ( $x + \sigma$ )	Anomalia de 1ª Ordem ( $x + 2\sigma$ )	Norma CETESB 195/2005
Ag	6	0,001	0,049	0,0165	0,0126	0,0291	0,0417	2
Al	0	200	18700	6293	5740,81	12034	17775	
As	10	0,05	14,1	2,86	3,74	6,60	10,34	15
Au	23	0,0001	0,0436	0,0011	0,005	0,0061	0,0111	
B	10	0,5	11	1,42	1,47	2,89	4,37	
Ba	20	0,25	90,2	23,89	25,26	49,15	74,41	150
Be	25	0,05	1,5	0,46	0,46	0,93	1,39	
Bi	11	0,01	0,37	0,118	0,11	0,22	0,33	
Ca	31	5	1600	274	335	609	943	
Cd	31	0,005	0,09	0,022	0,02	0,04	0,06	1,3
Ce	0	0,2	68,2	23,20	23,14	46,35	69,49	
Co	21	0,05	21,8	4,35	4,93	9,28	14,20	25
Cr	0	0,9	39,8	16,79	10,91	27,70	38,61	75
Cs	0	0,01	3,79	0,76	0,78	1,54	2,32	
Cu	0	0,31	19,5	6,35	5,68	12,03	17,71	60
Fe	0	100	45800	11919	11581	23500	35081	
Ga	0	0,2	9,3	2,60	1,94	4,55	6,49	
Ge *	68	0,05	0,1	0,0533	0,0126	0,066	0,078	
Hf	19	0,01	0,3	0,0736	0,0611	0,135	0,196	
Hg	0	0,017	0,402	0,0836	0,0567	0,140	0,197	0,5
In	23	0,01	0,05	0,0224	0,0117	0,034	0,046	
K	31	50	2600	476	496	972	1467	
La	24	0,25	31,2	10,57	10,32	20,89	31,21	
Li	15	0,05	25,6	6,39	6,99	13,39	20,38	
Mg	30	50	5600	1135	1257	2392	3649	
Mn	10	0,5	831	118	191	309	500	
Mo	0	0,03	1,08	0,23	0,22	0,45	0,68	30
Na	29	5	5680	152	723	874	1597	
Nb	1	0,01	0,63	0,19	0,17	0,36	0,53	
Ni	0	0,1	29,8	6,19	6,90	13,09	20,00	
P	2	5	630	91	107	198	305	
Pb	0	0,61	22,87	8,96	7,39	16,35	23,74	72
Pt *	64	0,001	0,002	0,0011	0,0003	0,0014	0,0018	
Rb	18	0,05	18,5	5,46	5,52	10,98	16,51	
Re *	61	0,0005	0,001	0,0006	0,0002	0,0008	0,0009	
S	30	5	16900	1132	2969	4101	7070	
Sb	13	0,01	0,47	0,06	0,07	0,12	0,19	
Sc	0	0,1	5,9	2,20	1,91	4,11	6,02	
Se	17	0,05	0,6	0,22	0,15	0,37	0,52	5
Sn	0	0,2	7,6	0,86	1,21	2,07	3,28	
Sr	29	0,25	34,3	7,23	7,93	15,16	23,09	
Te *	58	0,01	0,04	0,013	0,01	0,02	0,03	
Th	0	0,3	11,7	5,01	3,39	8,40	11,78	

(Conclusão)

Elemento	Valores < Lim Detec	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média (x)	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	Anomalia de 2ª Ordem ( $x + \sigma$ )	Anomalia de 1ª Ordem ( $x + 2\sigma$ )	Norma CETESB 195/2005
Ti	0	20	160	65,867	32,760	98,63	131,39	
Tl *	33	0,01	0,16	0,064	0,056	0,120	0,176	
U	26	0,05	3,8	0,962	1,03	1,99	3,02	
V	13	1	75	21	18	39	56	
Y	0	0,02	18,96	5,90	6,35	12,25	18,59	
Zn	0	0,3	82,9	18,96	20,33	39,29	59,62	300
Zr	0	0,1	8,4	2,69	1,93	4,62	6,55	

Obs.: Elementos em itálico possuem resultados de água e de sedimento para o mesmo ponto.

\* Elementos com menos de 20% de resultados acima do limite de detecção.

Fonte: Norma CETESB 195 – Valores de Prevenção ( $\text{mg.kg}^{-1}$  / peso seco) para solo.

### 6.1.3.2 Elementos analisados

#### Ag – Prata

A Prata mostra distribuição bastante homogênea na porção sul do rio Guamá e ocorrências pontuais a norte, apresentando teor médio de 16,5 ppb (Anexo A, Mapa 49). Anomalias de 2ª ordem ( $> 29,1$  ppb) ocorrem em três pontos bastante restritos na porção norte do rio Guamá, nos igarapés Barreto e Açai (Vigia) e Araxiteua (Santo Antonio do Tauá). Anomalia de 2ª ordem mais intensa ocorre na porção sul, nos igarapés Tracuateua, Progresso e Itapiocaba (Acará), que acabam por envolver as duas regiões de anomalias de 1ª ordem ( $> 41,7$  ppb) que ocorrem ao sul do rio Guamá, nos igarapés Araxiteua (Acará) e Abaeté (Abaetetuba).

#### Al – Alumínio

O Alumínio praticamente só ocorre na porção sul do rio Guamá, com exceção de duas regiões restritas nas proximidades de Vigia (Anexo A, Mapa 50). Praticamente todas as amostras existentes a norte do rio Guamá apresentam teores abaixo do limite de detecção. O teor médio é de 0,6293 %. Anomalias de 2ª ordem ( $> 1,2034$  %) ocorrem em dois pontos a norte do rio Guamá e em cinco regiões a sul. Nos igarapés Barreto e Braço do Guarimã (Vigia) e nos igarapés Guajará da Serrana (Barcarena), Araxiteua (Acará), Itaperaçu e Genipaúba (Bujaru), igarapés Progresso e Papuquara (Acará), e do rio Arienga ao rio Curuperé (Abaetetuba).

**As – Arsênio**

O Arsênio ocorre de forma heterogênea e pontual preferencialmente na porção sul do rio Guamá, com teor médio de 2,86 ppm (Anexo A, Mapa 51). Quatro porções a sul do rio Guamá, apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 6,60$  ppm), nos igarapés Jaguaraúna (Moju), Itaperaçu (Bujaru), Belém (Acará) e Papuquara (Acará). Oito anomalias de 1ª ordem ocorrem de forma restrita na região, sendo as duas primeiras na porção norte do rio Guamá, nos igarapés Barreto (Vigia) e rio Maguari (Santa Izabel). As seis ao sul encontram-se nos igarapés Guajará-Açu e Igarapezinho (Bujaru), Genipaúba, Jambuaçu e Icanhuçu (Moju), e Guajará do Béja (Abaetetuba).

**Au – Ouro**

O Ouro ocorre de forma pontual (Anexo A, Mapa 52) em quatro pequenas manchas com teores acima do teor médio de 1,1 ppb, no Rio Itá (Santa Izabel), no Braço do Guarimã (Vigia) e nos igarapés Jambuaçu e Urubuputanga (Moju). Uma anomalia conjugada de 2ª ( $> 6,1$  ppb) e de 1ª ordem ( $> 11$  ppb) foi detectada no igarapé Caeté (Moju).

**B - Boro**

O Boro se comporta de forma homogênea na porção sul do rio Guamá e ocorre apenas em duas pequenas regiões próximas a Vigia a norte do rio Guamá, com teores acima do valor médio de 1,42 ppm (Anexo A, Mapa 53). Uma anomalia de 2ª ordem ( $> 2,89$  ppm) foi detectada no Ig. Guajará-Miri (Bujaru). Duas anomalias de 1ª ordem ( $> 4,37$  ppm) ocorrem nos igarapés Guajará do Béja (Abaetetuba) e Barreto (Vigia). Praticamente todos os teores da porção a norte do rio Guamá são abaixo do limite de detecção.

**Ba – Bário**

O Bário apresenta-se de forma muito homogênea na porção sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 54), com a maioria dos teores acima do valor médio de 23,89 ppm enquanto na porção norte, ocorrem quase que somente teores abaixo do limite de detecção, exceto em dois igarapés de Vigia, o Braço do Guarimã e o Barreto, que apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 49,15$  ppm). Outras três regiões a sul do rio Guamá, apresentam anomalias de 2ª ordem, nos igarapés Açu e Itaperaçu (Bujaru) e Araxiteua (Acará). Quatro regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 74,41$

ppm) ocorrem nos igarapés Foz do Caraparu (Santa Izabel), Itapiocaba (Acará), Arapiranga, Abaeté e Curuperé (Abaetetuba).

### **Be - Berílio**

O Berílio ocorre também de forma totalmente segmentada (Anexo A, Mapa 55), com quase todas as amostras da porção sul do rio Guamá com teores acima do valor médio de 0,46 ppm, concentrando todas as anomalias de 1ª ordem. Na porção norte, quase todos os teores se encontram abaixo do limite de detecção, com apenas duas amostras próximas a Vigia apresentando valores, e uma anomalia de 2ª ordem ( $> 0,93$  ppm) no Ig. Barreto. Na porção sul do rio Guamá, três regiões separadas apresentam anomalias de 2ª ordem, nos igarapés Jaguarauína (Moju), Jambuaçu (Acará) e Belém (Acará). Quatro regiões apresentam anomalias de 1ª ordem ( $> 1,39$  ppm), unidas por extensas regiões com anomalias de 2ª ordem, nos igarapés Guajará do Béja (Abaetetuba), Itapecuru (Acará), Guajará-Açu, Igarapezinho e Genipaúba (Bujaru).

### **Bi – Bismuto**

O Bismuto tem comportamento semelhante ao do Berílio, com quase todas as amostras da porção a sul do rio Guamá com teores acima do valor médio de 0,118 ppm (Anexo A, Mapa 56), concentrando todas as anomalias de 1ª ordem ( $> 0,330$  ppm). Na porção norte ocorrem teores abaixo do limite de detecção, com duas amostras próximas de Vigia apresentando valores, uma acima do background e outra configurando anomalia de 2ª ordem ( $> 0,220$  ppm), no Ig. Barreto. Outras três regiões restritas apresentam anomalias de 2ª ordem, nos igarapés Guajará do Béja (Abaetetuba), Jaguarauína e Jambuaçu (Moju). Praticamente todo o interflúvio entre os rios Acará e Guamá é formado por uma extensa anomalia de 2ª ordem e área de direção este-oeste nos igarapés Genipaúba e Igarapezinho (Bujaru) com anomalia de 1ª ordem. Na região do Ig. Itapicuru ocorre outra grande área com anomalia de 1ª ordem, circundada por outra de segunda.

### **Ca – Cálcio**

O Cálcio quase não ocorre na área, encontrando-se a maioria dos resultados bem abaixo do valor médio de 0,0274 % (Anexo A, Mapa 57). Três regiões restritas, com anomalias de 2ª ordem ( $> 0,0609\%$ ), ocorrem nos igarapés Açu e Guajará-Miri (Bujaru) e Jambuaçu (Moju). Outras quatro regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 0,0943\%$ ), ocorrem nos Ig. Barreto (Vigia),

na foz do Rio Caraparu (Santa Izabel), no Ig. Itapiocaba (Acará) e no igarapé Guajará do Béja (Abaetetuba).

### **Cd – Cádmi**

O Cádmi ocorre quase exclusivamente a sul do rio Guamá com teor médio de 0,022 ppm (Anexo A, Mapa 58), com exceção de pequena anomalia de 2ª ordem no Ig. Barreto (Vigia) na porção a norte do rio Guamá. Outras seis extensas regiões que apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 0,040$  ppm) ocorrem nos igarapés Açú, Guajará-Miri e Igarapezinho (Bujaru), igarapés Progresso e Jambuaçu (Acará), Cabresto (Barcarena) e igarapés Curuperé e Cataiandeu (Abaetetuba). Anomalias de 1ª ordem ( $> 0,060$  ppm) ocorrem na Foz do rio Caraparu (Santa Izabel), nos igarapés Jacarequara, Araxiteua e Papuquara (Acará), Belém (Bujaru) e Arapiranga (Barcarena).

### **Ce – Cério**

O Cério tem comportamento muito semelhante ao Cádmi, ocorrendo homogênea e preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 23,2 ppm (Anexo A, Mapa 59). Apenas uma pequena anomalia de 2ª ordem ( $> 46,35$  ppm) ocorre na porção norte do rio Guamá, no Ig. Barreto (Vigia). Todas as outras se encontram interligadas em grandes extensões de direção preferencial nordeste, nos igarapés Guajará-Açu, Igarapezinho, Itaperaçu e Baiquara (Acará) e Progresso e Guajará-Açu (Acará), e Jambuaçu (Acará). Duas regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 69,49$  ppm) ocorrem nos igarapés Itapecuru e Araxiteua (Acará).

### **Co – Cobalto**

O Cobalto tem comportamento semelhante ao Cério, ocorrendo homogênea e preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 4,35 ppm (Anexo A, Mapa 60). Apenas uma pequena anomalia de 2ª ordem ( $> 9,28$  ppm) ocorre na porção norte do rio Guamá, no Ig. Barreto (Vigia). Outras anomalias de 2ª ordem ocorrem em grandes extensões nos igarapés Abaeté e Guajará do Béja (Abaetetuba), Jambuaçu e Itapiocaba (Acará), Belém (Acará), Guajará-Açu, Genipaúba e Itaperaçu (Bujaru) e foz do Rio Caraparu (Santa Izabel). Duas regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 14,20$  ppm) ocorrem nos igarapés Progresso (Acará) e Igarapezinho (Bujaru).

### **Cr – Cromo**

O Cromo tem comportamento semelhante ao do Cobalto na área, ocorrendo homogênea e preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 16,79 ppm (Anexo A, Mapa 61). Apenas duas anomalias, uma de 2ª ordem ( $> 27,70$  ppm), no Ig. Barreto (Vigia) e uma de 1ª ordem (38,61 ppm) no Ig. Araxiteua (Santo Antônio do Tauá) ocorrem na porção norte. A porção a sul do rio Guamá exibe grandes regiões com anomalias de 2ª ordem, abrangendo praticamente toda a região entre Barcarena e Abaetetuba, os igarapés Guajará da Serrana (Barcarena), Jaguaraúna (Moju), Jambuaçu (Acará), e todo o interflúvio entre os rios Guamá e Acará (Acará e Bujaru), englobando os igarapés Genipaúba, Igarapezinho, Guajará-açu e Araxiteua do Acará.

### **Cs – Césio**

O Césio tem comportamento semelhante ao do Cromo na área, ocorrendo homogênea e preferencialmente na porção a sul do Rio Guamá, com teor médio de 0,76 ppm (Anexo A, Mapa 62). Apenas uma anomalia de 1ª ordem ( $> 2,32$  ppm) ocorre na porção norte, no Braço do Guarimã (Vigia). A porção a sul do rio Guamá apresenta extensas regiões com anomalias de 2ª ordem ( $> 1,54$  ppm), nos igarapés Genipaúba, Itaperacu e Igarapezinho (Acará e Bujaru), Mariquita (Acará), Papuquara (Acará) e Arapiranga (Barcarena). Extensa região no Ig. Jambuaçu envolve a anomalia de 1ª ordem do Ig. Tracuateua (Acará).

### **Cu – Cobre**

O Cobre se comporta de forma semelhante ao Césio, ocorrendo apenas na região a sul do rio Guamá, com teor médio de 6,35 ppm (Anexo A, Mapa 63). Apenas o Ig. Barreto (Vigia) apresenta anomalia de 1ª ordem ( $> 17,71$  ppm), bastante restrita. Todos os outros resultados da porção a norte do rio Guamá são abaixo do valor médio. Anomalias de 2ª ordem ( $> 12,03$  ppm) ocorrem nos igarapés Jaguaraúna (Moju), Jambuaçu (Acará) e Icanhaçu (Moju), Belém (Acará) e em uma grande extensão entre os rios Arienga e Curuperé (Barcarena e Abaetetuba). As outras anomalias de 2ª ordem envolvem e unem três grandes anomalias de 1ª ordem, com direção geral nordeste e leste, nos igarapés Genipaúba, Igarapezinho e Guajará-Açu (Bujaru) e Progresso (Acará).

**Fe – Ferro**

O Ferro ocorre por toda a área de trabalho, preferencialmente a sul do rio Guamá, com teor médio de 1,1919 % (Anexo A, Mapa 64). Três regiões apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 2,3500$  %), nos igarapés Guajará do Béja (Abaetetuba), Jambuaçu (Acará) e Guajará-Açu (Bujaru). Três regiões apresentam anomalias de 1ª ordem ( $> 3,5081$  %), nos igarapés Jardim (Vigia), Genipaúba (Bujaru) e Progresso (Acará).

**Ga - Gálio**

O Gálio se comporta aproximadamente de forma semelhante ao Cobre ocorrendo preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 2,60 ppm (Anexo A, Mapa 65). Cinco regiões apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 4,55$  ppm), nos igarapés Jardim, Guajará da Serrana (Barcarena), do igarapé Arapiranga ao Curuperé (Barcarena e Abaetetuba), Progresso (Acará) e na região dos igarapés Itaperaçu, Genipaúba e Igarapezinho (Bujaru), na região a sul do rio Guamá. Na porção norte, aparece uma pequena anomalia de 1ª ordem nos igarapés Açai e Triste (Vigia).

**Ge – Germânio**

O Germânio apresenta apenas 5 amostras com valor exatamente igual ao limite de detecção, não existindo quantidade representativa de amostras nem para análise estatística nem para representação em mapa.

**Hf – Háfnio**

O Háfnio se comporta de forma semelhante ao Cobre, ocorrendo preferencial e homoganeamente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,0736 ppm (Anexo A, Mapa 66). Sete zonas restritas, com anomalias de 2ª ordem ( $> 0,135$  ppm), ocorrem na porção sul do rio Guamá, nos igarapés Arapiranga (Barcarena), Mariquita e Belém (Acará), Itapecuru e Papuquara (Acará), Araxiteua (Acará), Guajará-Açu, Igarapezinho e Jacarequara (Bujaru). Duas anomalias de 1ª ordem ( $> 0,196$  ppm) ocorrem nos igarapés Açai (Vigia) e Jaguaraúna (Moju).

### **Hg – Mercúrio**

O Mercúrio tem comportamento semelhante ao do Cobre, com a maioria dos teores ocorrendo na porção sul do rio Guamá, com teor médio de 84 ppb (Anexo A, Mapa 67). Três regiões apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 140$  ppb), nos igarapés Jacarequara (Bujaru), Guajará da Serrana (Barcarena) e uma faixa unindo os igarapés Baiaquara (Bujaru) e Itapecuru (Acará). Dois pontos com anomalias de 1ª ordem ( $> 197$  ppb) ocorrem nos igarapés Tauassuí (Benevides) e Abaeté (Abaetetuba).

### **In – Índio**

O Índio tem um comportamento semelhante ao do Cromo, com a maioria dos teores na porção a sul do rio Guamá, mas que também ocorrem na porção a norte, com teor médio de 0,0224 ppm (Anexo A, Mapa 68). Cinco extensas zonas apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 0,034$  ppm), nos igarapés Arapiranga ao Curuperé (Barcarena e Abaetetuba), Jaguarauína e Guajará da Serrana (Moju e Barcarena), Tracuateua (Acará), unindo as regiões dos igarapés Belém, Mariquita, Bucaia, Araxiteua e Guajará-Açu (Acará e Bujaru) e no Ig. Jardim (Vigia). Três regiões apresentam anomalias de 1ª ordem ( $> 0,046$  ppm), nos igarapés Açaí (Vigia), Igarapezinho (Bujaru) e Progresso (Acará).

### **K – Potássio**

O Potássio apresenta um comportamento semelhante ao do Alumínio, com uma distribuição homogênea e preferencial na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,0476 % (Anexo A, Mapa 69). Com exceção de duas amostras com anomalias de 2ª e 1ª ordem ( $> 0,0972$  e  $> 0,1467$  %), no Braço do Guarimã e no Ig. Jardim (ambos em Vigia), todos os outros teores são abaixo do limite de detecção a norte do rio Guamá. Quatro regiões a sul do Guamá apresentam anomalias de 2ª ordem nos igarapés, Guajará-Açu, Igarapezinho e Genipaúba (Bujaru), Progresso e Jambuaçu (Acará). Outra anomalia de 1ª ordem ocorre no Igarapé Guajará do Béja (Abaetetuba).

### **La – Lantânio**

O Lantânio apresenta comportamento muito semelhante ao Potássio, com uma distribuição homogênea e preferencial dos teores na região a sul do rio Guamá, com teor médio

de 10,57 ppm (Anexo A, Mapa 70). Quatro regiões apresentam anomalias de 2ª ordem (> 20,89 ppm), nos igarapés Jambuaçu (Acará), Belém (Acará), Jardim (Vigia) e na região dos igarapés Araxiteua (Acará), Igarapezinho e Itaperaçu (Bujaru). Uma extensa região que une as regiões dos igarapés Progresso e Itapecuru (Acará) à região do Ig. Guajara-Açu (Bujaru) engloba a anomalia de 1ª ordem (> 31,21 ppm) do Ig. Araxiteua (Acará).

### **Li – Lítio**

O Lítio se comporta de forma extremamente semelhante ao Lantânio, com distribuição homogênea e preferencialmente distribuída pela porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 6,39 ppm (Anexo A, Mapa 71). Quatro regiões apresentam anomalias de 2ª ordem (> 13,39 ppm) do Ig. Arapiranga até o Ig. Curuperé (Abaetetuba), e nos igarapés Jambuaçu (Acará), Progresso e Itapecuru (Acará) e braço do Guarimã (Vigia). Outra extensa anomalia de 2ª ordem, abrangendo quase todo o interflúvio entre os rios Guamá e Acará, engloba grande anomalia de 1ª ordem (> 20,38 ppm) nos igarapés Genipaúba e Igarapezinho (Bujaru), enquanto a outra ocorre de forma muito localizada no Ig. Jardim (Vigia).

### **Mg – Magnésio**

O Magnésio se comporta como o Potássio, com distribuição homogênea e preferencialmente ocorrendo na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,1135 % (Anexo A, Mapa 72). Com exceção de um teor acima do valor médio e uma anomalia de 1ª ordem (> 0,3649 %) no Ig. Jardim (Vigia), todos os outros valores na região a norte do rio Guamá são abaixo do limite de detecção. Duas regiões apresentam anomalias de 2ª ordem (> 0,2392 %), nos igarapés Jambuaçu (Acará) e Itapiocaba e Araxiteua (Acará). Duas anomalias de 1ª ordem ocorrem nos igarapés Guajará do Béja (Abaetetuba) e Igarapezinho e Genipaúba (Bujaru).

### **Mn – Manganês**

O Manganês possui uma distribuição irregular, embora ocorra preferencialmente na região a sul do rio Guamá, com teor médio de 118 ppm (Anexo A, Mapa 73). Três regiões apresentam anomalias conjugadas de 2ª (> 309 ppm) e 1ª ordem (> 500 ppm), em grandes extensões, unindo a foz do Caraparu (Santa Izabel), e os igarapés Guajará-Miri e Genipaúba (Bujaru) e unindo os

igarapés Itapiocaba e Papuquara / Progresso (Acará). Outra pequena anomalia de 1ª ordem ocorre no Ig. Icanhuçu, nas proximidades da zona urbana de Moju.

### **Mo – Molibdênio**

O Molibdênio se distribui ao longo de toda região trabalhada, em áreas um pouco mais extensas a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,23 ppm (Anexo A, Mapa 74). Quatro pequenas regiões apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 0,45$  ppm) no rio Maguari (Santa Izabel), no Igarapezinho (Bujaru), no Ig. Jambuaçu (Moju) e no Ig. Jardim (Vigia). Anomalias de 1ª ordem (0,68 ppm) ocorrem nos igarapés Araxiteua (Santo Antônio do Tauá), Guajará-Açu (Bujaru), Guajará da Serrana (Barcarena) e Guajará do Béja (Abaetetuba).

### **Na – Sódio**

O Sódio praticamente não ocorre na área estudada (Anexo A, Mapa 75). Apenas duas amostras apresentam anomalias conjugadas de 2ª ( $> 0,0874$  ppm) e de 1ª ordem ( $> 0,1597$  ppm), nos igarapés Guajará do Béja (Abaetetuba) e Jardim (Vigia). Todos os outros pontos amostrados apresentaram resultados abaixo do teor médio de 0,0152 ppm.

### **Nb – Nióbio**

O Nióbio possui comportamento semelhante ao Cobre, ocorrendo homogênea e preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,19 ppm (Anexo A, Mapa 76). Sete pequenas regiões apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 0,36$  ppm), nos igarapés Jardim (Vigia), Foz do rio Caraparu (Santa Izabel), Jacarequara, Igarapezinho e Açu (Bujaru), Jaguaraúna (Moju) e Guajará da Serrana (Barcarena). As duas anomalias de 1ª ordem ( $> 0,53$  ppm) ocorrem acompanhadas por extensas zonas com anomalias de 2ª ordem nos igarapés Papuquara (Acará) e Arapiranga (Abaetetuba).

### **Ni – Níquel**

O Níquel se comporta de forma semelhante ao Cobre e ao Cromo, distribuindo-se homogênea e preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 6,19 ppm (Anexo A, Mapa 77). Quatro regiões com anomalias de 2ª ordem ( $> 13,09$  ppm) ocorrem nos igarapés Jardim (Vigia), Arapiranga e Guajará do Béja (Abaetetuba), Jambuaçu (Acará) e Belém

(Acará). As duas zonas com anomalias de 1ª ordem ( $> 20$  ppm) são acompanhadas por extensas regiões de anomalias de 2ª ordem, ao redor dos igarapés Itapicuru (Acará) e Igarapezinho (Bujaru).

### **P – Fósforo**

O Fósforo se comporta de maneira heterogênea, mas ocorre preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,0091 % (Anexo A, Mapa 78). Quatro regiões restritas apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 0,0198$  %), nos igarapés Icanhaçu e rio Ubá (Moju), Ig. Itapiocaba (Acará), Ig. Cabresto (Barcarena) e Ig. Guajará-Miri e foz do Rio Caraparu (Bujaru e Santa Izabel). Três anomalias de 1ª ordem ( $> 0,0305$  %) ocorrem nos igarapés Jardim (Vigia), Baiquara (Acará) e Guajará do Béja (Abaetetuba).

### **Pb - Chumbo**

O Chumbo se comporta de forma homogênea com teores ocorrendo preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 8,96 ppm (Anexo A, Mapa 79). Quatro extensas regiões com anomalias de 2ª ordem ( $> 16,35$  ppm) ocorrem do igarapé Arapiranga ao Curuperé (Abaetetuba), igarapés Tracuateua e Jambuaçu (Moju), Belém (Acará) e Jardim (Vigia). Duas extensas regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 23,74$  ppm) ocorrem ladeadas por anomalias de 2ª ordem, nos igarapés Genipaúba e Igarapezinho (Bujaru) e no Ig. Progresso (Acará).

### **Pt – Platina**

Apenas nove valores de Platina, exatamente no valor do limite de detecção, ocorrem em toda a área, não sendo possível se efetuar quaisquer análises estatísticas ou de representação em mapa.

### **Rb – Rubídio**

O Rubídio se comporta exatamente igual ao Berílio, com quase todos os resultados ocorrendo na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 5,46 ppm (Anexo A, Mapa 80). Três extensas regiões com anomalias de 2ª ordem ( $> 10,98$  ppm), ocorrem nos igarapés Jambuaçu (Moju), Itapicuru (Acará) e entre os igarapés Araxiteua (Acará) e Guajará-Açu (Bujaru). Três regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 16,51$  ppm) ocorrem nos igarapés Jardim (Vigia),

Igarapezinho (Bujaru) e Guajará do Béja (Abaetetuba), sendo as duas últimas ladeadas por extensas regiões com anomalias de 2ª ordem.

### **Re – Renânio**

Apenas 12 valores de Renânio, exatamente no valor do limite de detecção, ocorrem em toda a área, não sendo possível se efetuar quaisquer análises estatísticas ou de representação em mapa.

### **S – Enxofre**

O Enxofre se comporta de forma extremamente heterogênea, mas preferencialmente na porção a sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 81). Com exceção da amostra do Ig. Jardim (Vigia) que apresenta anomalia de 2ª ordem ( $> 0,4101$  ppm), todas as outras amostras encontram-se abaixo do teor médio de  $0,1132$  ppm e próximas do limite de detecção. Uma área no Ig. Jaguaraúna (Moju) apresenta anomalia de 2ª ordem. Quatro outros pontos apresentam anomalias de 1ª ordem ( $> 0,707$  ppm), nos igarapés Guajará-Açu (Bujaru), Guarajará da Serrana (Barcarena), Jambuaçu (Moju) e Guajará do Béja (Abaetetuba).

### **Sb – Antimônio**

O Antimônio se comporta de forma irregular, mas, preferencialmente com a maioria dos teores na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de  $0,06$  ppm (Anexo A, Mapa 82). Uma região apresenta anomalias de 2ª ordem ( $> 0,12$  ppm) no Igarapé Araxiteua (Santo Antônio do Tauá). Três regiões apresentam anomalias de 1ª ordem ( $> 0,19$  ppm) nos igarapés Tauassuí (Benevides), Caeté (Moju) e Mirindeua (Acará).

### **Sc – Escândio**

O Escândio ocorre de forma mais homogênea e se distribui preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de  $2,2$  ppm (Anexo A, Mapa 83). Onze regiões de tamanhos variados apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 4,11$  ppm), nos igarapés Jardim e braço do Guarimã (Vigia), Guajará-Açu (Bujaru), Jaguaraúna (Moju), Guajará da Serrana (Barcarena), Jambuaçu (Acará), Icanhaçu (Moju) e a extensa região entre os igarapés Arapiranga e Curuperé (Barcarena e Abaetetuba). As outras três regiões possuem valores mais elevados, mas não

chegam a configurar anomalias de 1ª ordem ( $> 6,02$  ppm) e ocorrem nos igarapés Belém e Mariquita (Acará), Igarapezinho (Bujaru) e Araxiteua (Acará).

#### **Se – Selênio**

O Selênio se comporta de forma semelhante ao Molibdênio, heterogeneamente distribuído por toda a área, embora as anomalias de 1ª ordem ( $> 0,52$  ppm) ocorram apenas na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,22 ppm (Anexo A, Mapa 84). Nove regiões de tamanhos variados apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 0,37$  ppm), nos igarapés Jardim (Vigia), Araxiteua (Santo Antônio de Tauá), Rio Maguari (Benevides), Igarapezinho (Bujaru), Belém (Acará), Jambuaçu (Acará), Jaguaraúna (Moju) e Curuperé (Abaetetuba). Três regiões apresentam anomalias de 1ª ordem nos igarapés Guajará da Serrana (Barcarena), Genipaúba e Guajará-Açu (Bujaru).

#### **Sn – Estanho**

O Estanho ocorre de forma heterogênea ao longo de toda a área, com maior quantidade de amostras com teores acima do teor médio de 0,86 ppm na porção sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 85). Três anomalias conjugadas de 2ª ( $> 2,07$  ppm) e 1ª ordem ( $> 3,28$  ppm) ocorrem unindo os rios Tauassuí (Benevides) e Maguari (Santa Izabel), no Ig. Caeté (Moju) e no Ig. Mirindeua (Acará).

#### **Sr – Estrôncio**

O Estrôncio mostra um comportamento semelhante ao Cobre, com quase todas as amostras com resultados acima do teor médio de 7,23 ppm ocorrendo na porção a sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 86). Quatro regiões com anomalias de 2ª ordem ( $> 15,16$  ppm) ocorrem na Foz do rio Caraparu (Santa Izabel), no Igarapezinho (Bujaru), no Ig. Baiquara (Acará) e na faixa que une os igarapés Itapiocaba, Araxiteua (Acará) e Guajará-Açu (Bujaru). Três regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 23,09$  ppm) ocorrem nos igarapés Jardim (Vigia), Jambuaçu (Acará) e Guajará do Béja (Abaetetuba).

**Te – Telúrio**

O Telúrio apresentou apenas 15 resultados positivos, sendo 12 exatamente o limite de detecção, não possuindo representatividade para execução de interpretações estatísticas ou representação em mapa.

**Th – Tório**

O Tório possui comportamento semelhante ao Cobre, com a grande maioria dos teores acima do valor médio de 5,01 ppm homogeneamente distribuídos pela região a sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 87). Seis regiões de dimensões variáveis apresentam resultados anômalos de 2ª ordem ( $> 8,4$  ppm), nos igarapés braço do Guarimã (Vigia), Jaguarauína, Icanhaçu e Jambuaçu (Moju), Belém e Mariquita (Acará) e praticamente todo o interflúvio entre os rios Acará e Guamá (Bujaru e Acará). Apenas uma região com anomalia de 1ª ordem ( $> 11,78$  ppm) ocorre no Ig. Progresso (Acará).

**Ti – Titânio**

O Titânio já não possui distribuição tão homogênea quanto o Tório, distribuindo-se ao longo de toda a área, embora a maioria dos teores ocorram na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 0,0066 % (Anexo A, Mapa 88). Cinco regiões com anomalias de 2ª ordem ( $> 0,099$  %) ocorrem nos igarapés Cabresto (Moju), Baiquara e Itapicuru (Acará), Itapiocaba (Acará), Jacarequara e Guajará-Miri (Bujaru) e foz do rio Caraparu (Santa Izabel). Quatro regiões apresentam anomalias de 1ª ordem ( $> 0,013$  %), nos igarapés Araxiteua (Santo Antônio de Tauá), Igarapé Açú (Bujaru), rio Ubá (Moju) e unindo os igarapés Camurituba e Caeté (Moju).

**Tl – Tálíio**

O Tálíio se mostrou presente apenas em 38 amostras com teores muito baixos, não possuindo representatividade para interpretações estatísticas ou representações gráficas.

**U – Urânio**

O Urânio possui comportamento semelhante ao do Cobre, com a maioria dos teores a norte do rio Guamá abaixo do limite de detecção e a sul com a maioria acima do valor médio de 0,962 ppm (Anexo A, Mapa 89). Sete pequenas regiões apresentam anomalias de 2ª ordem ( $>$

1,99 ppm), nos igarapés Jardim (Vigia), Jacarequara e Baiquara (Acará), Igarapezinho (Bujaru), Belém (Acará), Guajará da Serrana (Barcarena) e Guajará do Béja (Abaetetuba). Duas regiões restritas apresentam anomalias de 1ª ordem ( $> 3,02$  ppm) nos igarapés Jambuaçu (Moju) e Jaguaraúna (Moju). Uma extensa região, com direção nordeste, apresenta grande anomalia de 1ª ordem envolta por uma de 2ª ordem, indo do igarapé Progresso (Acará), a sudoeste, até o igarapé Guajará-Açu (Bujaru) a nordeste.

#### **V – Vanádio**

O Vanádio possui comportamento homogêneo distribuindo-se por toda a área, apesar dos valores acima do teor médio de 21 ppm ocorrerem com maior frequência na porção a sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 90). Oito regiões apresentam anomalias de 2ª ordem ( $> 39$  ppm), sendo seis com áreas restritas nos igarapés Jardim (Vigia), Itaperaçu (Bujaru) Igarapezinho (Bujaru), Guajará da Serrana (Barcarena), Jambuaçu (Moju) e Papuquara (Acará), entre os igarapés Arapiranga e Curupeté (Abaetetuba) e em longa faixa com sentido norte-sul englobando os igarapés Mariquita (Acará) e Guajará-Açu (Bujaru). Três regiões com anomalias de 1ª ordem ( $> 56$  ppm) ocorrem nos igarapés Araxiteua (Santo Antônio do Tauá), rio Maguari (Santa Izabel) e Genipaúba (Moju), sendo o elemento que possui mais valores anômalos de 1ª ordem na porção a norte do rio Guamá do que na porção sul.

#### **Y – Ítrio**

O Ítrio já apresenta comportamento mais homogêneo, preferencialmente na porção a sul do rio Guamá, com teor médio de 5,90 ppm (Anexo A, Mapa 91). Seis regiões de extensões diversas ocorrem com anomalias de 2ª ordem ( $> 12,25$  ppm) nos igarapés Jardim (Vigia), Guajará do Béja (Abaetetuba), Jaguaraúna (Moju), Jambuaçu (Acará), Belém (Acará) e no interflúvio entre os rios Guamá e Acará, unindo os igarapés Araxiteua (Acará), Igarapezinho (Bujaru) e Itaperaçu (Bujaru). Apenas uma região apresenta anomalia de 1ª ordem ( $> 18,59$  ppm), nos igarapés Itapicuru e Progresso (Acará), repetindo a faixa com direção NE do Vanádio, com anomalias de 2ª ordem até o rio Genipaúba (Bujaru).

### **Zn – Zinco**

O Zinco possui comportamento semelhante ao Cobre, com a maioria das amostras com resultados acima do teor médio de 18,96 ppm ocorrendo na porção a sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 92). Duas regiões com anomalias de 2ª ordem (> 39,29 ppm) ocorrem nos igarapés Jardim (Vigia) e Arapiranga (Barcarena) e Guajará do Béja (Abaetetuba). Outras duas regiões, mais extensas, apresentam anomalias de 1ª ordem (> 59,62 ppm) unindo os igarapés Genipaúba (Bujaru) e Igarapezinho (Bujaru) e na região do Ig. Itapicuru (Acará), acompanhada de extensa região com anomalias de 2ª ordem.

### **Zr – Zircônio**

O Zircônio tem comportamento muito semelhante ao Zinco, com a grande maioria dos valores acima do teor médio de 2,69 ppm ocorrendo na porção a sul do rio Guamá (Anexo A, Mapa 93). Cinco regiões com anomalias de 2ª ordem (4,62 ppm) ocorrem na porção sul, de forma bastante restrita, nos igarapés Curuperé (Abaetetuba), Arapiranga (Barcarena) e Guajará do Béja (Abaetetuba), Jaguaraúna (Moju), Jacarequara e Igarapezinho (Bujaru). A anomalia de 1ª ordem (> 6,55 ppm) do igarapé Papuquara (Acará) se encontra em longa faixa NE, semelhante a do Vanádio, que se estende até o Ig. Guajará-Açu (Bujaru).

## **6.2 ASPECTOS BIOMÉDICOS E DE SAÚDE PÚBLICA**

Não foi observada nenhuma correlação nítida entre um aumento de casos de morbidade, retirados do DATASUS, nos municípios onde foram encontradas anomalias ou teores acima do valor máximo permitido pela legislação de vários elementos. Ficou claro, através desta análise inicial, que qualquer estudo neste sentido precisa necessariamente ter o apoio de um profissional da área da saúde trabalhando em conjunto com o geocientista.

No entanto, pode-se tentar melhor avaliar o risco que corre a população usando o conceito sugerido do Teor de Exposição. Como uma tentativa preliminar de avaliação deste risco, foi montada a Tabela 10, que caracteriza os 18 municípios paraenses onde foram encontrados teores elevados de algum elemento ou de mais de dois elementos simultaneamente. Com exceção do Bário, cujos teores encontrados estão dentro dos limites permitidos, os demais teores acima dos

limites permitidos pela legislação encontram-se listados. Os dados censitários utilizados, como população e domicílios servidos pela rede d'água, foram retirados do banco de dados do DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde, por município, que por sua vez, baseiam-se no Censo do IBGE de 2000. O pH foi medido na hora da coleta da amostra e os dados logísticos do poço ou sistema de abastecimento foram levantados com os responsáveis atuais pela manutenção e distribuição do sistema. Nem sempre o perfil de sondagem foi encontrado. Para os locais onde não se obteve a data de início da distribuição, foi assumido o ano 2000 como base. Para todos os municípios, o ano da coleta das informações (2005), foi considerado como o último ano do intervalo de tempo avaliado na distribuição.

Tabela 10: Caracterização dos municípios do nordeste do Pará com presença nociva de elementos químicos em sua rede de abastecimento público (teores em mg/L)

Sedes Municipais	Al	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Ba*	Fe
Augusto Corrêa	1,800	0,002	1,450	0,050	0,254	-	-	0,392
<b>Barcarena / Cabanos</b>	-	-	-	-	-	0,190	0,163	4,300
Bonito	0,300	0,001	0,958	0,020	-	-	-	-
Bragança	0,300	-	0,349	0,020	-	-	-	-
Cachoeira do Piriá	0,400	0,002	1,360	0,030	0,202	-	-	-
Capitão Poço	0,400	0,001	0,542	0,010	-	-	-	-
Castanhal	0,300	-	0,269	0,010	-	-	-	-
Curuçá	0,200	0,001	0,374	0,010	-	-	-	-
Irituia	0,800	0,002	0,709	0,010	-	0,201	-	-
<b>Moju</b>	-	-	0,071	-	-	0,149	0,141	6,660
Nova Timboteua	0,200	-	0,271	-	-	-	-	0,318
Ourém	0,300	0,001	0,850	0,010	-	-	-	-
Primavera	0,100	-	0,249	0,010	-	-	-	-
Santarém Novo	0,100	-	0,337	0,010	-	-	-	-
São João de Pirabas	0,800	-	-	-	-	-	-	-
São Miguel do Guamá	0,800	-	-	-	-	0,164	-	0,538
Terra Alta	0,100	-	0,051	0,020	-	-	-	2,140
Tracuateua	0,100	-	0,387	0,010	-	-	-	-

Obs.: \*Ba = conteúdos de Bário estão dentro do limite permitido (estão indicados apenas os valores anômalos)  
Municípios em negrito localizam-se dentro da Folha Belém.

Tabela 11: Caracterização dos municípios do nordeste do Pará com população, percentual de domicílios abastecidos pela rede de água, pH, profundidade do poço ou sistema de poços amostrados, ano da perfuração, vazão atual, executor, responsável atual pelo abastecimento e número de poços reunidos no sistema amostrado.

Sedes Municipais	População (2000)	Casas c/ Rede de água (%)	pH	Prof. Poço (m)	Ano de Perfuração	Vazão (l/h)	Num de poços/ Executor / Resp. pelo Abastecimento
Augusto Corrêa	33011	38,9%	5,0	10	1986		Cosanpa
<b>Barcarena / Cabanos</b>	74120	26,4%	5,3	190	1993	160000	Cosanpa
Bonito	9814	42,4%	5,0	40	2000		4 Poços / Prefeitura
Bragança	93779	44,0%	4,5	1	2000		Igarapé Chumucui / Cosanpa
Cachoeira do Piriá	15437	15,6%	5,0	30	2003		4 Poços / Prefeitura
Capitão Poço	49769	33,1%	5,0	18	1987	240000	22 Poços / Cosanpa
Castanhal	134496	42,1%	5,0	170	2003	200000	Cosanpa
Curuçá	26160	60,0%	4,5	24	1983	150000	Funasa / SAAE
Irituia	30518	37,1%	4,5	12	1969		14 poços / Funasa / Prefeitura
<b>Moju</b>	52941	17,3%	6,2	120	2003		FEMAC/Geosolo – Cosanpa
Nova Timboteua	11406	61,5%	5,0	30	1982	72000	Cosanpa
Ourém	14397	25,6%	4,5	40	1981		Cosanpa / 22 poços
Primavera	9718	51,3%	7,5	75	2000		FSESP / SAAE / 4 poços
Santarém Novo	5434	57,6%	4,5	22	1980		Cosanpa / Prefeitura – 6 poços
São João de Pirabas	17484	45,8%	5,0	100	1980		Prefeitura
São Miguel do Guamá	41366	28,4%	5,0	16	1973	71000	Funasa / SAAE / 7 poços
Terra Alta	8261	67,9%	5,0	30	1988	12000	Cosanpa / Prefeitura
Tracuateua	22743	18,9%	5,0	9	2000		27 poços / Cosanpa

Observações: Dados de população e percentual de domicílios servidos pela rede d'água retirados do banco de dados do DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde, por município.

Demais dados coletados no campo, através de medições e informações verbais e, raramente dos boletins de sondagem dos poços.

Foram selecionados os municípios com concentrações elevadas de um determinado elemento ou a ocorrência de mais de dois elementos simultaneamente.

2000 = ano base estimado para cálculo do tempo de exposição onde esta informação não foi obtida.

Municípios em negrito localizam-se dentro da Folha Belém.

Como os dados são interdependentes, é necessária uma interpretação conjunta do teor encontrado, aplicado à população servida durante o tempo total de exposição onde, nem sempre as regiões com maiores teores mostram o maior risco potencial.

A tabela 12 nos mostra que, um morador da cidade de Augusto Correa ao ingerir 2 litros de água durante os 19 anos da distribuição, foi exposto a um total de 20,112 gramas de Pb total. Para o Pb, a taxa máxima de absorção para adultos situa-se na faixa de 20%, chegando a 50% nas crianças. Utilizando o número máximo dos adultos, este morador exemplificado já poderia ter acumulado em seu organismo pouco mais de 4 gramas de Pb.

Tabela 12: Estimativa preliminar da quantidade e do tempo de exposição da população aos elementos nocivos disponíveis em água do sistema de abastecimento público.

Sedes Municipais	População Exposta	Tempo de Exposição (anos)	Quantidade de elementos a que a População foi exposta (g)							
			Al	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Ba*	Fe
Augusto Corrêa	12841	19	24,966	0,028	20,112	0,694	3,523	0	0	5,437
<b>Barcarena / Cabanos</b>	19568	12	0	0	0	0	0	1,664	1,428	37,668
Bonito	4161	5	1,095	0,004	3,497	0,073	0	0	0	0
Bragança	41263	5	1,095	0	1,274	0,073	0	0	0	0
Cachoeira do Piriá	2408	2	0,584	0,003	1,986	0,044	0,295	0	0	0
Capitão Poço	16474	18	5,256	0,013	7,122	0,131	0	0	0	0
Castanhal	56623	2	0,438	0	0,393	0,015	0	0	0	0
Curuçá	15696	22	3,212	0,016	6,006	0,161	0	0	0	0
Irituia	11322	36	21,024	0,053	18,633	0,263	0	5,282	0	0
<b>Moju</b>	9159	2	0	0	0,104	0	0	0,218	0,206	9,724
Nova Timboteua	7015	23	3,358	0	4,550	0	0	0	0	5,339
Ourém	3686	24	5,256	0,018	14,892	0,175	0	0	0	0
Primavera	4985	5	0,365	0	0,909	0,037	0	0	0	0
São João de Pirabas	8008	25	14,600	0	0	0	0	0	0	0
São Miguel do Guamá	11748	32	18,688	0	0	0	0	3,831	0	12,568
Terra Alta	5609	17	1,241	0	0,633	0,248	0	0	0	26,557
Tracuateua	4298	5	0,365	0	1,413	0,037	0	0	0	0

Observações:

População exposta corresponde à população servida pela rede d'água.

Tempo de exposição calculado a partir da data da perfuração do poço, em anos.

Para os poços sem data confirmada foi utilizado o ano 2000 como base para os cálculos

Para o cálculo da quantidade de metal a que a população foi exposta ao longo do tempo de exposição foi utilizada uma ingestão média diária de 2 litros de água.

Nem todo conteúdo metálico está disponível e cada metal tem um índice específico de absorção pelo organismo, variáveis que não estão sendo consideradas neste trabalho.

No entanto, nos estudos comerciais de produtos contendo elementos químicos nocivos, é utilizado o fator 100% como taxa de absorção para efeito deste cálculo (KORRE 2002), representando um cenário de caso mais grave. A taxa  $DL_{50}$  é obtida em estudos científicos de verificação de causa-resposta de efeitos tóxicos de um elemento sobre uma população cobaia. Quando metade desta população, geralmente animal e submetida à absorção do elemento estudado em diferentes vias e em determinada concentração, morre, chega-se à taxa  $DL_{50}$ . Esta taxa é uma estimativa grosseira da toxicidade de um elemento ou composto, mas baliza a periculosidade de cada um deles e fornece uma ordem de grandeza numérica que pode ser comparada. A taxa  $DL_{50}$  de toxicidade do Pb é de 15 g, ou seja, metade da população testada morre ao ingerir 15 g de Pb. Usando o cenário exagerado dos estudos comerciais, nosso morador exemplificado já teria ultrapassado este limite.

O caso do Chumbo foi verificado inicialmente devido à alta concentração encontrada na região estudada, tendo características geogênicas (MACAMBIRA; VIGLIO 2006a e b). Os elementos traço essenciais em humanos presentes na tabela 12, como Cu (0,694 g), Fe (37,668 g), Mn (5,282 g) e Zn (3,523 g) mostram uma exposição em níveis 694, 627, 26410 e 106 vezes maior que a concentração média encontrada no corpo humano. Apesar de não essencial, a concentração de Cd (0,053 g) é 75 vezes maior que a encontrada normalmente no corpo humano. Não foram encontrados dados para Alumínio e Bário, mas todos estes elementos merecem detalhamento semelhante ao feito com o Chumbo.

## 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 7.1 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Os sistemas de abastecimento público amostrados geralmente são constituídos de poços tubulares que, em sua quase totalidade, apresentam profundidades inferiores a 100 metros. As unidades sedimentares representadas pelo Grupo Barreiras, Formação Itapecuru, Arenito Guamá e Aluviões Quaternários constituem os maiores aquíferos da região, em razão de sua grande extensão territorial, da espessura desenvolvida e do alto valor de permo-porosidade. Nas demais unidades (Domínio dos Granitóides, Cinturão Gurupi e Cráton São Luís) o potencial dos aquíferos é restrito e limitado às zonas de fraturas.

Não foram encontrados elementos que sugiram uma contaminação antrópica dos poços amostrados e, a grande extensão das anomalias obtidas, indica uma origem geogênica para estas. Os elementos dosados encontravam-se, portanto, ou no caminho da recarga da água subterrânea ou na rocha hospedeira constituída por alúvios quaternários, sedimentos pós-Barreiras ou em rochas da Formação Barreiras.

Os elementos Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn apresentaram resultados acima do limite máximo permitido. Destes elementos, destacam-se pela sua nocividade, o Alumínio e o Chumbo. Macambira e Viglio (2006b) mencionam que “*em cerca de 80% da área de trabalho (do PGAGEM – Bloco I), ambos apresentaram valores impróprios para consumo humano ( $Al \geq 0,1$ ;  $Pb \geq 0,01$  mg/L). A concentração mais elevada de Alumínio foi de 1,8 mg/L, correspondente a 18 vezes o limite máximo permitido. Para o Chumbo, a concentração mais elevada foi de 1,45 mg/L,*

*o que é 145 vezes o limite máximo permitido. Anomalias geoquímicas de 1ª ordem para o Al ( $\geq 0,832$  mg/L) foram observadas nas sedes municipais de Augusto Correa, Cândido Mendes, São João de Pirabas, São Miguel do Guamá e Irituia. Com relação ao Chumbo foram observadas anomalias de 1ª ordem ( $0,7991$  mg/L) nos municípios de Augusto Correa, Cachoeira do Piriá, Bonito e Ourém”.*

Valores de Cobre impróprios para o consumo humano ( $> 0,009$  mg/L) ocorrem preferencialmente no estado do Maranhão. Já anomalias de 1ª ordem ( $\geq 0,0265$  mg/L), foram verificadas nos municípios paraenses de Augusto Correa e Cachoeira do Piriá e nos municípios maranhenses de Cândido Mendes e Bacuri.

Para o Zinco, foram observados teores acima do limite máximo permitido ( $\geq 0,18$  mg/L) e coincidentes com as anomalias de 1ª ordem ( $\geq 0,18$  mg/L) nas localidades de Junco do Maranhão, Serrano do Maranhão, Augusto Correa, Cachoeira do Piriá e Cândido Mendes. Já para o Manganês, os valores acima do limite máximo permitido ( $> 0,1$  mg/L) e anômalos de 1ª ordem ( $0,1595$  mg/L) foram detectados nas localidades de Boa Vista do Gurupi, Irituia, Vila dos Cabanos / Barcarena e Igarapé Açu.

Valores de Ferro impróprios para o consumo humano ( $> 0,3$  mg/L) ocorrem preferencialmente no estado do Pará, no extremo oeste da área. Valores anômalos de 1ª ordem ( $\geq 2,48$  mg/L) ocorrem em Moju e Vila dos Cabanos.

As áreas anômalas para Cu e Zn estão mais próximas às ocorrências de rochas vulcanossedimentares da Faixa Gurupi e do Cráton São Luís. Já as áreas anômalas para Mn, ocorrem tanto em áreas semelhantes ao Cu e Zn, quanto em áreas mais a oeste, ocupadas praticamente por rochas da Formação Barreiras e sedimentos recentes. Os valores de Fe ocorrem praticamente nestas últimas áreas.

Macambira e Viglio (2006b) destacam que o padrão observado de distribuição dos elementos elimina a possibilidade de ocorrência de erro sistemático, na coleta ou análise das amostras. Todos os teores anômalos foram reanalisados por Absorção Atômica, confirmando-se os valores encontrados por ICP-OES. No local da coleta das amostras não se observou a presença de lixões, indústrias, esgotos ou outras fontes de contaminação antropogênicas, o que reduz a possibilidade de uma contaminação ambiental de caráter pontual. Face ao exposto, acredita-se que os elevados teores dos diversos elementos encontrados nas águas de sistemas de

abastecimento público, estejam relacionados a motivos naturais, geogênicos, particularmente os geológicos associados ao fluxo de água subterrânea.

O principal aquífero da região de trabalho é o Grupo Barreiras, litologicamente constituído por uma seqüência de arenitos, siltitos e argilitos, com intercalações de lentes ricas em matéria orgânica. De acordo com os recentes estudos de Miranda (2004), as áreas fonte desses sedimentos seriam: a Faixa Tocantins-Araguaia; a Província Borborema com seus complexos gnáissicos e migmatíticos; o Cinturão Gurupi com os granitóides paleoproterozóicos; o Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria e a Província Carajás, com seus granitóides e complexos gnáissicos e migmatíticos. Todos os elementos (Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn) que apresentaram concentração acima do permitido pela legislação CONAMA-357 são passíveis de serem provenientes das áreas fonte acima mencionadas. Eles poderiam associar-se aos diversos condicionamentos geoquímico-estratigráficos presentes nos aquíferos da Formação Barreiras, tais como: os níveis ricos em matéria orgânica, adsorvido nas argilas, formando compostos com os óxidos e hidróxidos de Ferro e Manganês, recobrando diversos minerais constituintes destes litotipos. O pH ácido facilitaria a solubilização de compostos com os metais. Desta maneira esses elementos seriam facilmente transportados pelo movimento das águas subterrâneas, a qual seria captada para os sistemas de abastecimento público e podem estar causando diversos problemas de saúde ainda sem motivos conhecidos.

Com relação aos teores de Cobre, Chumbo e Zinco, observados nas águas de abastecimento da região do Gurupi pode ser sugerida a hipótese de que os mesmos estejam relacionados aos metamorfitos do Grupo Gurupi.

## 7.2 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE

A maior parte das amostras de água de drenagem ou de superfície coletada possui pH ácido, próximo ou abaixo do pH da chuva que varia entre 5 e 5,5. Este fato pode sugerir um período extremamente rápido de recarga do aquífero livre a partir da precipitação. Não foi observada boa correlação entre a posição das anomalias das águas de abastecimento e as de drenagem. Em primeiro lugar porque, dentro dos limites da Folha Belém, que teve o conjunto de microbacias com área maior que 100 Km<sup>2</sup> amostrada e trabalhada para águas de superfície,

existem poucas amostras de água de abastecimento. Em segundo lugar porque, a maior parte das anomalias de água de abastecimento, encontra-se a leste da área desta dissertação.

Baseado nos resultados analíticos, nos contextos geológicos, hidroquímicos e ambientais pode-se estabelecer as seguintes considerações:

1) Os elementos: As ( $< 0,005$  mg/L), Be ( $< 0,001$  mg/L), Li ( $< 0,002$  mg/L), Mo ( $< 0,0025$  mg/L), Ni ( $< 0,002$  mg/L), Se ( $< 0,01$  mg/L), Ti ( $< 0,025$  mg/L), V ( $< 0,01$  mg/L) e  $\text{PO}_4^{-3}$  ( $< 0,2$  mg/L) tiveram todos os seus resultados abaixo do limite de detecção do método analítico. Estes valores também estão abaixo dos valores máximos permitidos para consumo humano pelo CONAMA.

2) Todos os resultados de Ba (0,7 mg/L), Cr (0,05 mg/L), F (1,4 mg/L), Sr (1 mg/L), Ca (10 mg/L), Cl (250 mg/L), K (12 mg/L), Mg (40 mg/L), Na (200 mg/L) e  $\text{SO}_4$  (250 mg/L) estiveram abaixo do limite permitido para consumo.

3) O principal agrupamento de anomalias de 1ª e 2ª ordens de Pb, Al, B, Zn, Cd, Cu e Mg está representado na porção central da região de trabalho, constituindo um *trend* segundo a direção N-S e, em segundo plano, na região ao sul de cidade de Barcarena.

4) O segundo grupo de anomalias de 1ª e 2ª ordens está representado pelo Ba, Br, Sr, Fe, Ca, Cl, Na e  $\text{SO}_4$ . Caracteriza-se por apresentar um padrão linear segundo a direção N-S, que se estende do limite norte da área de trabalho até o rio Guamá e, em segundo plano, uma faixa anômala na porção sudoeste da área de pesquisa, particularmente na região das cidades de Barcarena e Abaetetuba.

Valores anômalos pontuais foram observados para o Mn, Cr, Co e F, entretanto não apresentam uma evidente correlação entre si. Este caráter pontual pode sugerir contaminação antrópica. O K apresentou um *trend* anômalo diferenciado, caracterizado por um lineamento segundo NE-SW seccionando toda a área de pesquisa.

Os valores de condutividade e temperatura apresentaram *trends* anômalos semelhantes e acompanham as anomalias do segundo grupo acima mencionado. As anomalias de oxigênio dissolvido acompanham, de maneira generalizada, a distribuição do K. Somente na porção central e na região sudoeste da área de pesquisa ocorrem valores de pH compatíveis para o consumo humano.

O Sr foi o elemento que apresentou o maior número de anomalias de 1ª ordem (8), seguido pelo Cd e Cu, com 6 valores anômalos e pelo Ba, Pb, Zn, Br e Na com 5. Neste contexto,

salientam-se as seguintes regiões, que apresentaram o maior número de elementos anômalos: Rio Itá (Al, B, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn); Rio Mojuim – Braço Esquerdo do Rio Marapanim, (B, Ca, Fe, K, Mg, Sr, Cl, Br e Na) e Igarapé Guajará-Açu – Igarapé Mariquita (B, Ba, Pb, Zn, SO<sub>4</sub>, Al, Cd, Cu e Fe). Essas três regiões apresentam-se alinhadas segundo a direção N-S. No extremo oeste da região de pesquisa localiza-se o Igarapé Guajará da Serrana, que também se destacou pelo elevado número de elementos anômalos: Al, Cd, Pb, Zn e F. Em termos de associações geoquímicas anômalas destacam-se as formadas por B-Al-Cd-Pb-Zn.

Macambira & Viglio (2006b) pesquisando em área vizinha sugerem que o enriquecimento em Al, B, Cd, Cu, Fe, K, Mn, Pb, Zn e P, nas águas de abastecimento público pode estar relacionado às rochas do Grupo Barreiras. No entanto, o mapeamento efetuado pelo autor na Folha Belém em 1:100.000, mostra que, a maior frequência de ocorrências de anomalias na porção a norte do rio Guamá, é justamente a que possui a rede de drenagem correndo sobre sedimentos pós-Barreiras, intensamente lixiviados. Considera-se plausível que, todos os elementos químicos porventura ainda presentes nos sedimentos pós-Barreiras foram lixiviados, indo se concentrar nas águas superficiais e nos aquíferos subterrâneos. No item a seguir esta hipótese é discutida mais detalhadamente.

### 7.3 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE SEDIMENTO DE CORRENTE

A análise dos mapas de isotores efetuados evidencia três tipos de comportamento, claramente separados e individualizados. Apresentam ocorrências pontuais dispersas ao longo de toda a área, com poucos resultados acima do valor médio os elementos Au, Mo, S, Se, Sb, Sn e Ti, sendo que o S concentra todas as zonas anômalas no bloco a sul do rio Guamá. Outro grupo apresenta ocorrências que abrangem toda a área, com trends dispersos e esparsos que avançam para o bloco ao norte do rio Guamá, apesar de mostrar nítida ocorrência de muitos valores acima do *background* no bloco sul do rio Guamá, e é formado pelos elementos: Ag, As, Cr, Fe, Hg, In, Mn e V. Todos os outros 30 elementos formam o terceiro grupo, que demonstra claramente a existência de duas populações distintas, com quase todas as amostras do bloco a sul do rio Guamá apresentando valores acima do *background* e todas as regiões anômalas ocorrendo também neste bloco e em duas amostras nas proximidades do litoral de Vigia, no extremo norte da área. Todas as curvas de isocontorno definidas automaticamente, separam nitidamente a região a sul do rio

Guamá do bloco a norte. Esta divisão, às vezes se dá no próprio rio e em outras, entre 2 e 3 km a norte deste, coincidentes, aproximadamente, com os limites do paleoalúvio do rio Guamá que está atualmente sendo retrabalhado. Após a análise dos mapas de isotores foi verificado que a distribuição granulométrica composicional original das amostras do bloco norte é predominantemente arenosa (19 arenosas para um total de 27 amostras). Já no bloco sul, existem apenas 5 amostras arenosas para um total de 47 amostras, evidenciando nítida diferenciação de áreas fonte.

A clara separação existente entre as amostras do bloco sul e do bloco norte do rio Guamá evidenciam a existência de áreas fontes diferentes. Para o bloco norte, a maior incidência dos sedimentos pós-Barreiras, associada a maior parte das anomalias de água detectadas nas mesmas microbacias, sugere que a principal área fonte da sedimentação ativa é a camada de sedimentos pós-Barreiras, que sofreu lixiviação intensa, passando a maioria dos elementos a compor o lençol freático. A composição nitidamente arenosa destes sedimentos se reflete na composição igualmente arenosa do sedimento ativo coletado e analisado. Como a maior parte dos elementos já foi lixiviada na área fonte, sua concentração no sedimento ativo é mínima, gerando quase sempre valores abaixo do *background* encontrado. Este fato também sugere que o processo mais importante em andamento atualmente é a migração dos elementos da rocha fonte para a água, que possui pH ácido, oscilando na faixa de 3,6 a 5,5. Já para o bloco a sul do rio Guamá, a incidência quase exclusiva de rochas da Formação Barreiras, segundo o Mapa ao Milionésimo, não submetidas aos processos de lixiviação ácida intensos que ocorreram na porção norte, apresenta amostras com composição original argilosa em sua maioria. Esse fato possibilita um maior percentual de finos na alíquota final, que ainda contém grande parte dos elementos originais da rocha-fonte.

Evidencia-se a existência de uma tectônica relativa entre os dois blocos, havendo um movimento de subida do bloco a norte ou de descida do bloco a sul do rio Guamá, sendo o primeiro o mais provável. A deposição da sedimentação pós-Barreiras e a posterior lixiviação destes sedimentos exigem que a região tenha ficado sujeita ao intemperismo por mais tempo.

Este aspecto regional, revelado pelo presente trabalho, talvez possa explicar alguns resultados que não ficaram muito claros em dissertações anteriores que analisaram sedimentos de fundo do Rio Guamá (CARVALHO, 2001, 2002; PEREIRA, 2001). Carvalho (2001) ao investigar os registros isotópicos de Chumbo nos sedimentos de fundo do Lago Água Preta, em

Belém, concluiu existirem duas contribuições distintas, uma natural, geogênica, mais profunda e outra antrópica, mais rasa. Carvalho (2002) efetuou análises de diversos metais em áreas antropizadas na Baía do Guajará e em áreas teoricamente não antropizadas nos rios Guamá e Acará, confirmando o aumento de teores da área natural para a área antropizada. No entanto, os teores de Cu e Pb, quase não variaram de um local para outro. Pereira (2001), trabalhando em área adjacente encontrou resultados semelhantes, ou seja, quase nenhuma variação para os teores de Cu e um teor de Pb maior na área não antropizada. Os resultados atuais de sedimento de corrente foram coletados em amostras compostas no perfil lateral de drenagens de 2ª ordem. Os trabalhos anteriores coletaram amostras de fundo das drenagens de 1ª ordem, em coletores que amostram uma maior profundidade. Mas, apesar de não se poder efetuar uma comparação direta, pode-se sugerir, que os teores encontrados nas drenagens não antropizadas da margem esquerda do Guamá e no rio Acará, sejam geogênicos em sua totalidade. Já, para os teores detectados na margem direita e na Baía do Guajará, eles talvez sejam antropogênicos, não se podendo efetuar uma comparação direta dos teores totais entre os dois locais amostrados.

As anomalias de Cd, Cr e Hg, por seu caráter de distribuição heterogêneo e pontual, podem ter uma forte conotação antrópica.

Os teores encontrados para o mercúrio, presente em todas as amostras, com teor médio de 83,6 ppb e valor máximo de 402 ppb indicam ser necessária uma revisão urgente dos parâmetros considerados “normais” para sedimentos de fundo de rios da região amazônica, pois o parâmetro de 50 ppb para definição de áreas contaminadas para solo ou sedimentos claramente não é aplicável (VIGLIO ; ANGÉLICA, 2007).

#### 7.4 INTER-RELAÇÃO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE E SEDIMENTO DE CORRENTE PARA UM MESMO ELEMENTO

A tabela 13 apresenta uma comparação de resultados dos valores médios de um mesmo elemento obtidos para a população total, amostrado no mesmo ponto, tanto para água quanto para sedimento de corrente. É sabido que, ao se trabalhar dentro de uma mesma drenagem, a distribuição de valores anômalos ao longo dela é diferente para água e para os sedimentos. As anomalias de sedimento não irão coincidir com as de água por diversos motivos, entre eles, principalmente, porque o sedimento pode estar servindo de fonte para os elementos diluídos na água, tanto quanto a fonte primária, comum a ambos, a jusante do ponto. Mas, como o presente trabalho coletou apenas uma amostra representativa de uma microbacia em sua totalidade, a comparação pode refletir processos de magnificação ou diluição de teores quando um mesmo elemento é capturado pelo sedimento, migrando da água para o sedimento; ou é lixiviado do sedimento, migrando do sedimento para a água.

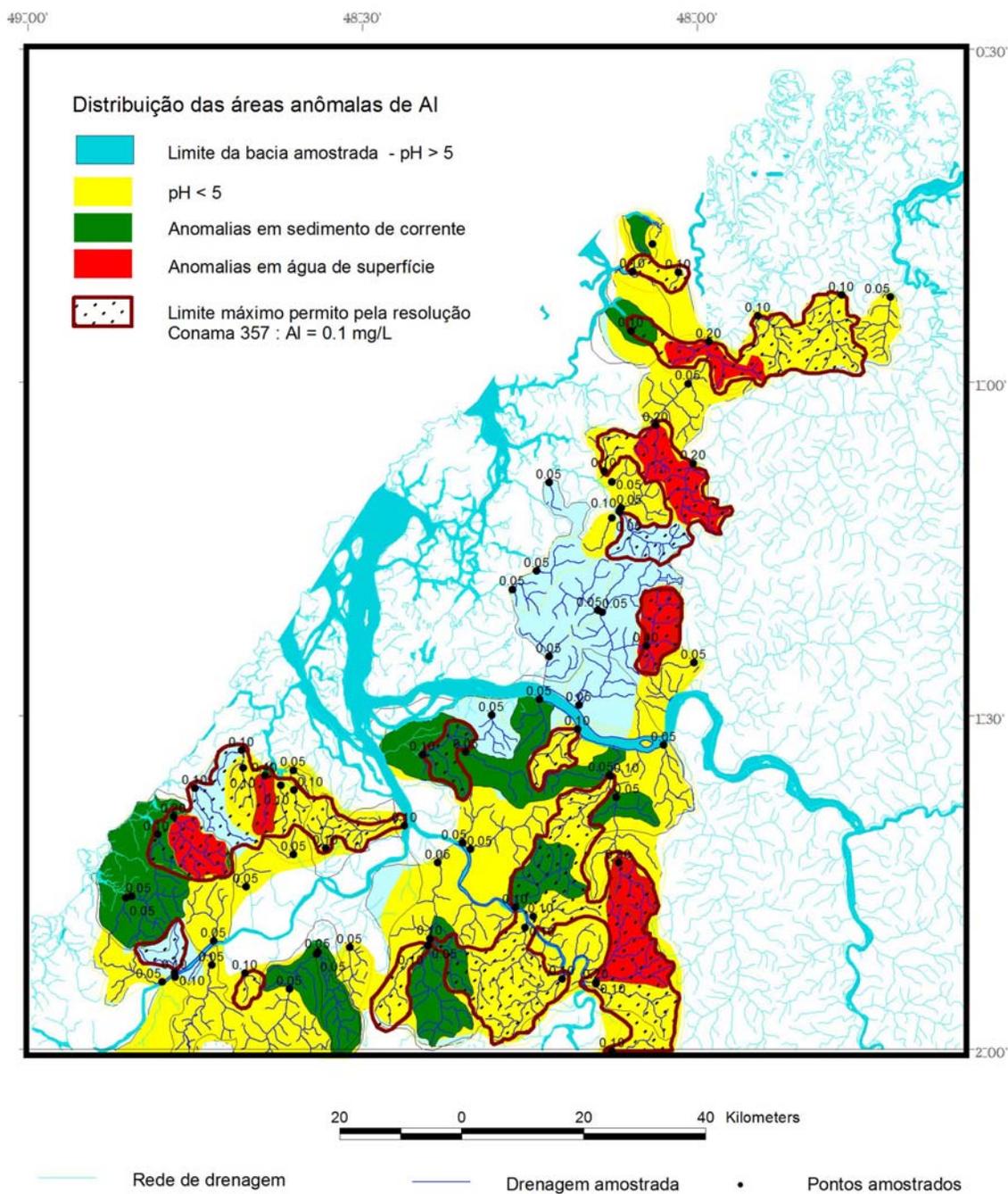
Tabela 13: Comparação de resultados de sedimento de corrente e água de superfície para um mesmo ponto

<b>Elemento</b>	Valor Médio de Água (mg/L)	Valor Médio de Sedimento (ppm)	Magnificação Sed/Água (vezes)	Diluição Água/Sed (%)
<b>B</b>	0,1072	1,42	13	7,5466
<b>Cd</b>	0,0009	0,02	24	4,2333
<b>Na</b>	2,3892	151,60	63	1,5760
<b>Pb</b>	0,1317	8,96	68	1,4701
<b>Zn</b>	0,0431	18,96	440	0,2272
<b>Ca</b>	0,5344	274,07	513	0,1950
<b>K</b>	0,7939	476,00	600	0,1668
<b>Cu</b>	0,0096	6,35	659	0,1517
<b>Co</b>	0,0038	4,35	1133	0,0882
<b>Cr</b>	0,0126	16,79	1335	0,0749
<b>Sr</b>	0,0049	7,23	1471	0,0680
<b>Mg</b>	0,3773	1135,33	3009	0,0332
<b>Ba</b>	0,0043	23,89	5594	0,0179
<b>Mn</b>	0,0116	117,70	10175	0,0098
<b>Al</b>	0,0926	6293,33	67986	0,0015
<b>Fe</b>	0,1650	11918,67	72217	0,0014

Boro, Cd, Na e Pb são os elementos que apresentaram as menores magnificações, com resultados de sedimento de corrente variando de 13 a 68 vezes mais do que seus resultados em água, e com as maiores diluições, onde de 7,5% a 1,5% da quantidade do elemento existente no sedimento ativo pode estar passando para a água. Seus resultados apresentam valores altos nas análises de água e baixos nas análises de sedimento de corrente. No outro extremo da tabela, Mn, Al e Fe apresentaram um comportamento exatamente inverso, com as maiores magnificações, com resultados de sedimento de corrente variando de 10.175 a 72.217 vezes maiores do que seus resultados em água, e com as menores diluições, onde apenas valores abaixo de 0,01% do elemento existente no sedimento ativo podem estar passando para a água. O Manganês apresentou valores relativamente baixos nas duas amostras. Já, Al e Fe apresentaram valores muito altos tanto na água quanto no sedimento, refletindo processos de lateritização, ferrificação e desferrificação que atingiram ou atingem a região.

Foi efetuado um estudo mais detalhado para os elementos Al, Pb, Fe e Zn. Os mapas gerados podem ser vistos nas Figuras 9 a 12, logo a seguir. A bacia amostrada foi representada pelo pH mais ácido ( $< 5$ ) ou mais básico ( $> 5$ ), sendo plotadas as áreas de anomalias de 1ª ordem na água de superfície, no sedimento de corrente, e representadas as áreas com teores acima dos níveis máximos permitidos pelo CONAMA.

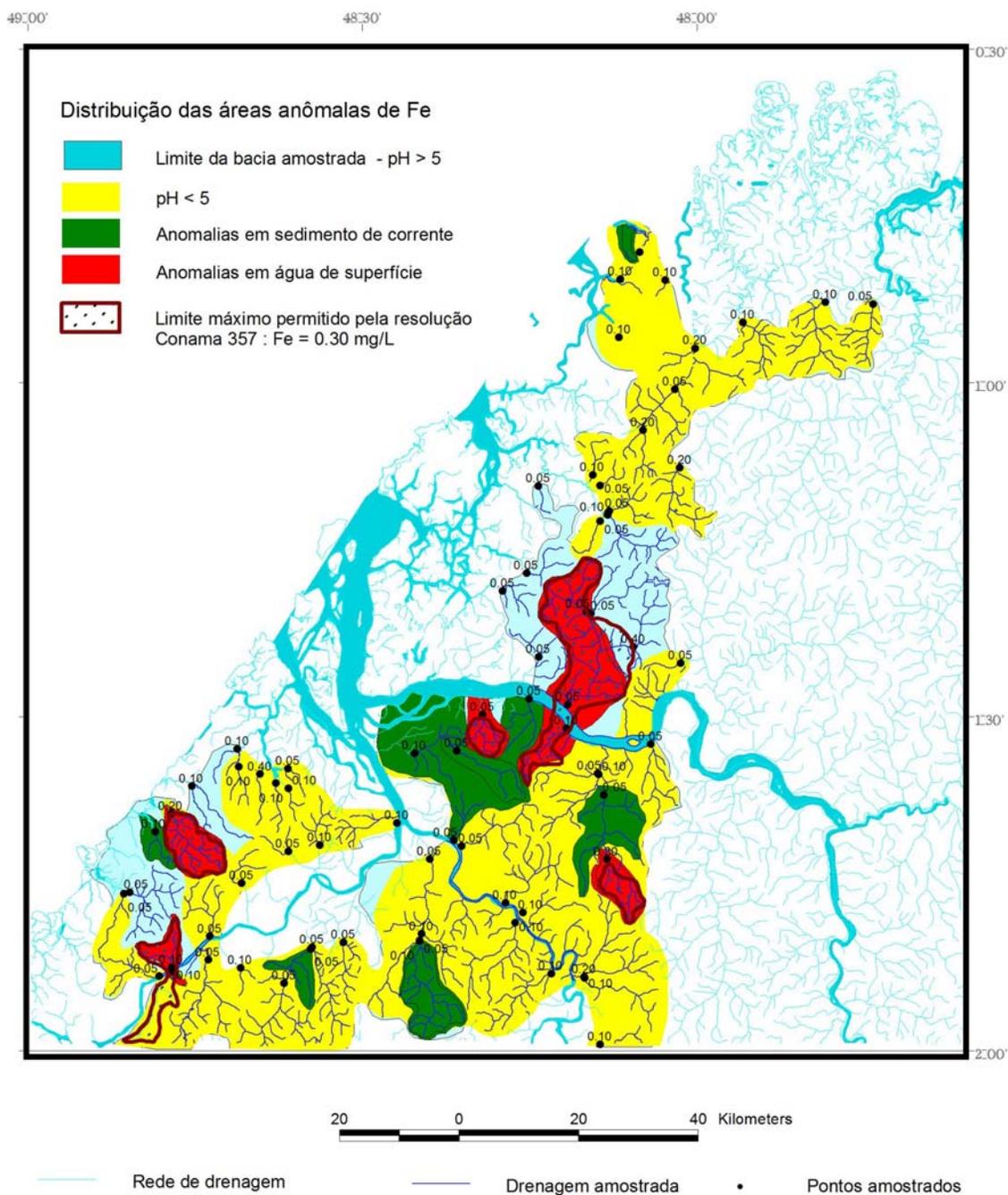
Estes mapas mostram que a grande maioria de anomalias de sedimento de corrente ocorre no bloco a sul do Rio Guamá. E existe uma predominância de anomalias de água de superfície no bloco a norte do Rio Guamá. As curvas do teor máximo permitido de Al e Pb comportam-se de maneira semelhante, extrapolando as regiões de anomalias de sedimento de corrente e de pH mais básico. Já as de Fe e Zn, são mais restritas, ocorrendo quase exclusivamente dentro das regiões de anomalias de primeira ordem da água de superfície.



Mapa Geoquímico de Distribuição do Alumínio  
(Sedimento de Corrente, Água de Superfície e Teor Conama)

Fig. 9: Mapa Geoquímico da Distribuição do Alumínio

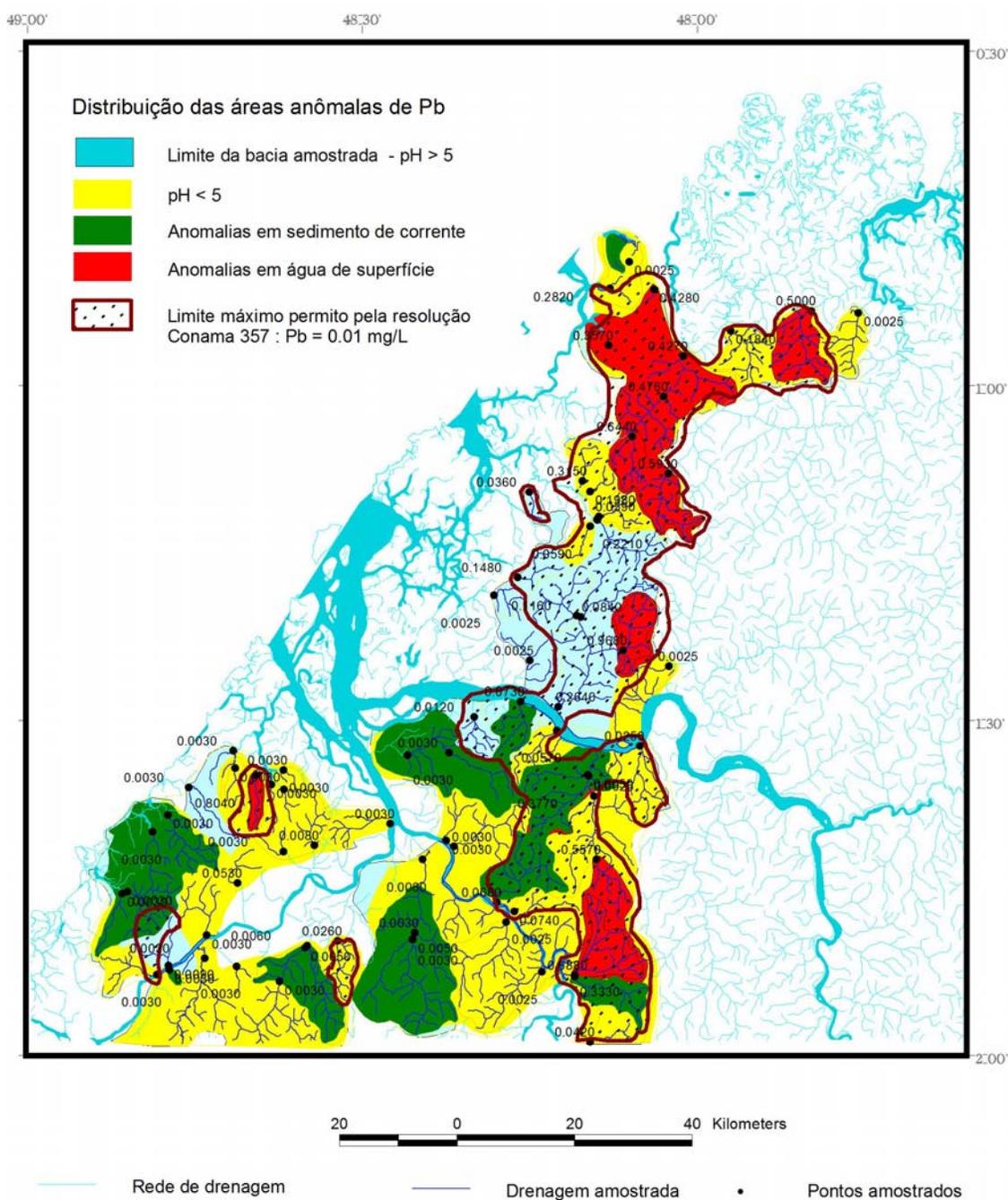
As anomalias de sedimento de corrente e de água de superfície não coincidem para o Alumínio. O halo de teores acima do limite máximo permitido pela legislação extrapola as anomalias de água de superfície, mas também não são coincidentes com as anomalias de sedimento de corrente, que ocorrem preferencialmente a sul do rio Guamá.



Mapa Geoquímico de Distribuição do Ferro  
(Sedimento de Corrente, Água de Superfície e Teor Conama)

Fig. 10: Mapa Geoquímico da Distribuição do Ferro

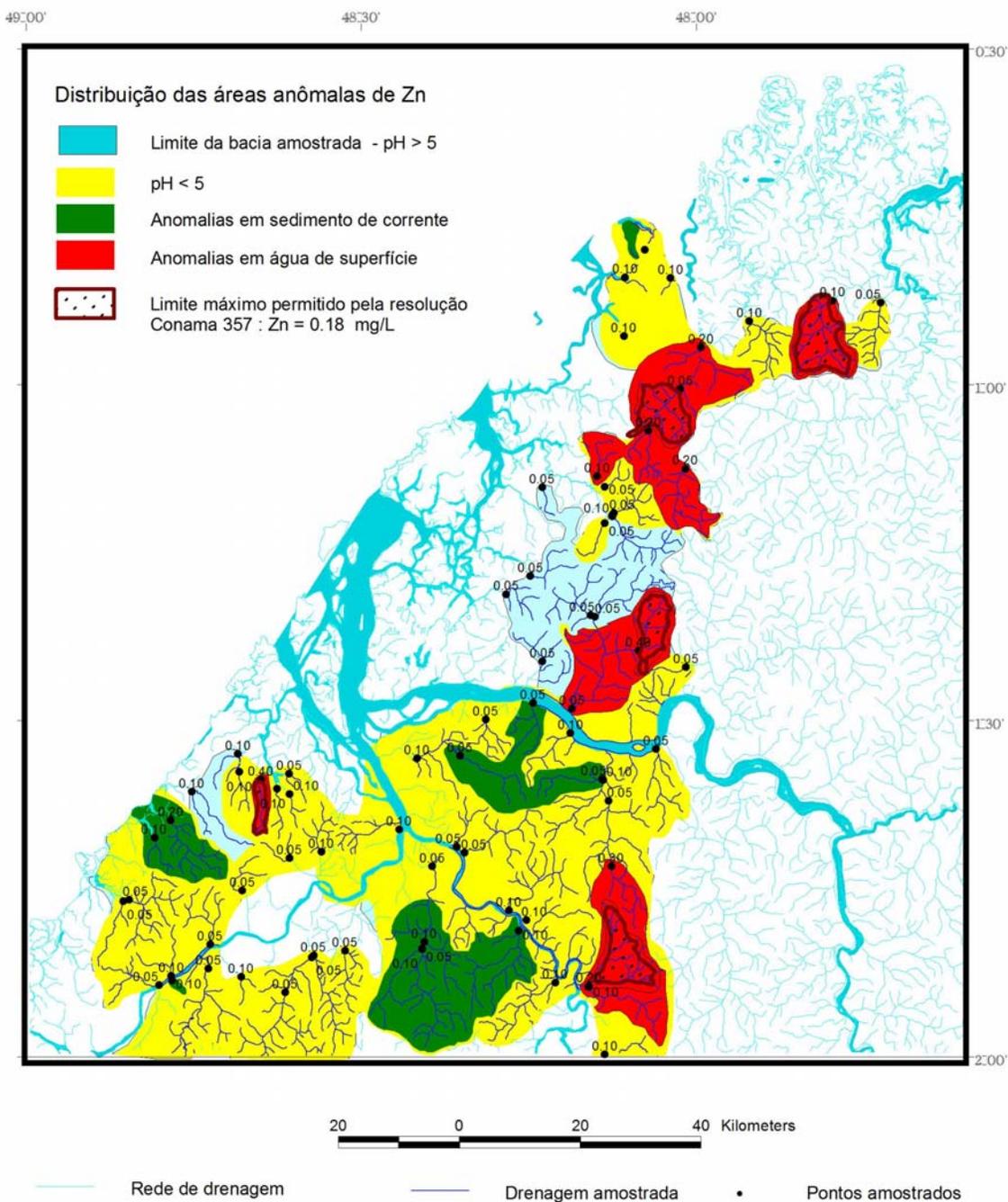
As anomalias de água de superfície e de sedimento de corrente para o Fe também não são coincidentes. Já o halo de teores acima do limite máximo permitido encontra-se limitado pelas anomalias de água de superfície.



Mapa Geoquímico de Distribuição do Chumbo  
(Sedimento de Corrente, Água de Superfície e Teor Conama)

Fig. 11: Mapa Geoquímico da Distribuição do Chumbo

As anomalias de sedimento de corrente e de água de superfície para o Chumbo são completamente deslocadas. O halo de dispersão dos teores acima do máximo permitido extrapola bastante as regiões anômalas, semelhante ao comportamento do Alumínio.



Mapa Geoquímico de Distribuição do Zinco  
(Sedimento de Corrente, Água de Superfície e Teor Conama)

Fig. 12: Mapa Geoquímico da Distribuição do Zinco

As anomalias de sedimento de corrente e de água de superfície para o zinco também não são coincidentes. O halo de dispersão dos teores maiores que o máximo permitido está dentro das anomalias de água de superfície. O comportamento do Zinco é semelhante ao do Ferro.

## 7.5 ÁREAS COM TEORES ACIMA DOS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA LEGISLAÇÃO

### **Distribuição Geogênica Ampla**

Para Alumínio, Boro, Chumbo, Cobre e Ferro foi verificado haver coincidências de ocorrências das curvas de teor máximo permitido nos mapas de água de abastecimento e de água de superfície. As figuras 13 a 17 mostram estas áreas comuns.

Essas áreas, quando localizadas sobre as regiões de anomalias de primeira ordem, foram consideradas prioritárias para detalhamento, pois indicam a possibilidade de que tanto aquíferos superficiais quanto subterrâneos estejam contaminados.

O Pb é o elemento que, em princípio, apresenta a maior nocividade à saúde, visto que o teor máximo encontrado na água de superfície (0,968 mg/L) é 96,8 vezes o teor máximo permitido para o consumo humano (0,01mg/L). A ampla distribuição geográfica das áreas com conteúdo nocivo à saúde de Pb e Al faz com que talvez seja necessário elaborar um programa específico para estudo destes dois elementos e seus problemas de saúde correlatos.

### **Distribuição Geogênica Restrita / Antropogênica**

#### **Flúor**

O Flúor (Anexo A, Mapa 47), apresenta teores bastante expressivos de 0,520 e 1,000 mg/L, no Ig. Guajará da Serrana em Barcarena e no Ig. Bucaia em Bujaru, respectivamente, apesar de estarem abaixo do permitido pela legislação (1,4 mg/L). Licht (2006), em prospeção geoquímica efetuada no estado do Paraná, demonstrou que, os municípios com ocorrências anormais de cáries (índice CPO3 – DATASUS), encontram-se dentro da curva de anomalia de 0,5 mg/L de flúor para as águas superficiais. A ocorrência do Ig. Guajará da Serrana, em Barcarena, parece ter forte conotação antrópica. No entanto, a do Ig. Bucaia, em Bujaru é uma ocorrência pontual que necessita investigação.

#### **Cádmio**

O Cádmio (Anexo A, Mapa 33) ocorre com valores anômalos (0,0040 e 0,0030 mg/L) nos igarapés Guajará-Açu (Bujaru) e Guajará da Serrana (Barcarena), de forma bastante localizada,

sem nenhuma dispersão, podendo indicar contaminação antrópica. No entanto, as amostras de sedimento de corrente indicam uma grande dispersão a sul do rio Guamá, com extensas anomalias de primeira ordem, com valores entre 0,06 e 0,09 ppm (anexo 59) ocorrendo nos igarapés Jacarequara, Araxiteua e Papuquara (Acará), Belém (Bujaru) e Arapiranga (Barcarena) e na Foz do Rio Caraparu (Santa Izabel).

### **Cobalto**

O Cobalto ocorre apenas em uma amostra de água de superfície (Anexo A, Mapa 34) com valor 0,211 mg/L no Ig. Jacarequara (Acará), que foi a única amostra com teor acima do limite de detecção, necessitando de detalhamento por se tratar, provavelmente, de contaminação antrópica. As amostras de sedimento de corrente (Anexo J, Mapa 60) apresentam duas regiões com anomalias de 1ª ordem, nos igarapés Progresso (Acará) e Igarapezinho (Bujaru), mas demonstram uma distribuição homogênea ao sul do rio Guamá.

### **Cromo**

As duas anomalias de Cromo detectadas possuem comportamento bastante heterogêneo. São anomalias pontuais, sem nenhuma continuidade lateral, ocorrendo em valores muito acima do *background* em região onde a totalidade de valores situa-se abaixo do *background*. A de sedimento de corrente (Anexo A, Mapa 61), com 39,8 ppm no Ig. Araxiteua, em Santo Antônio do Tauá, pode estar relacionada à atividade antiga de algum curtume. Já a de água de superfície (Anexo J, Mapa 35), com 0,040 mg/L no Rio Itá, em Santa Izabel, pode estar relacionada a atividades que estejam ocorrendo atualmente. Ambas necessitam de detalhamento.

### **Mercúrio**

O Mercúrio (Anexo A, Mapa 67) ocorre preferencialmente a sul do Rio Guamá, com distribuição homogênea e forte conotação geogênica, com teor médio de 84 ppb. Duas anomalias de primeira ordem ocorrem nos igarapés Tauassuí (Benevides) e Abaeté (Abaetetuba), com 402 e 213 ppb. Devido ao grau de toxicidade, sugere-se um estudo detalhado destas duas regiões.

### Mapa Geoquímico de Interpretação do Alumínio

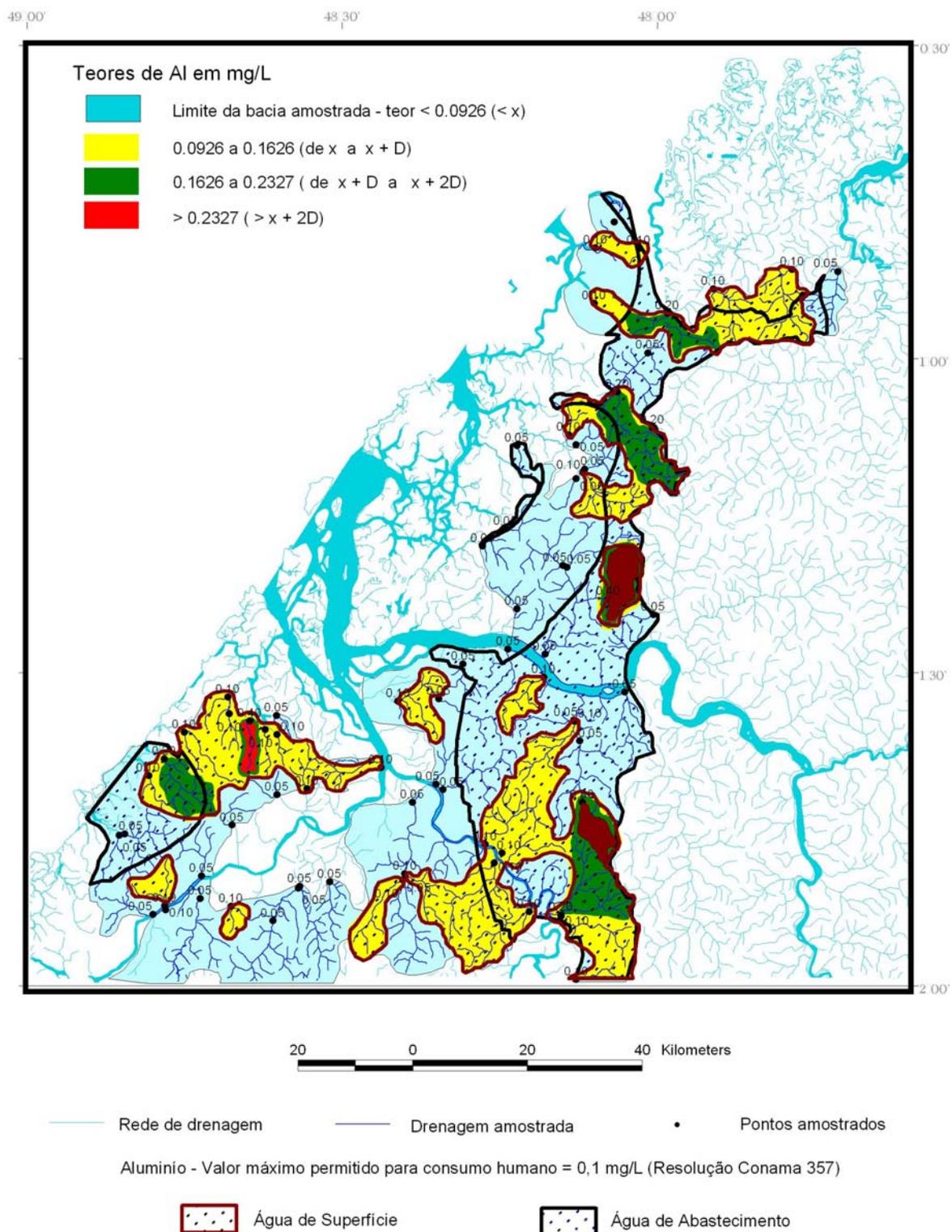


Fig. 13: Mapa Geoquímico de Interpretação do Alumínio

### Mapa Geoquímico de Interpretação do Chumbo

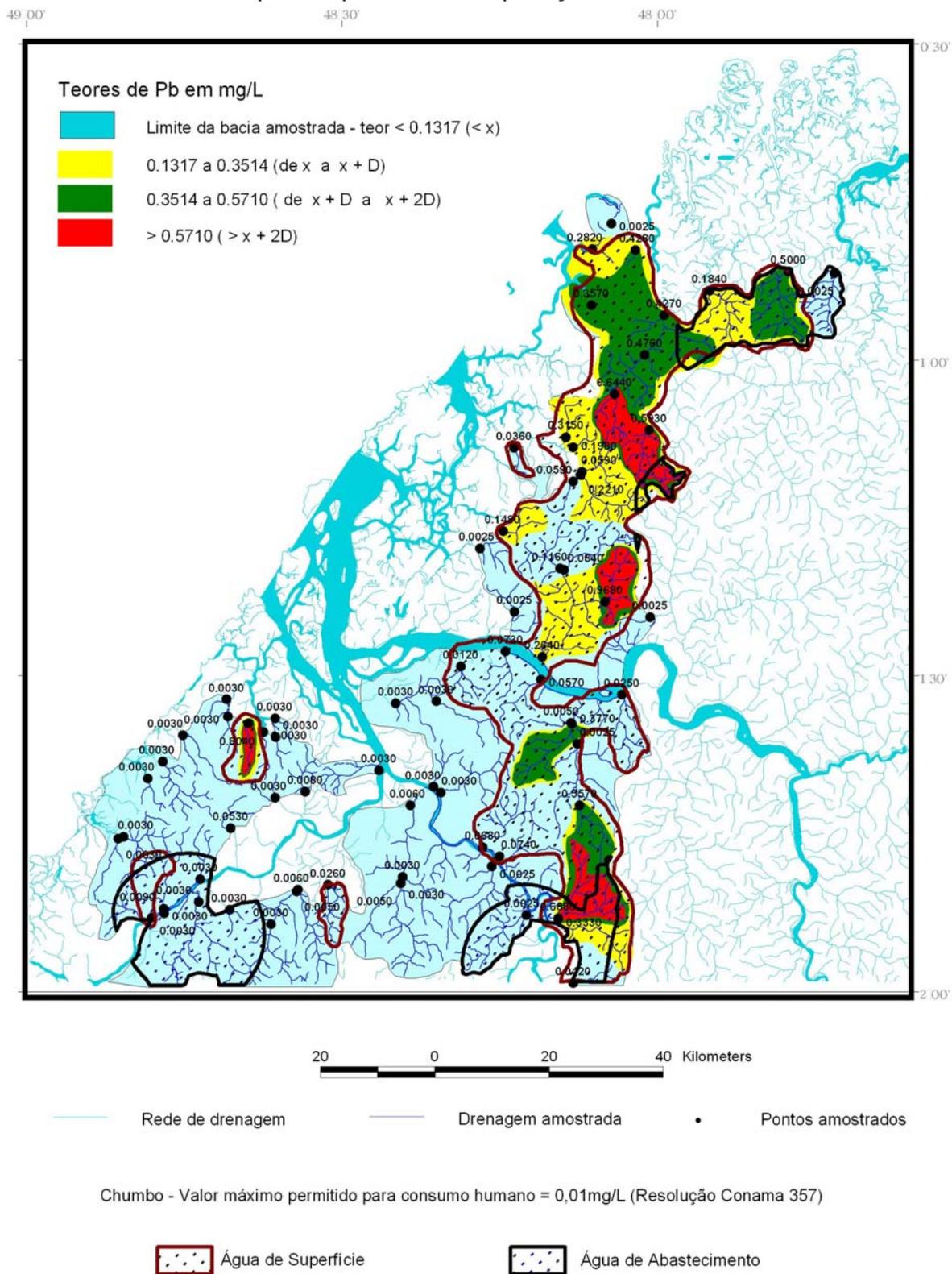


Fig. 14: Mapa Geoquímico de Interpretação do Chumbo

### Mapa Geoquímico de Interpretação do Cobre

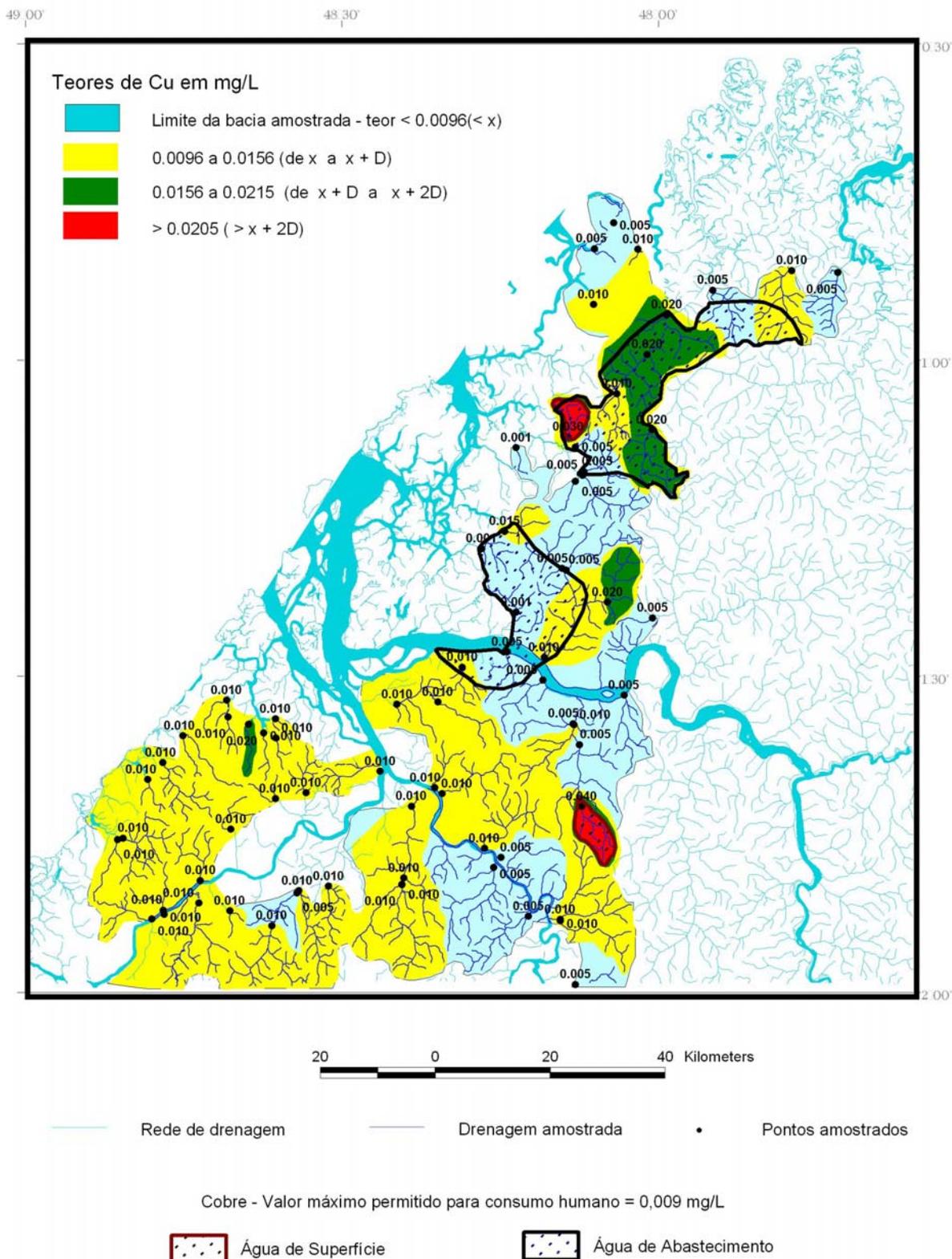


Fig. 15: Mapa Geoquímico de Interpretação do Cobre

### Mapa Geoquímico de Interpretação do Ferro

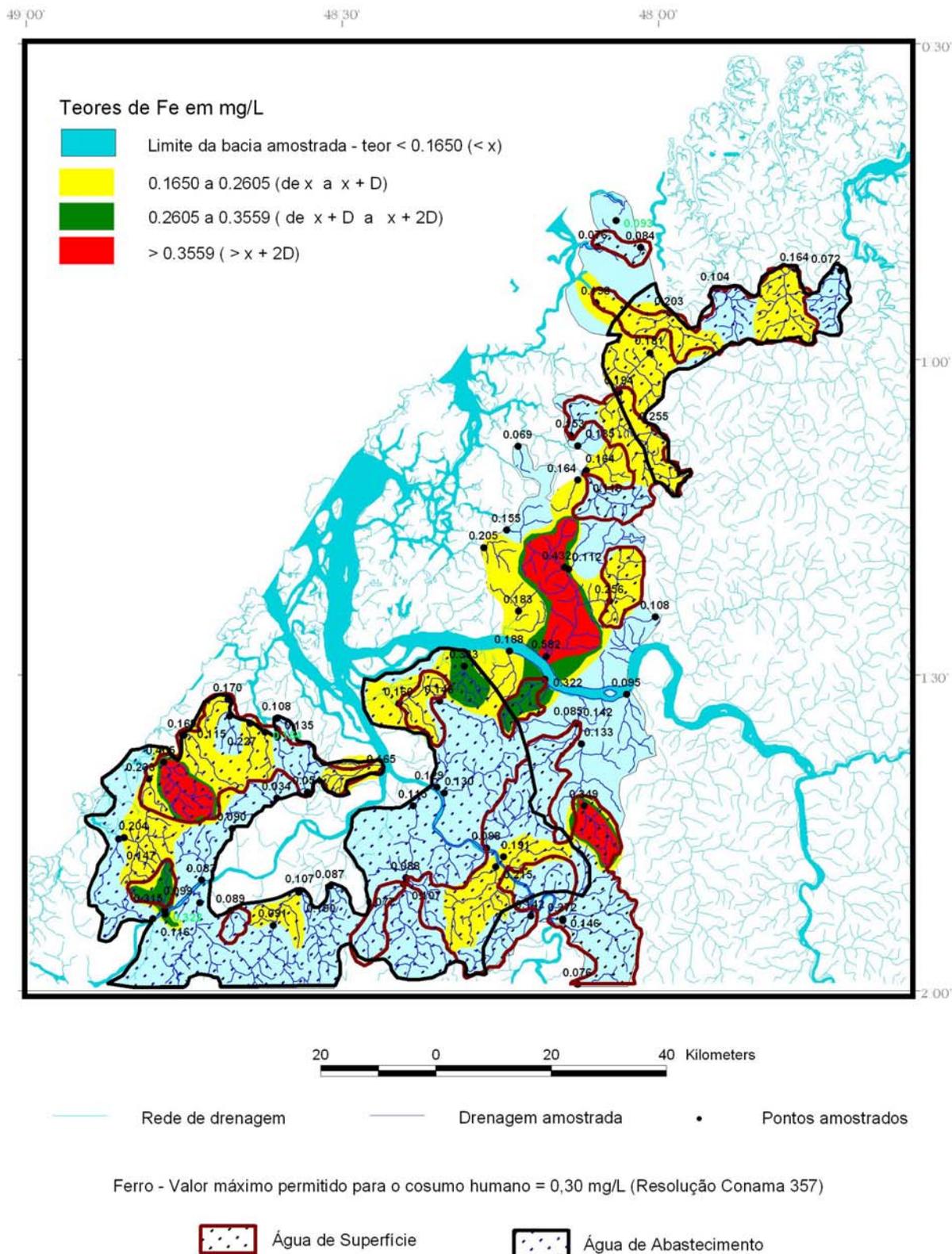
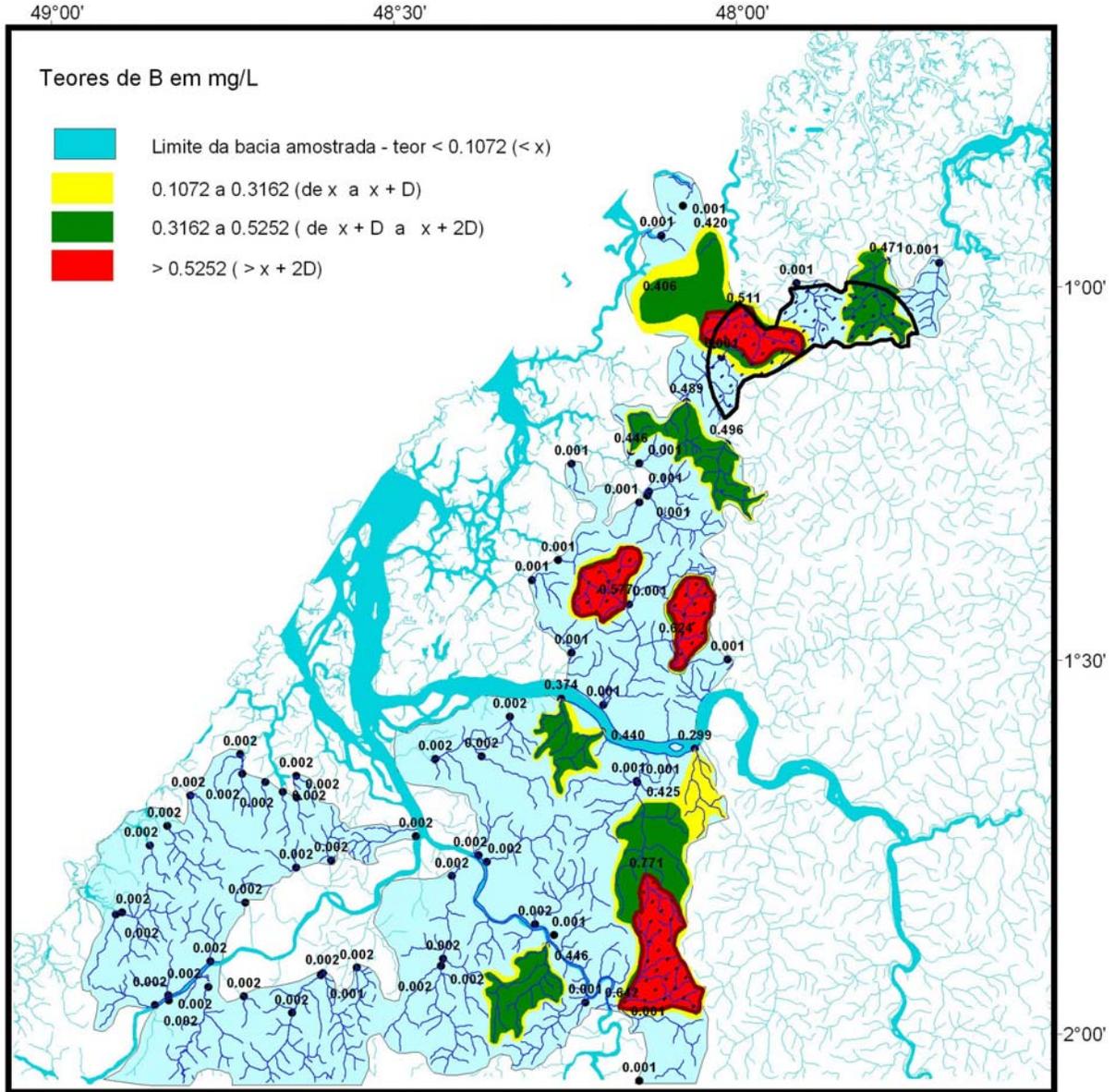


Fig. 16: Mapa Geoquímico de Interpretação do Ferro

### Mapa Geoquímico de Interpretação do Boro



20 0 20 40 60 Kilometers

— Rede de drenagem      — Drenagem amostrada      • Pontos amostrados

Boro - Valor máximo permitido para consumo humano = 0,5 mg/L (Resolução Conama 357)

☐ Água de Superfície      ☐ Água de Abastecimento

Fig. 17: Mapa Geoquímico de Interpretação do Boro

## 7.6 TEOR DE EXPOSIÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS ANÔMALOS

Considerando as amostras de água de abastecimento, a aplicação da Equação 2 aos resultados obtidos demonstra que, apesar de ter as maiores concentrações individuais de metais (Al, Cd, Pb, Cu e Zn), a sede de Augusto Correa fica em prioridade abaixo da sede de Barcarena / Vila dos Cabanos, que possui alta concentração de Ferro e Manganês, mas tem uma possível população exposta muito maior (tabela 14). O uso da Equação 2 na avaliação do risco auxilia a priorizar futuros trabalhos de pesquisa ou de monitoramento, pois depende apenas de dados numéricos disponíveis após a campanha de pesquisa geoquímica e em dados teóricos de toxicologia e geologia médica. A intervenção da equipe biomédica, de mobilização mais cara e demorada, só seria necessária na fase de detalhamento.

Tabela 14: Priorização da execução de trabalhos de detalhe em função do nível de exposição da população.

Sedes Municipais	Quantidade total de elementos a que toda a população foi exposta (Kg)									População Exposta
	Al	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Ba*	Fe	Total	
<b>Barcarena / Cabanos</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	27,9	737,1	<b>797,6</b>	19568
Augusto Corrêa	320,6	0,4	258,3	8,9	45,2	0,0	0,0	69,8	<b>703,2</b>	12841
Irituia	238,0	0,6	211,0	3,0	0,0	59,8	0,0	0,0	<b>512,4</b>	11322
São Miguel do Guamá	219,5	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	0,0	147,6	<b>412,2</b>	11748
Capitão Poço	86,6	0,2	117,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>206,3</b>	16474
Terra Alta	7,0	0,0	3,6	1,4	0,0	0,0	0,0	149,0	<b>160,9</b>	5609
Curuçá	50,4	0,3	94,3	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>147,5</b>	15696
São João de Pirabas	116,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>116,9</b>	8008
Bragança	45,2	0,0	52,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>100,8</b>	41263
<b>Moju</b>	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	2,0	1,9	89,1	<b>93,9</b>	9159

Sedes em negrito encontram-se dentro dos limites da Folha Belém

Portanto, dentro da Folha Belém, as sedes municipais de Barcarena, Vila dos Cabanos e Moju, deveriam ser alvos de pesquisa de detalhe para definir o comportamento de Fe, Mn, Ba e Pb nas águas superficiais e subterrâneas. Ao mesmo tempo, suas respectivas secretarias de saúde deveriam ser alertadas para a possibilidade de ocorrência mais freqüente de doenças associadas à exposição prolongada a estes elementos.

## 7.7 MAPA DE ORIENTAÇÃO GEOQUÍMICA PARA GESTÃO TERRITORIAL E DE SAÚDE PÚBLICA

O mapa de orientação geoquímica para gestão territorial e de saúde pública delimita 12 micro-bacias que devem sofrer um estudo mais detalhado. Sete regiões, com fortes indícios de anomalias geogênicas para Al, B, Cu, Fe e Pb, devem ser detalhadas objetivando caracterizar as fontes naturais e ordem de grandeza de teores. Outras 7 regiões, sendo duas coincidentes com as geogênicas, apresentam fortes indícios de anomalias geogênicas muito restritas ou de origem antrópica de Cd, Co, Cr, F e Hg. Nestas, o trabalho de detalhamento deverá visar, além da caracterização das fontes geogênicas, as possíveis fontes antrópicas de poluição que estão causando a deteriorização da qualidade das águas dos igarapés.

Tabela 15: Microbacias com anomalias geogênicas e antrópicas a serem detalhadas

Microbacia	Município / Amostra	Origem	Elementos
Ig. Arapiranga	Abaetetuba / PAAS-138	Geogênica ampla	Fe
Ig. Mariquita	Acará / PAAS-100	Geogênica ampla	Pb
Ig. Guajara-Açu	Bujaru / PAAS-102	Geogênica ampla	Al
		Geogênica restrita	Cd
Ig. Bucaia	Acará / PAEV-008	Geogênica restrita	F
Ig. Abaeté	Abaetetuba / PAAS-141	Geogênica restrita	Hg
Ig. Guajará da Serrana	Barcarena / PAAS-132	Antrópica	F, Cd
Ig. Jacarequara	Acará / PAAS-120	Geogênica restrita	Co
Rio Tauassuí	Benevides – Santa Izabel / PAAS116	Geogênica restrita	Hg
Rio Itá	Santa Izabel / PAAS-104	Geogênica ampla	Al
		Antrópica	Cr
Braço Esquerdo do Rio Marapanim	Santo Antônio do Tauá / PAAS-095	Geogênica ampla	Pb
Ig. Araxiteua	Sto Antônio do Tauá / PAAS-110	Geogênica ampla	Cu
Ig. Mojuim	S. Caetano de Odivelas / PAAS-096	Geogênica ampla	B

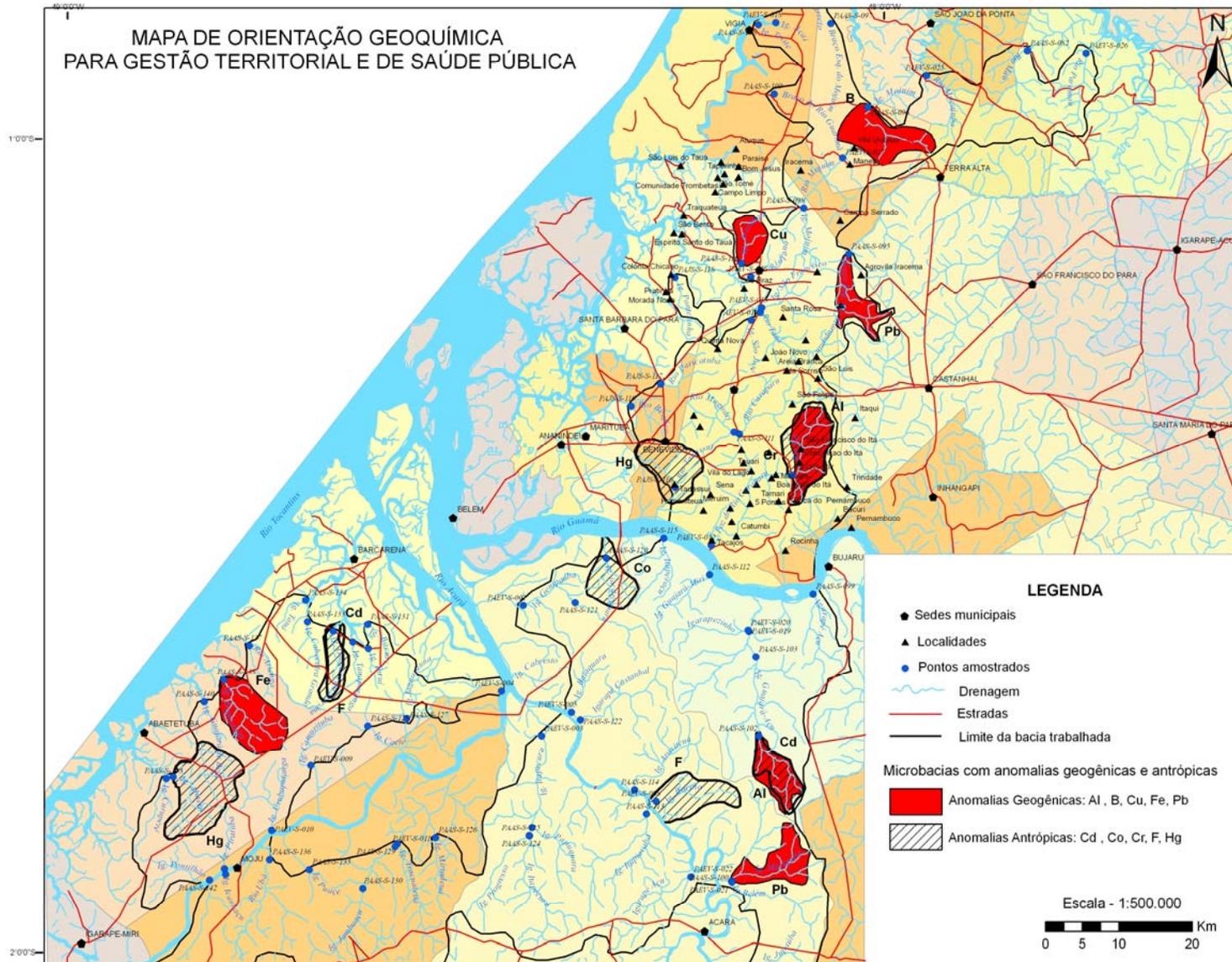


Figura 18: Mapa das principais áreas de risco detectadas.

## 8 CONCLUSÕES

Apesar de antigo, o conhecimento da relação entre a presença de certos elementos químicos no ambiente e doenças, passou a ser estudado em bases científicas que utilizam a ferramenta da prospecção geoquímica como um de seus preceitos básicos apenas de 1950 em diante.

Quando esta relação se dá por fatores predominantemente geogênicos, o papel do geocientista e da geoquímica é de fundamental importância para o diagnóstico da situação.

As técnicas de prospecção geoquímica podem e devem ser aplicadas para indicar áreas nocivas à saúde antes que elas sejam ocupadas, desenvolvidas e, principalmente, antes que pessoas adoçam. Pois o reconhecimento dos padrões de distribuição dos elementos ou compostos químicos que podem ser nocivos à saúde humana ou ambiental no meio físico (solos, águas superficiais e subterrâneas), independe da ocorrência prévia de doenças ou de atividades poluidoras.

Os limites de detecção do ICP-OES do LAMIN – CPRM/Rio para Al (0,1 mg/L), Cd (0,001 mg/L) e Cu (0,01 mg/L) são os mesmos limites máximos permitidos pela legislação para água potável, fazendo com que todas as amostras com presença detectada destes elementos, automaticamente já se tornem impróprias para consumo, impedindo uma análise mais cuidadosa dos padrões de distribuição dos baixos teores.

Os indicadores disponíveis da área da Saúde fornecem apenas dados anuais, sem georeferenciamento preciso, com diferentes fatores de ponderação, sempre relacionados à população, sendo esta estimada a partir da aplicação de um fator ao último censo do IBGE. Não foi observada nenhuma correlação nítida entre um aumento de casos de morbidade nos municípios onde foram encontrados valores anômalos de vários elementos. Ficou claro, através desta análise inicial, que qualquer estudo de geologia médica precisa necessariamente ter o apoio de um profissional da área da saúde trabalhando em conjunto com o geocientista.

Para auxiliar nas avaliações de risco e de prioridades de ações, é definido o Teor de Exposição, como sendo o produto da concentração média (C) no meio (equivalente ao teor máximo biodisponível), pela taxa de ingestão (Ti - no caso da água – 2 l/dia), pela duração da exposição (De), aplicado à população atingida, dado pela fórmula: [T Exp = C x Ti x De ]

Por não ser possível utilizar unicamente a representação por microbacias, os mapas de isotores foram confeccionados aplicando-se a geração automática de curvas dentro da área da grande microbacia amostrada, sendo desenhada também a curva correspondente ao valor máximo permitido pela legislação para as águas amostradas. Esta pode ser uma metodologia aplicável em áreas onde não há a amostragem de todas as microbacias.

### **Água de abastecimento**

Cerca de 80% da área da região nordeste do Pará e noroeste do Maranhão possui valores de pH abaixo de 6, tornando a água imprópria para consumo humano.

Não foram encontrados elementos que sugiram uma contaminação antrópica dos poços amostrados e, a grande extensão das anomalias obtidas, indica uma origem geogênica para as mesmas. Os elementos dosados encontravam-se, portanto, ou no caminho da recarga da água subterrânea ou na rocha hospedeira constituída por alúvios quaternários, sedimentos pós-Barreiras ou em rochas da Formação Barreiras.

Os elementos Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn apresentaram resultados acima do limite máximo permitido, destacando-se o Al (1,8 mg/L) e o Pb (1,45 mg/L) por sua nocividade e pelas concentrações encontradas, 18 e 145 vezes o valor máximo permitido pelo CONAMA.

A aplicação do conceito do Teor de Exposição aos resultados das águas de abastecimento, constante na tabela 14, demonstra que, a região de Barcarena / Vila dos Cabanos e a sede de Moju teriam a maior prioridade em matéria de ações envolvendo a correção da qualidade da água e a análise de doenças causadas pela ingestão excessiva de metais pesados, principalmente o

Ferro, no âmbito da Folha Belém. Os demais municípios mencionados seriam prioritários entre os 62 investigados pelo Projeto PGAGEM.

### **Água de superfície**

A maior parte das amostras de água de drenagem coletadas possui pH ácido, próximo ou abaixo do pH da chuva na região que se situa na faixa de 5 a 5,5. Como a amostragem foi efetuada no período de seca, este fato pode sugerir um período extremamente rápido de recarga do aquífero livre a partir da precipitação. Tal pH ácido modifica o comportamento geoquímico de alguns elementos, que passam a ter maior mobilidade.

O principal agrupamento de anomalias de 1ª e 2ª ordens de Pb, Al, B, Zn, Cd, Cu e Mg está representado na porção central da região de trabalho. O segundo grupo de anomalias de 1ª e 2ª ordens está representado pelo Br, Cl, Na, Sr, Ca, Fe, Ba e SO<sub>4</sub>, se estende do limite norte da área de trabalho até o rio Guamá e, em segundo plano, numa faixa anômala na porção sudoeste da área de pesquisa, particularmente na região das cidades de Barcarena e Abaetetuba.

Valores anômalos pontuais foram observados para o Mn, Cr, Co e F, entretanto não apresentam uma evidente correlação entre si e podem sugerir contaminação antrópica. O K apresentou um *trend* anômalo diferenciado, caracterizado por um lineamento segundo NE-SW seccionando toda a área de pesquisa.

Os valores de condutividade e temperatura apresentaram *trends* anômalos semelhantes e acompanham as anomalias do segundo grupo acima mencionado. As anomalias de oxigênio dissolvido acompanham, de maneira generalizada, a distribuição do K. Somente na porção central e na região sudoeste da área de pesquisa ocorrem valores de pH compatíveis para o consumo humano.

As seguintes regiões apresentaram o maior número de elementos anômalos: Rio Itá (Al, B, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn); Rio Mojuim – Braço Esquerdo do Rio Marapanim, (B, Ca, Fe, K, Mg, Sr, Cl, Br e Na) e Igarapé Guajará-Açu – Igarapé Mariquita (B, Ba, Pb, Zn, SO<sub>4</sub>, Al, Cd, Cu e Fe). Essas três regiões apresentam-se alinhadas segundo a direção N-S. No extremo oeste da

região de pesquisa localiza-se o Igarapé Guajará da Serrana, que também se destacou pelo elevado número de elementos anômalos: Al, Cd, Pb, Zn e F. Em termos de associações geoquímicas anômalas destacam-se as formadas por B-Al-Cd-Pb-Zn.

A maior parte das anomalias ocorre em região de afloramento dos sedimentos pós-Barreiras, a norte do rio Guamá, considerando-se plausível que, todos os elementos químicos porventura ainda presentes nos sedimentos pós-Barreiras estão sendo lixiviados, indo se concentrar nas águas superficiais e nos aquíferos subterrâneos.

### **Sedimento de corrente**

A análise dos mapas de isotores efetuados evidencia três tipos de comportamento, claramente separados e individualizados. Apresentam ocorrências pontuais dispersas ao longo de toda a área, com poucos resultados acima do valor médio os elementos Au, Mo, S, Se, Sb, Sn e Ti. Outro grupo apresenta ocorrências que abrangem toda a área, com trends dispersos e esparsos que avançam para o bloco ao norte do rio Guamá, apesar de mostrar nítida ocorrência de muitos valores acima do *background* no bloco sul do rio Guamá, e é formado pelos elementos: Ag, As, Cr, Fe, Hg, In, Mn e V. Todos os outros 30 elementos formam o terceiro grupo, que demonstra claramente a existência de duas populações distintas, com quase todas as amostras do bloco a sul do rio Guamá apresentando valores acima do *background* e todas as regiões anômalas ocorrendo também neste bloco e em duas amostras nas proximidades do litoral de Vigia, no extremo norte da área.

A clara separação existente entre as amostras do bloco sul e do bloco norte do rio Guamá evidenciam a existência de áreas fontes diferentes. Para o bloco norte, a maior incidência dos sedimentos pós-Barreiras, associada a maior parte das anomalias de água detectadas nas mesmas microbacias, sugere que a principal área fonte da sedimentação ativa é a camada de sedimentos pós-Barreiras, que sofreu lixiviação intensa, sendo retirada a maioria dos elementos que passou a compor o lençol freático. Já para o bloco a sul do rio Guamá, a incidência quase exclusiva de rochas da Formação Barreiras, não submetidas aos processos de lixiviação ácida intensos que

ocorreram na porção norte, apresenta amostras que ainda contém grande parte dos elementos originais da rocha-fonte.

Evidencia-se a existência de uma tectônica relativa entre os dois blocos, havendo um movimento de subida do bloco a norte ou de descida do bloco a sul do rio Guamá, sendo o primeiro o mais provável, pois a deposição da sedimentação pós-Barreiras e a posterior lixiviação destes sedimentos exigem que a região tenha ficado sujeita ao intemperismo por mais tempo.

Nos estudos efetuados com amostras de sedimento de corrente e de água de superfície coletados na mesma microbacia, Boro, Cádmio, Sódio e Chumbo foram os elementos que apresentaram as menores magnificações, com resultados de sedimento de corrente variando de 13 a 68 vezes mais do que seus resultados em água, e com as maiores diluições, onde de 7,5% a 1,5% da quantidade do elemento existente no sedimento ativo pode estar passando para a água. Manganês, Alumínio e Ferro apresentaram um comportamento exatamente inverso, com as maiores magnificações, com resultados de sedimento de corrente variando de 10.175 a 72.217 vezes maiores do que seus resultados em água, e com as menores diluições, onde apenas valores abaixo de 0,01% do elemento existente no sedimento ativo podem estar passando para a água. O Manganês apresentou valores relativamente baixos nas duas amostras. Já, Alumínio e Ferro apresentaram valores muito altos tanto na água quanto no sedimento, refletindo processos de lateritização, ferrificação e desferrificação que atingiram ou atingem a região.

Nos mapas integrados efetuados com os isotores das amostras de água e de sedimento de corrente, a projeção da curva do limite máximo permitido para Al e Pb comporta-se de maneira semelhante, extrapolando as regiões de anomalias de água e sedimento e do pH mais básico. Já as curvas de Fe e Zn restringem-se aos limites das curvas de anomalias de água de superfície.

As regiões que apresentaram teores acima dos limites máximos permitidos pela legislação foram estudadas com mais detalhe, sendo definidos elementos com padrão de distribuição geogênico amplo e geogênico restrito ou antropogênico.

Os elementos Alumínio, Boro, Chumbo, Cobre e Ferro, apresentam padrão de distribuição geogênico amplo. Para estes elementos, foram elaborados mapas com todas as informações disponíveis de todos os tipos de materiais amostrados. Considerou-se como prioridade a investigação das regiões onde anomalias de água de abastecimento, água de superfície, sedimento de corrente e as curvas dos limites máximos permitidos fossem coincidentes, pois tal fato pode evidenciar um total comprometimento do sistema de aquíferos livre e subterrâneo tornando a região possível foco à exposição de teores nocivos destes elementos. Este grupo deve ter trabalhos de detalhe voltados para a caracterização das fontes naturais que causam a anomalia do elemento, sendo que, nas áreas definidas como prioritárias, um estudo no âmbito médico já pode ser levado a efeito com as populações residentes.

Os elementos Flúor, Cádmiio, Cobalto, Cromo e Mercúrio apresentam um padrão de distribuição restrito, que pode ter características geogênicas ou antropogênicas, o que deve ser detalhado em estudo futuro. Para estas áreas, o detalhamento, além de procurar as causas naturais dos teores elevados, deve detectar as causas antropogênicas que estão poluindo ou poluíram a drenagem, de forma a cessar ou a minimizar tal ação.

A tabela 15, Microbacias com anomalias geogênicas e antrópicas a serem detalhadas e a figura 18, Mapa das Principais Áreas de Risco Detectadas, compõem a orientação geoquímica a ser enviada aos setores de gestão territorial e de saúde pública pertinentes, de forma que se efetuem estudos detalhados nas áreas delimitadas das microbacias dos igarapés Arapiranga (Abaetetuba), Mariquita (Acará), Guajará-Açu (Bujaru), Bucaia (Acará), Abaeté (Abaetetuba), Guajará da Serrana (Barcarena), Jacarequara (Acará), Araxiteua (Tauá) e Mojuim (S.Caetano), dos rios Tauassuí (Benevides), Itá (Santa Izabel) e Braço Esquerdo do Rio Marapanim (Tauá), tendo em vista os elevados níveis a que estão sendo expostas, a população e o meio ambiente, aos elementos Alumínio, Boro, Chumbo, Cobre, Ferro, Flúor, Cádmiio, Cobalto, Cromo e Mercúrio.

## REFERÊNCIAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASES REGISTRY (ATSDR) Hazardous Substances release. Health effect database – Public Health Statement. 1995. Disponível em: <<http://atsdr1.atsdr.cdc.gov:8080/hazdat.html>>. Acesso em: 12 de setembro de 2007

ANDREAZZINI, M. J.; FIGUEIREDO, B. R. ; LICHT, O. A. B. Comportamento geoquímico do flúor em águas e sedimentos fluviais da região de Cerro Azul, Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n.2, p. 336-346. 2006.

ANJOS, J. A. S. A. dos; SÁNCHEZ, L. E. Impactos ambientais decorrentes do Complexo Minerometalúrgico do chumbo de Boquira / Santo Amaro da Purificação e as possíveis medidas de atenuação. In: SEMINÁRIO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA MINERAÇÃO, 1., 2003, Salvador. *Anais...* Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração – SICM/COMIN, 2003.p. 119-126.

ARAI, M. A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Revista do Instituto de Geociências da USP, Série Científica*, v. 6, n. 2, p.1-6. 2006.

CARVALHO, M. C. *Investigação do registro histórico da composição isotópica do chumbo e da concentração de metais pesados em testemunhos de sedimentos no lago Água Preta, região metropolitana de Belém – Pará*. 2001. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, Belém, 2001.

CARVALHO, Z. L. de *Caracterização geoquímica de sedimentos de fundo nas proximidades do distrito de Icoaraci – PA*. 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, Belém, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) Resolução nº 357/2005. 2005. Disponível em: <<http://www.sosaguas.org.br/legislacao-conama.htm>>. Acesso em: 12 de setembro de 2007

CUNHA, F. G. *Contaminação humana e ambiental por Chumbo no Vale do Ribeira, nos Estados de São Paulo e Paraná, Brasil*. 2003. 111 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

FARACO, M. T. L.; MARINHO, P. A. C.; VALE, A. G. Folha SA.22 – Belém. In: SCHOBENHAUS, C. et al. (Eds.). *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*. CPRM, Brasília, 2004. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil)

FIGUEIREDO, B. R.; CAPITANI, E. M. de; GITAHY, L. C. Exposição humana a contaminação por chumbo e arsênio no vale do Ribeira (SP-PR) In: WORKSHOP DE GEOLOGIA MÉDICA, 2003, Campinas. *Anais*. Campinas: UNICAMP, 2003. 1CD-ROM.

GRATTAN, J. et al. A Legacy of empires? An exploration of the environmental and medical consequences of metal production in Wadi Faynan, Jordan. In: SKINNER, H. C. W. ; BERGER, A. R. *Geology and health - closing the gap*, 16, New York: Oxford University Press, 2003. p. 99-103.

HACON, S. et al. Avaliação de risco da contaminação por mercúrio em áreas de passivos ambientais oriundos de atividade garimpeira na região Norte Matogrossense. DENSP / ENSP – Fundação Oswaldo Cruz. In: WORKSHOP DE GEOLOGIA MÉDICA, 2003, Campinas. *Anais...* Campinas: UNICAMP, 2003. 1 CD-ROM.

HILLERDAL, G. Health problems related to environmental fibrous minerals. In: SKINNER, H. C. W.; BERGER, A. R. *Geology and health – closing the gap*, 18, New York: Oxford University Press, 2003. p. 113-118.

KOLJONEN, T. et al. (Ed.). *The geochemical atlas of Finland*. Helsinque: Geol. Survey of Finland, 1992. 218p.

KORRE, A.; DURUCAN, S. ; KOUTROUMANI, A. Quantitative-spatial assessment of the risks associated with high Pb loads in soils around Lavrio, Greece. *Applied Geochemistry*, n. 17, p. 1029 – 1045. 2002.

LEVINSON, A. A. *Introduction to exploration geochemistry*. Canadá: Applied Publishing Ltd. Calgary, 1974. 569p.

LICHT, O. A. B. Geoquímica multielementar de superfície na delimitação de riscos e impactos ambientais, Estado do Paraná, Brasil. In: SILVA, C. R. da et al. (Eds). *Geologia médica no Brasil*, 5, Rio de Janeiro: CPRM, 2006. p. 21-34.

LINL, N.-F.; TANGL, J.; BIAN, J.-M. College of environment and resources. *Environmental Geochemistry and Health*. v.26, n.1, p. 81-88, mar. 2004. Disponível em: <<http://www.springerlink.com>>. Acesso em 12 de setembro de 2007

LINS, C. A. C. *Manual de geoquímica do Programa Brasileiro de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM – BRASIL)*. Rio de Janeiro: CPRM, 2003.

LOPES JR., Í. *Atlas geoquímico do Vale do Ribeira: geoquímica dos sedimentos ativos de corrente*. São Paulo, CPRM, 2005. 77p.

LUKASHEV, K. Distribution of some respiratory diseases within the Minsk Oblast (region). *Medical Geology Newsletter*, n. 7, p. 14-15. 2003.

MACAMBIRA, E. M. B.; VIGLIO, E. P. Geoquímica ambiental e geologia médica da região Guajarina - Nordeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 10., 2005. Recife. *Anais*. Recife, 2005. 1 CD-ROM.

MACAMBIRA, E. M. B.; VIGLIO, E. P. Caracterização geoquímica das águas de sistema de abastecimento público da Amazônia Oriental. In: SILVA, C. R. da. et al. (Eds). *Geologia médica no Brasil*, 26, Rio de Janeiro: CPRM, 2006a. p. 174-182.

MACAMBIRA, E. M. B.; VIGLIO, E. P. Geoquímica e geologia médica das águas de sistema de abastecimento público do NE do Pará e NW do Maranhão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9., 2006, Belém. *Anais*. Belém: CPRM, 2006b. 1 CD-ROM.

MIELKE, H. W. et al. Anthropogenic distribution of Lead. In: SKINNER, H. C. W.; BERGER, A. R. *Geology and health – closing the gap*, 19, N. York.: Oxford University Press, 2003. p. 119-124.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. – MINEROPAR. *Atlas geoquímico do Estado do Paraná*. Curitiba, 2001. 80p.

MIRANDA, L. DA C. P. *Proveniência de arenitos da Formação Barreiras (Mioceno), região de Ipixuna, com base em análise de minerais pesados e datação de grãos de zircão por evaporação de chumbo*. 2004. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004. 1 CD-ROM.

OKE, S. A. Preliminary assessment of the impact of petroleum refinery, Kaduna, Northern Nigeria, on the environment and human health. *Medical Geology Newsletter*, n. 7, p. 11–13. 2003.

OLIVEIRA, S. M. B. de. et al. Comportamento do mercúrio e outros elementos traço em solos lateríticos da província Aurífera do Tapajós. *Geochimica Brasiliensis*, v. 16, n. 1, p. 023-036. 2002.

OREM, H. W. et al. Health effects of toxic organic compounds from coal: from Romania to Powder River basin, Wyoming. *Medical Geology Newsletter*, n.7, p. 3-10. 2003.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – RIPSAs. Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações. 2004. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2004/public.htm>> . Acesso em 12 de setembro de 2007.

PEREIRA, K. R. DE B. *Caracterização geoquímica de sedimentos de fundo da orla de Belém – PA*. 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, Belém, PA, 2001.

PLANT, J. et al. Environmental Geochemistry on a Global Scale. In: SKINNER, H. C. W.; BERGER, A. R. *Geology and health – closing the gap*, 20, N. York.: Oxford University Press, 2003. P.129-134.

ROBBINS, E. I.; HARTHILL, M. Life in a copper province. In: SKINNER, H. C. W. ; BERGER, A. R. *Geology and health – closing the gap*, 17, N. York.: Oxford University Press, 2003. p.105-112.

ROSSETI, D. DE F.; GÓES, A. M. (Eds) *O Neógeno da Amazônia Oriental*. Belém-Pa: Museu Paraense Emilio Goeldi. 2004. 225 p. (Coleção Friedrich Katzer.)

ROSSETI, D. DE F. Evolução sedimentar miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. *Revista do Instituto de Geociências da USP, Série Científica*, v. 6, n. 2, p. 7-18. 2006.

SHARMA, S. K. High Fluoride in groundwater cripples life in parts of India. *Medical Geology Newsletter*, n.7, p. 13-14. 2003.

VIGLIO, E. P.; ANGÉLICA, R. S. A Importância da aplicação de levantamentos geoquímicos regionais multielementares aos campos da saúde humana. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9., 2006, Belém. *Anais*. Belém: SBG, 2006. 1 CD-ROM.

VIGLIO, E. P.; ANGÉLICA, R. S. Geoquímica multielementar de sedimento de corrente na porção Continental da Folha Belém (SA.22-X-D) – região Nordeste do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 11., 2007, Atibaia-SP. *Anais*. Atibaia-SP: SBGq., 2007. 1 CD-ROM .



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**GEOQUÍMICA REGIONAL MULTIELEMENTAR APLICADA AOS  
CAMPOS DA SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL NA PORÇÃO  
CONTINENTAL DA FOLHA SA.22-X-D – BELÉM  
REGIÃO NORDESTE DO PARÁ**

**MAPAS E ANEXOS**

**Dissertação apresentada por:**

**EDUARDO PAIM VIGLIO**

---

**BELÉM  
2008**



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOQUÍMICA REGIONAL MULTIELEMENTAR APLICADA  
AOS CAMPOS DA SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL NA  
PORÇÃO CONTINENTAL DA FOLHA SA.22-X-D – BELÉM  
REGIÃO NORDESTE DO PARÁ**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

**EDUARDO PAIM VIGLIO**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em  
Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: **12/05/2008**

Comitê de Dissertação:

---

RÔMULO SIMÕES ANGÉLICA (ORIENTADOR)

---

OTÁVIO AUGUSTO BONI LICHT

---

JOSÉ AUGUSTO MARTINS CORRÊA

---

Belém

## **AGRADECIMENTOS**

Por várias vezes, ao longo de 25 anos de formado, pensei em voltar a estudar. Fato este que só se tornou possível quando, ao ingressar no Serviço Geológico do Brasil – CPRM, fui colocado diante de assunto tão fascinante quanto a Geologia Médica. Ter a oportunidade de colocar em prática conhecimentos de prospecção geoquímica para diminuir a ocorrência de doenças nas pessoas foi o principal fator que motivou esta dissertação, tão pacientemente discutida e corrigida por meu orientador Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica e pelos membros da banca que forneceram contribuições valiosas. Tal empreitada não teria sido possível, sem o auxílio de diversos colegas da CPRM, principalmente o Gerente de Recursos Minerais Orlando Araújo e o geólogo Edesio Macambira. Meus sinceros agradecimentos aos técnicos Alderan Souza e José Paulo Melo, e aos estagiários André Souza e Gilvana Soledade, alunos de graduação em geologia da UFPA. Agradeço a CPRM por ter cedido e permitido o uso dos dados por mim obtidos nos Projetos de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – PGAGEM e Mapeamento Geológico e Potencial Mineral da Região Metropolitana de Belém – Folha Belém.

## RESUMO

O presente trabalho diz respeito a dados obtidos durante a prospecção geoquímica multielementar de caráter regional executada para o Projeto Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – PGAGEM, do Serviço Geológico do Brasil – CPRM nos anos de 2004 e 2005, na área da Folha Belém – SA.22-X-D, em escala de 1:250.000. Foi realizada coleta em 74 pontos de drenagem com microbacias com mais de 100 Km<sup>2</sup> de área, de amostras de água de superfície e sedimento de corrente, analisadas para 33 e 53 elementos respectivamente. As águas de abastecimento público das 62 sedes municipais da região nordeste do Pará e noroeste do Maranhão também foram amostradas e analisadas. A interpretação foi feita visando compreender o padrão de distribuição dos elementos no ambiente. As amostras de água foram mantidas sob refrigeração e analisadas no Laboratório da CPRM no Rio de Janeiro – LAMIN, por ICP-OES. Parâmetros físico-químicos das águas foram medidos no campo (pH, condutividade, Oxigênio dissolvido, salinidade e temperatura). As amostras de sedimento de corrente foram coletadas de maneira composta, secas à sombra, e as análises foram feitas no Laboratório Acme, por geração de hidretos acoplado a ICP-OES para Arsênio e Selênio; geração de vapor de mercúrio acoplado a espectroscopia de absorção atômica - CVAAS para o Mercúrio e ICP OES para os demais elementos. Aos valores numéricos oriundos de tratamento estatístico dos dados obtidos foram incluídos na interpretação dos mapas geoquímicos também os valores máximos permitidos pela legislação brasileira para água definida pelo CONAMA, pelo Ministério da Saúde ou pela Organização Mundial de Saúde. Os resultados das amostras de sedimento de corrente definiram duas populações com duas áreas fontes distintas, a Formação Barreiras, a sul do Rio Guamá, constituindo sedimentos de corrente argilosos e os sedimentos pós-Barreiras, a norte, submetidos a processo de lixiviação intensa, constituindo sedimentos de corrente arenosos. Tal fato permite a sugestão de duas hipóteses: a existência de uma tectônica relativa entre os dois blocos, visto que para sofrer a lixiviação, o bloco norte precisou ficar mais tempo exposto ao intemperismo; e a espera de teores geogênicos extremamente baixos para os sedimentos da margem direita do rio Guamá, nas proximidades da região metropolitana de Belém. São lançados os conceitos de anomalia geogênica de conotação ampla para definir um padrão natural de distribuição do elemento químico; de anomalia geogênica de conotação restrita, cuja causa tanto pode ser natural

quanto antrópica; e do fator denominado Teor de Exposição, definido como o produto do teor encontrado, pela ingestão média diária de água e pelo tempo de duração da exposição aplicado à população atingida, que auxilia na avaliação do risco e na priorização de trabalhos de detalhe. Foram detectadas 12 microbacias onde a presença em concentrações anormais geogênicas amplas de Al, B, Cu, Fe e Pb, e geogênicas restritas de Cd, Co, Cr, F e Hg, podem estar expondo seres vivos a situações geradoras de doenças. A aplicação do Teor de Exposição prioriza as sedes municipais de Barcarena / Vila dos Cabanos e Moju, dentro da Folha Belém, que se encontram entre as 10 sedes municipais submetidas a um maior risco de exposição para a região Nordeste do Pará. Não se conseguiu obter correlações diretas e inequívocas entre aumento de casos de morbidade e municípios com concentrações anômalas com os dados existentes no DATASUS – banco de dados do Ministério da Saúde. No entanto, sugere-se a execução imediata de pesquisas médicas nas regiões das microbacias que possuem anomalias geogênicas amplas de Al, Pb, Cu, Fe e B. Estas regiões encontram-se indicadas no Mapa de Orientação Geoquímica para Gestão Territorial e de Saúde Pública e necessitam de estudos de detalhe. Confirma-se que a execução de campanhas de prospecção geoquímica de caráter multielementar e de âmbito regional são ferramentas de muita valia no auxílio a formulação de políticas públicas nas áreas de Gestão Territorial e Saúde Pública, por possibilitar a ação preventiva, evitando que pessoas ocupem áreas com risco elevado de exposição a concentrações nocivas de elementos e adoçam.

Palavras chave: Geoquímica ambiental, Geologia Médica, Prospecção Geoquímica, Nordeste do Pará.

## ABSTRACT

The present work was done together with PGAGEM – National Program of the Medical Geology and Environmental Geochemistry Research of CPRM - Geological Survey of Brazil, on the 1:250.000 that took place in northeast of the Pará State and the northwest of Maranhão State. This study focused on the Belém Sheet SA.22-X-D, on the same scale. With regional approach, 74 drainage basins with around 100km<sup>2</sup> were sampled for water and stream sediments. These were analyzed for 33 and 53 elements respectively in order to understand the distribution pattern on the environment. Some points of the public water distribution supply systems were also studied. The water samples were maintained by refrigeration and analyzed by ICP-OES in the LAMIN laboratory of CPRM in Rio de Janeiro. Physicochemical parameters such as pH, conductivity, dissolved oxygen, salinity and temperature were measured *in situ*. The stream sediments samples were collected in various points of the drainage (composed sample), and analyzed at Acme Laboratory using three different analytical methods: hydret generation connected to ICP-OES, for As and Se; mercury vapor generation connected to atomic absorption spectroscopy – CVAAS for Hg and ICP-OES for the others elements. To all the geochemical maps generated for the water samples was added the curve of maximum allowed concentration for the CONAMA/ Brazilian Health Ministry/WHO. It was also possible to define on the opposite margins of the Guamá river two regions with contributions from distinct source areas. On the south portion the primary source area is the Barreiras Formation. On the north portion, the primary source area are sands so called “post Barreiras” from the Pleistocene and submitted to intense lixiviation, with grades always below the background values, where the totality of the original rock elements was removed. The comparison of water and stream sediments results from the same point shows that the migration of the elements from the sedimentary rocks to the water, with pH values varying from 3.6 to 5.5, is a process actually working. More detailed isotopic studies must be done to confirm that despite smaller grades in the right margin, right on the more populated region of Belém city, these grades are anthropogenic, mainly for Pb and Cu. The data of PGAGEM Project for the public water distribution supply systems was reevaluated. Areas of

high concentration and time of exposure were indicated using an expression called the Exposition Grade, the product of the concentration of a chemical element times the daily average ingestion of water (two liters) times the time of exposure. The Exposition Grade Factor defined the localities of Barcarena, Vila dos Cabanos and Moju (located in Belém Sheet), as 3 among 10 localities submitted to the highest exposure risk in all the PGAGEM area. It introduces the concept of ample and restrict geogenic anomaly. The first refers to the natural distribution pattern of elements on the environment. The second refers to both anthropogenic and natural distribution. Twelve basins were detected with ample geogenic anomalies for Al, B, Cu, Fe and Pb, and restrict geogenic anomalies for Cd, Co, Cr, F and Hg. These results are presented on the Geochemical Orientation for the Territorial Management and Public Health Map. This work generated a Geochemical Atlas of the continental portion of the Belém Sheet 1:250.000 scale with analytical results tables and over one hundred geochemical maps. This work confirms that regional and multi-element geochemical surveys outline the distribution patterns of the chemical elements in Nature, and therefore may predict and explain human health problems due to natural factors. This kind of study turns out to be a very useful tool in preventive implementation of Health and Territorial Management public policies.

Key words: Environmental Geochemical, Medical Geology, Geochemical Survey, Northeast of Pará State.

# SUMÁRIO

## VOLUME I

### AGRADECIMENTOS

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	17
<b>3. HISTÓRICO</b> .....	18
<b>4. GEOLOGIA DA ÁREA</b> .....	26
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
5.1 ASPECTOS GEOQUÍMICOS PROSPECTIVOS .....	29
5.1.1 <b>Trabalhos de campo</b> .....	29
5.1.1.1 Amostragem de água de abastecimento público .....	29
5.1.1.2 Amostragem de água de superfície .....	30
5.1.1.3 Amostragem de sedimento de corrente .....	31
5.1.2 <b>Preparação de amostras</b> .....	31
5.1.2.1 Água de abastecimento público e de superfície .....	31
5.1.2.2 Sedimento de corrente .....	31
5.1.3 <b>Análises</b> .....	31
5.2 ASPECTOS BIOMÉDICOS .....	33
5.2.1 <b>Indicadores de saúde</b> .....	33
5.2.2 <b>Indicadores geográficos</b> .....	34
5.2.3 <b>Conceitos de risco toxicológico</b> .....	35
5.3 MÉTODO DE INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS (GEOQUÍMICA E SAÚDE) .....	36
5.3.1 <b>Tratamento estatístico</b> .....	38
5.3.2 <b>Mapas de isotores</b> .....	38
5.3.3 <b>Geologia Médica</b> .....	40
<b>6. RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	46

6.1 GEOQUÍMICA .....	46
6.1.1 <b>Geoquímica das águas de abastecimento</b> .....	46
6.1.1.1 Parâmetros estatísticos .....	47
6.1.1.2 Indicadores físico-químicos .....	48
6.1.1.c Elementos analisados – Cátions .....	48
6.1.1.d Elementos analisados – Ânions .....	53
6.1.2 <b>Geoquímica das águas de superfície</b> .....	54
6.1.2.1 Parâmetros estatísticos .....	54
6.1.2.2 Indicadores físico-químicos .....	56
6.1.2.3 Elementos analisados – Cátions .....	56
6.1.2.4 Elementos analisados – Ânions .....	61
6.1.3 <b>Geoquímica dos sedimentos de corrente</b> .....	62
6.1.3.1 Parâmetros estatísticos .....	62
6.1.3.2 Elementos analisados .....	63
6.2 ASPECTOS BIOMÉDICOS E DE SAÚDE PÚBLICA .....	78
<b>7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	81
7.1 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO .....	81
7.2 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE .....	84
7.3 ORIGEM E SIGNIFICADO DAS ANOMALIAS DE SEDIMENTO DE CORRENTE .....	86
7.4 INTER-RELAÇÃO DAS ANOMALIAS DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE E SEDIMENTO DE CORRENTE PARA UM MESMO ELEMENTO .....	89
7.5 ÁREAS COM TEORES ACIMA DOS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA LEGISLAÇÃO .....	95
7.6 TEOR DE EXPOSIÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS ANÔMALOS .....	102
7.7 ORIENTAÇÃO GEOQUÍMICA PARA GESTÃO TERRITORIAL E DE SAÚDE PÚBLICA .....	103
<b>8. CONCLUSÕES</b> .....	105
<b>9. REFERÊNCIAS</b> .....	111

## LISTA DE TABELAS

### TABELAS

Tabela 1: Resumo das principais recomendações para a preparação de uma base de dados geoquímicos globais .....	21
Tabela 2: Efeitos potenciais sobre a saúde humana de produtos químicos existentes no meio ambiente e elementos associados .....	22
Tabela 3: Relações entre presença/ausência de elementos no ambiente e doenças .....	24
Tabela 4: Análises em amostras de sedimentos de corrente .....	32
Tabela 5: Análises em amostras de água – Cátions .....	33
Tabela 6: Análises em amostras de água – Ânions .....	33
Tabela 7: Parâmetros estatísticos das águas de sistema de abastecimento público .....	47
Tabela 8: Parâmetros estatísticos das águas de superfície .....	55
Tabela 9: Parâmetros estatísticos das amostras de sedimentos de corrente .....	63
Tabela 10: Caracterização dos municípios do nordeste do Pará com presença nociva de elementos químicos em sua rede de abastecimento público .....	79
Tabela 11: Caracterização dos municípios do nordeste do Pará com população, percentual de domicílios abastecidos pela rede de água, pH, profundidade do poço ou sistema de poços amostrados, ano da perfuração, vazão atual, executor, responsável atual pelo abastecimento e número de poços reunidos no sistema amostrado .....	80
Tabela 12: Estimativa preliminar da quantidade e do tempo de exposição da população aos elementos nocivos disponíveis em água do sistema de abastecimento público .....	81
Tabela 13: Comparação de resultados de sedimento de corrente e água de superfície para um mesmo ponto .....	89
Tabela 14: Priorização da execução de trabalhos de detalhe em função do nível de exposição da população .....	102
Tabela 15: Microbacias com anomalias geogênicas e antrópicas a serem detalhadas ..	103

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de localização .....	17
Figura 2: Níveis de Pb em Lavrio, Grécia .....	18
Figura 3: Rotas de Exposição ao Pb .....	20
Figura 4: Contaminação de Pb em New Orleans .....	20
Figura 5: Áreas de baixo selênio na China e doenças correlatas .....	23
Figura 6: Mapa Geológico Integrado .....	28
Figura 7: Elementos analisados por tipo de material amostrado .....	32
Figura 8: Mapa de localização dos pontos de drenagem amostrados .....	37
Figura 9: Mapa Geoquímico de Distribuição do Alumínio .....	91
Figura 10: Mapa Geoquímico de Distribuição do Ferro .....	92
Figura 11: Mapa Geoquímico de Distribuição do Chumbo .....	93
Figura 12: Mapa Geoquímico de Distribuição do Zinco .....	94
Figura 13: Mapa Geoquímico de Interpretação do Alumínio .....	97
Figura 14: Mapa Geoquímico de Interpretação do Chumbo .....	98
Figura 15: Mapa Geoquímico de Interpretação do Cobre .....	99
Figura 16: Mapa Geoquímico de Interpretação do Ferro .....	100
Figura 17: Mapa Geoquímico de Interpretação do Boro .....	101
Figura 18: Mapa das principais áreas de risco detectadas .....	104

**VOLUME II**  
**MAPAS E ANEXOS**

<b>ANEXO A: MAPAS GEOQUÍMICOS</b>	01
<b>ÁGUA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO</b> .....	01
<b>Indicadores Físico-químicos</b> .....	01
Mapa 1: Mapa do pH .....	02
<b>Cátions</b> .....	03
Mapa 2: Mapa Geoquímico do Alumínio – Al .....	04
Mapa 3: Mapa Geoquímico do Bário – Ba .....	05
Mapa 4: Mapa Geoquímico do Boro – B .....	06
Mapa 5: Mapa Geoquímico do Cádmio – Cd .....	07
Mapa 6: Mapa Geoquímico do Cálcio – Ca .....	08
Mapa 7: Mapa Geoquímico do Chumbo – Pb .....	09
Mapa 8: Mapa Geoquímico do Cobalto – Co .....	10
Mapa 9: Mapa Geoquímico do Cobre – Cu .....	11
Mapa 10: Mapa Geoquímico do Cromo – Cr .....	12
Mapa 11: Mapa Geoquímico do Estrôncio – Sr .....	13
Mapa 12: Mapa Geoquímico do Ferro – Fe .....	14
Mapa 13: Mapa Geoquímico do Lítio – Li .....	15
Mapa 14: Mapa Geoquímico do Magnésio – Mg .....	16
Mapa 15: Mapa Geoquímico do Manganês – Mn .....	17
Mapa 16: Mapa Geoquímico do Níquel – Ni .....	18
Mapa 17: Mapa Geoquímico do Potássio – K .....	19
Mapa 18: Mapa Geoquímico do Sódio – Na .....	20
Mapa 19: Mapa Geoquímico do Titânio – Ti .....	21
Mapa 20: Mapa Geoquímico do Zinco – Zn .....	22
<b>Ânions</b> .....	23
Mapa 21: Mapa Geoquímico do Brometo – Br .....	24
Mapa 22: Mapa Geoquímico do Cloreto – Cl .....	25
Mapa 23: Mapa Geoquímico do Flúor – F .....	26

Mapa 24: Mapa Geoquímico do Fosfato – PO <sub>4</sub> .....	27
Mapa 25: Mapa Geoquímico do Sulfato – SO <sub>4</sub> .....	28
<b>ÁGUAS DE SUPERFÍCIE</b> .....	29
<b>Indicadores Físico-químicos</b> .....	29
Mapa 26: Mapa da Condutividade .....	30
Mapa 27: Mapa do Oxigênio Dissolvido .....	31
Mapa 28: Mapa do pH .....	32
<b>Cátions</b> .....	33
Mapa 29: Mapa Geoquímico do Alumínio .....	34
Mapa 30: Mapa Geoquímico do Boro .....	35
Mapa 31: Mapa Geoquímico do Bário .....	36
Mapa 32: Mapa Geoquímico do Cálcio .....	37
Mapa 33: Mapa Geoquímico do Cádmio .....	38
Mapa 34: Mapa Geoquímico do Cobalto .....	39
Mapa 35: Mapa Geoquímico do Cromo .....	40
Mapa 36: Mapa Geoquímico do Cobre .....	41
Mapa 37: Mapa Geoquímico do Ferro .....	42
Mapa 38: Mapa Geoquímico do Potássio .....	43
Mapa 39: Mapa Geoquímico do Magnésio .....	44
Mapa 40: Mapa Geoquímico do Manganês .....	45
Mapa 41: Mapa Geoquímico do Sódio .....	46
Mapa 42: Mapa Geoquímico do Chumbo .....	47
Mapa 43: Mapa Geoquímico do Estrôncio .....	48
Mapa 44: Mapa Geoquímico do Zinco .....	49
<b>Ânions</b> .....	50
Mapa 45: Mapa Geoquímico do Brometo .....	51
Mapa 46: Mapa Geoquímico do Cloreto .....	52
Mapa 47: Mapa Geoquímico do Flúor .....	53
Mapa 48: Mapa Geoquímico do Sulfato .....	54

<b>SEDIMENTOS DE CORRENTE .....</b>	<b>55</b>
Mapa 49: Mapa Geoquímico da Ag – Prata .....	56
Mapa 50: Mapa Geoquímico do Al – Alumínio .....	57
Mapa 51: Mapa Geoquímico do As – Arsênio .....	58
Mapa 52: Mapa Geoquímico do Au – Ouro .....	59
Mapa 53: Mapa Geoquímico do B – Boro .....	60
Mapa 54: Mapa Geoquímico do Ba – Bário .....	61
Mapa 55: Mapa Geoquímico do Be – Berílio .....	62
Mapa 56: Mapa Geoquímico do Bi – Bismuto .....	63
Mapa 57: Mapa Geoquímico do Ca – Cálcio .....	64
Mapa 58: Mapa Geoquímico do Cd – Cádmio .....	65
Mapa 59: Mapa Geoquímico do Ce – Cério .....	66
Mapa 60: Mapa Geoquímico do Co – Cobalto .....	67
Mapa 61: Mapa Geoquímico do Cr – Cromo .....	68
Mapa 62: Mapa Geoquímico do Cs – Césio .....	69
Mapa 63: Mapa Geoquímico do Cu – Cobre .....	70
Mapa 64: Mapa Geoquímico do Fe – Ferro .....	71
Mapa 65: Mapa Geoquímico do Ga – Gálio .....	72
Mapa 66: Mapa Geoquímico do Hf – Háfnio .....	73
Mapa 67: Mapa Geoquímico do Hg – Mercúrio .....	74
Mapa 68: Mapa Geoquímico do In – Índio .....	75
Mapa 69: Mapa Geoquímico do K – Potássio .....	76
Mapa 70: Mapa Geoquímico do La – Lantânio .....	77
Mapa 71: Mapa Geoquímico do Li – Lítio .....	78
Mapa 72: Mapa Geoquímico do Mg – Magnésio .....	79
Mapa 73: Mapa Geoquímico do Mn – Manganês .....	80
Mapa 74: Mapa Geoquímico do Mo – Molibdênio .....	81
Mapa 75: Mapa Geoquímico do Na – Sódio .....	82
Mapa 76: Mapa Geoquímico do Nb – Nióbio .....	83

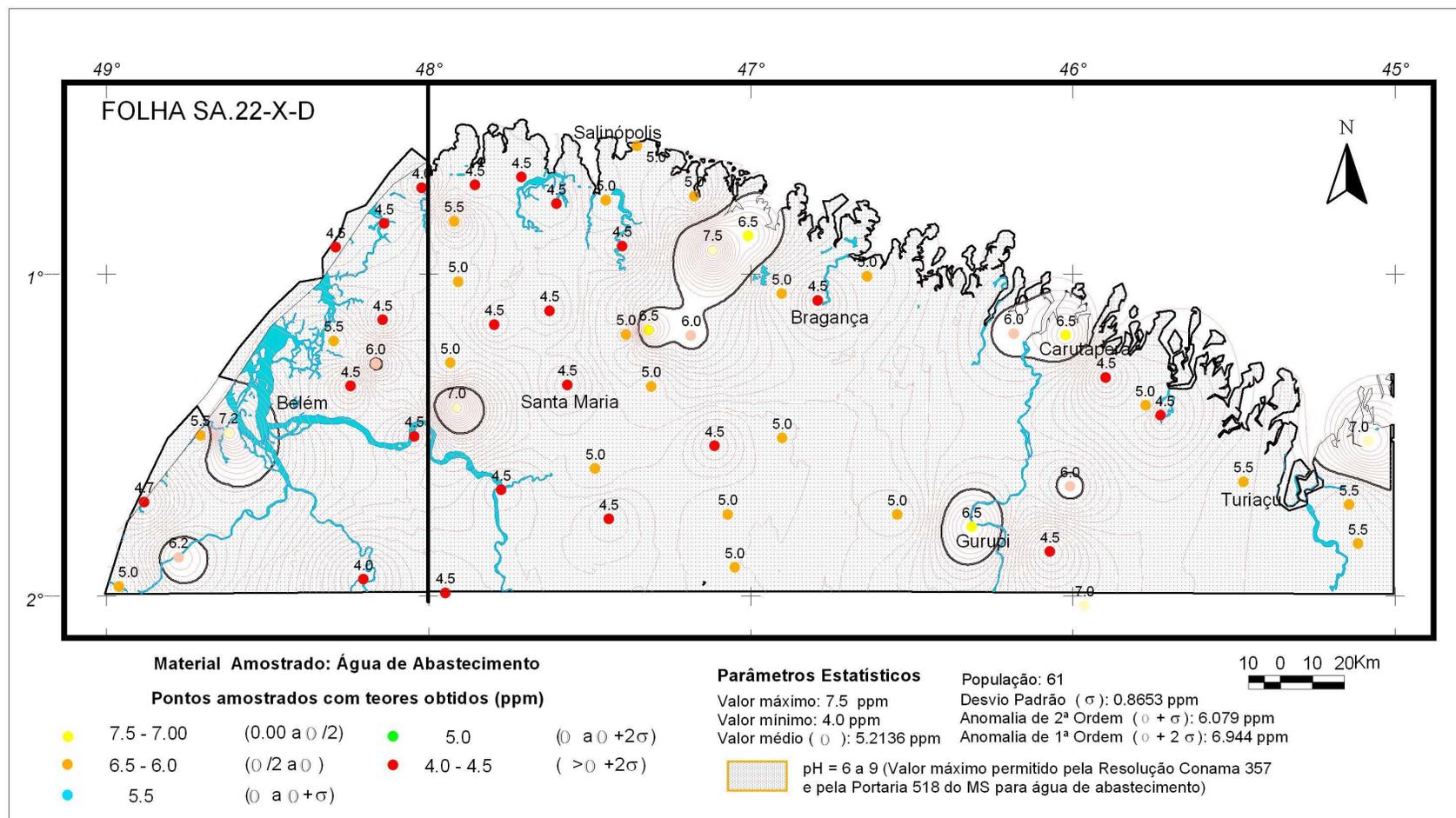
Mapa 77: Mapa Geoquímico do Ni – Níquel .....	84
Mapa 78: Mapa Geoquímico do P – Fósforo .....	85
Mapa 79: Mapa Geoquímico do Pb – Chumbo .....	86
Mapa 80: Mapa Geoquímico do Rb – Rubídio .....	87
Mapa 81: Mapa Geoquímico do S – Enxofre .....	88
Mapa 82: Mapa Geoquímico do Sb – Antimônio .....	89
Mapa 83: Mapa Geoquímico do Sc – Escândio .....	90
Mapa 84: Mapa Geoquímico do Se – Selênio .....	91
Mapa 85: Mapa Geoquímico do Sn – Estanho .....	92
Mapa 86: Mapa Geoquímico do Sr – Estrôncio .....	93
Mapa 87: Mapa Geoquímico do Th – Tório .....	94
Mapa 88: Mapa Geoquímico do Ti – Titânio .....	95
Mapa 89: Mapa Geoquímico do U – Urânio .....	96
Mapa 90: Mapa Geoquímico do V – Vanádio .....	97
Mapa 91: Mapa Geoquímico do Y – Ítrio .....	98
Mapa 92: Mapa Geoquímico do Zn – Zinco .....	99
Mapa 93: Mapa Geoquímico do Zr – Zircônio .....	100
<b>Anexo B:</b> Água de Abastecimento – Localização e Caracterização dos Poços .....	101
<b>Anexo C:</b> Água de Superfície – Localização e Parâmetros Físico-químicos .....	102
<b>Anexo D:</b> Sedimento de Corrente – Localização e Características Físicas.....	103
<b>Anexo E:</b> Água de Abastecimento – Resultados Analíticos .....	105
<b>Anexo F:</b> Água de Superfície – Resultados Analíticos .....	108
<b>Anexo G:</b> Sedimento de Corrente – Resultados Analíticos .....	112
<b>Anexo H:</b> Água de Superfície – Parâmetros Estatísticos .....	118
<b>Anexo I:</b> Sedimento de Corrente – Parâmetros Estatísticos .....	121
<b>Anexo J:</b> Tabela DATASUS – Morbidade Hospitalar por Local de Residência .....	124

## **ANEXO A**

### **MAPAS GEOQUÍMICOS**

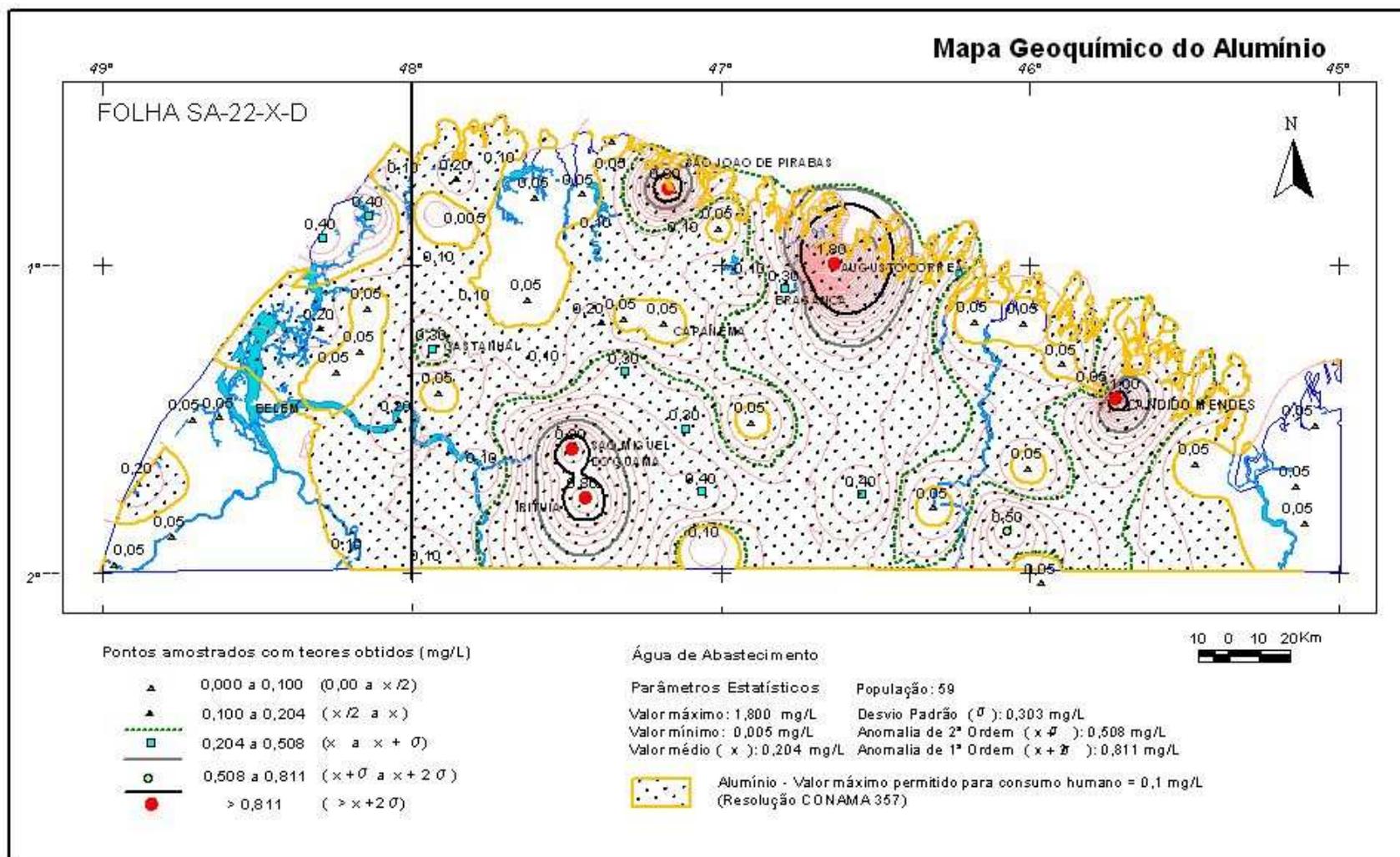
**Água de Sistema de Abastecimento Público**  
**Indicadores Físico-químicos**

Mapa 1: Mapa do pH

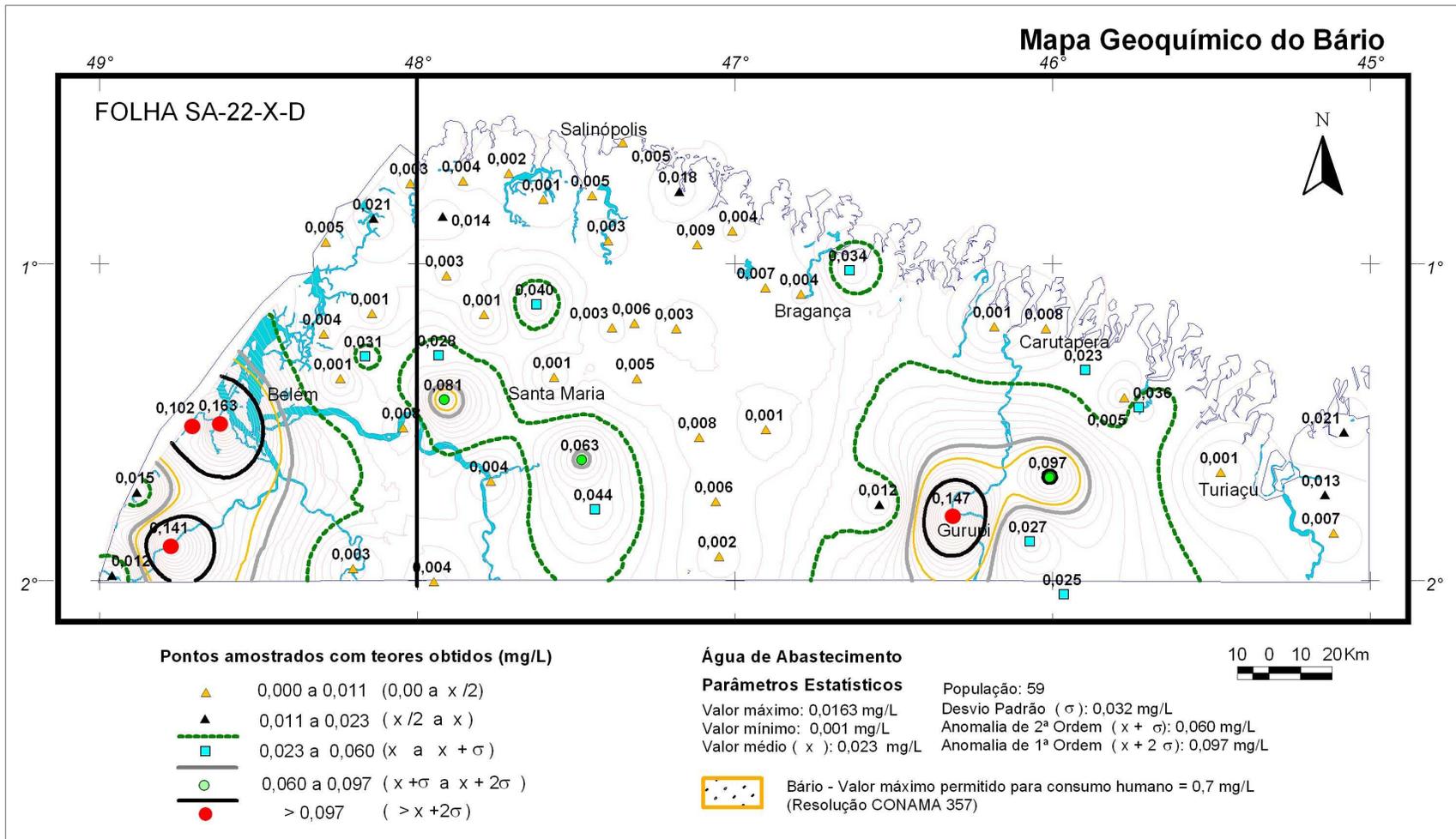


**Água de Sistema de Abastecimento Público**  
**Cátions**

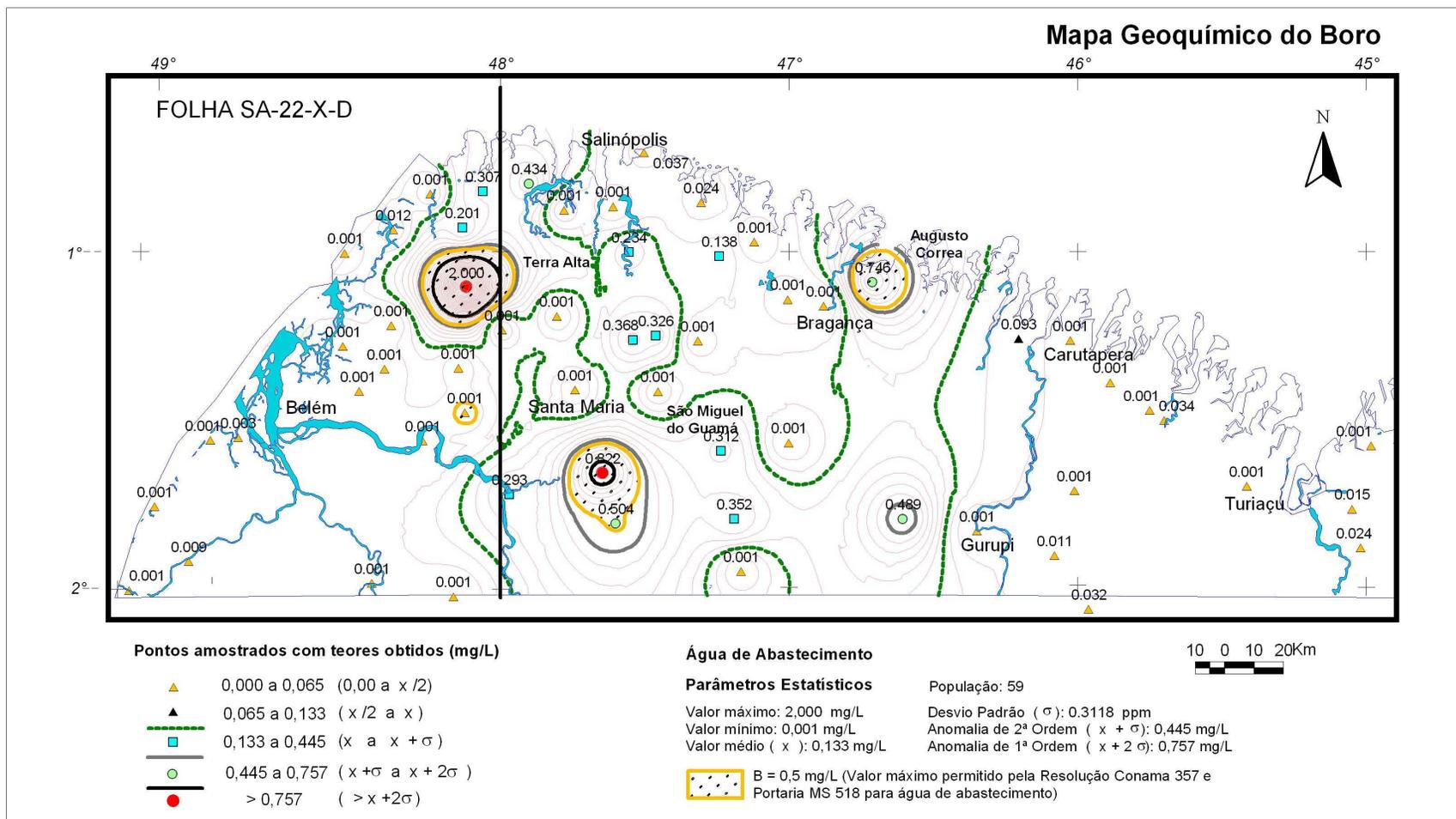
Mapa 2: Mapa Geoquímico do Alumínio



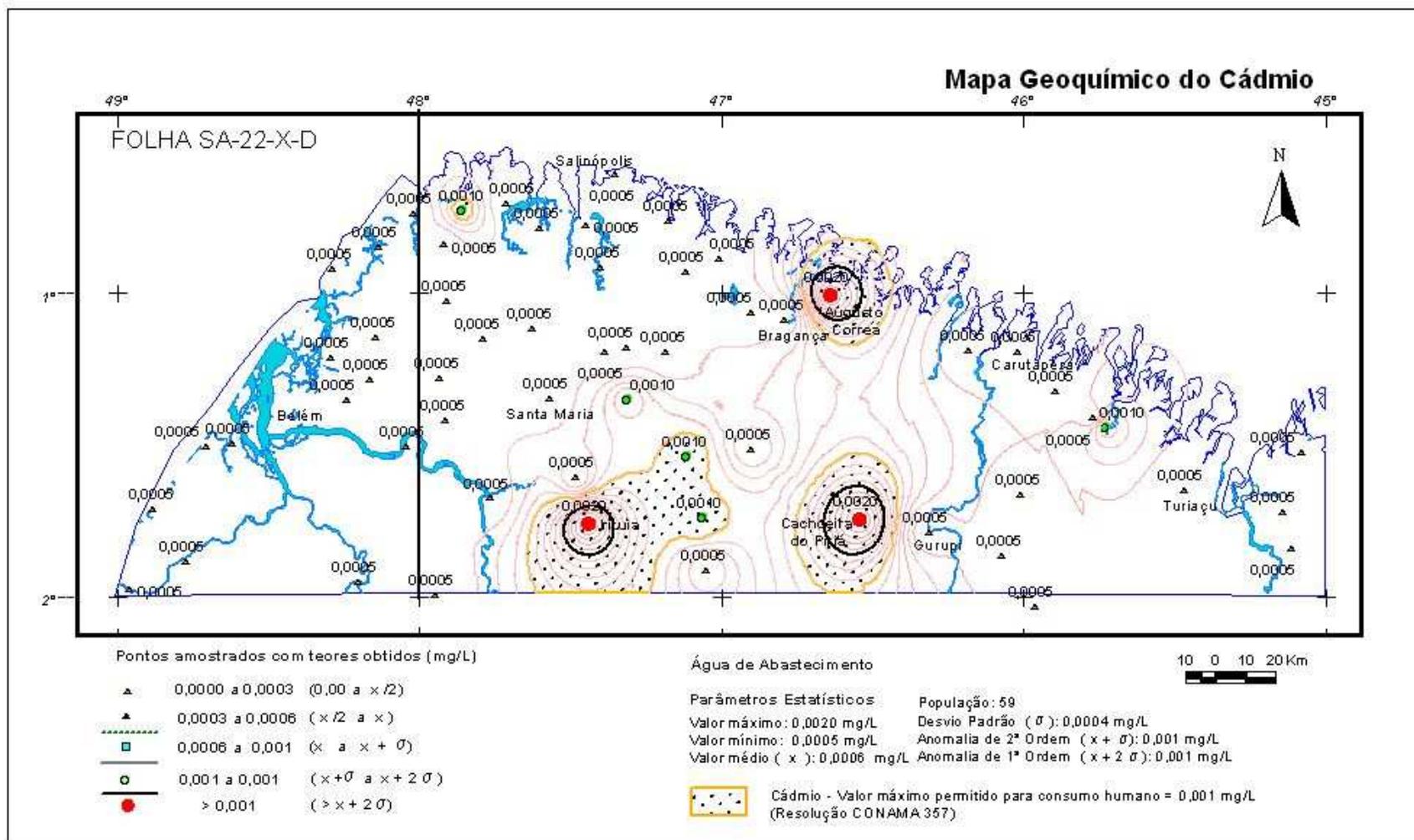
Mapa 3: Mapa Geoquímico do Bário



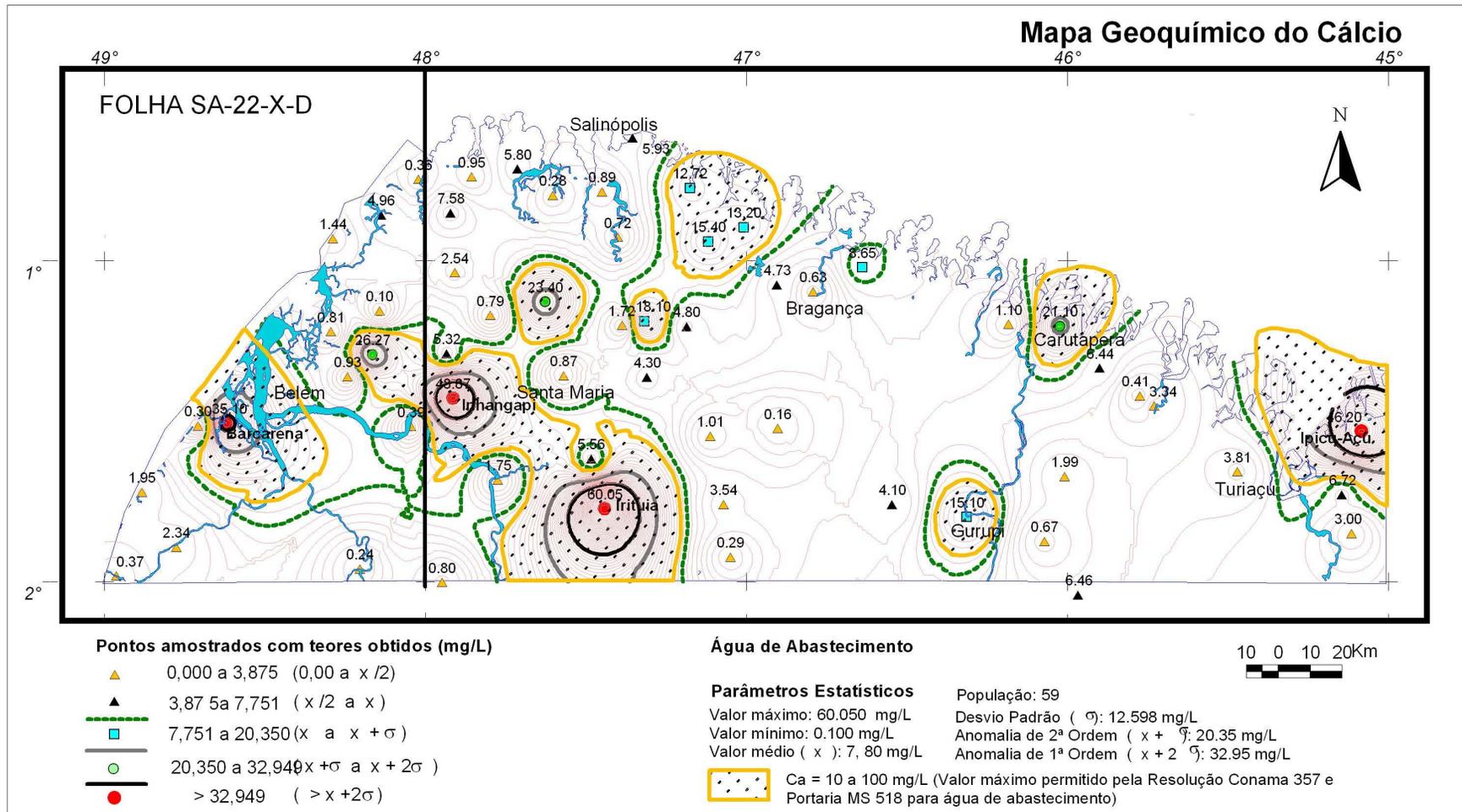
Mapa 4: Mapa Geoquímico do Boro



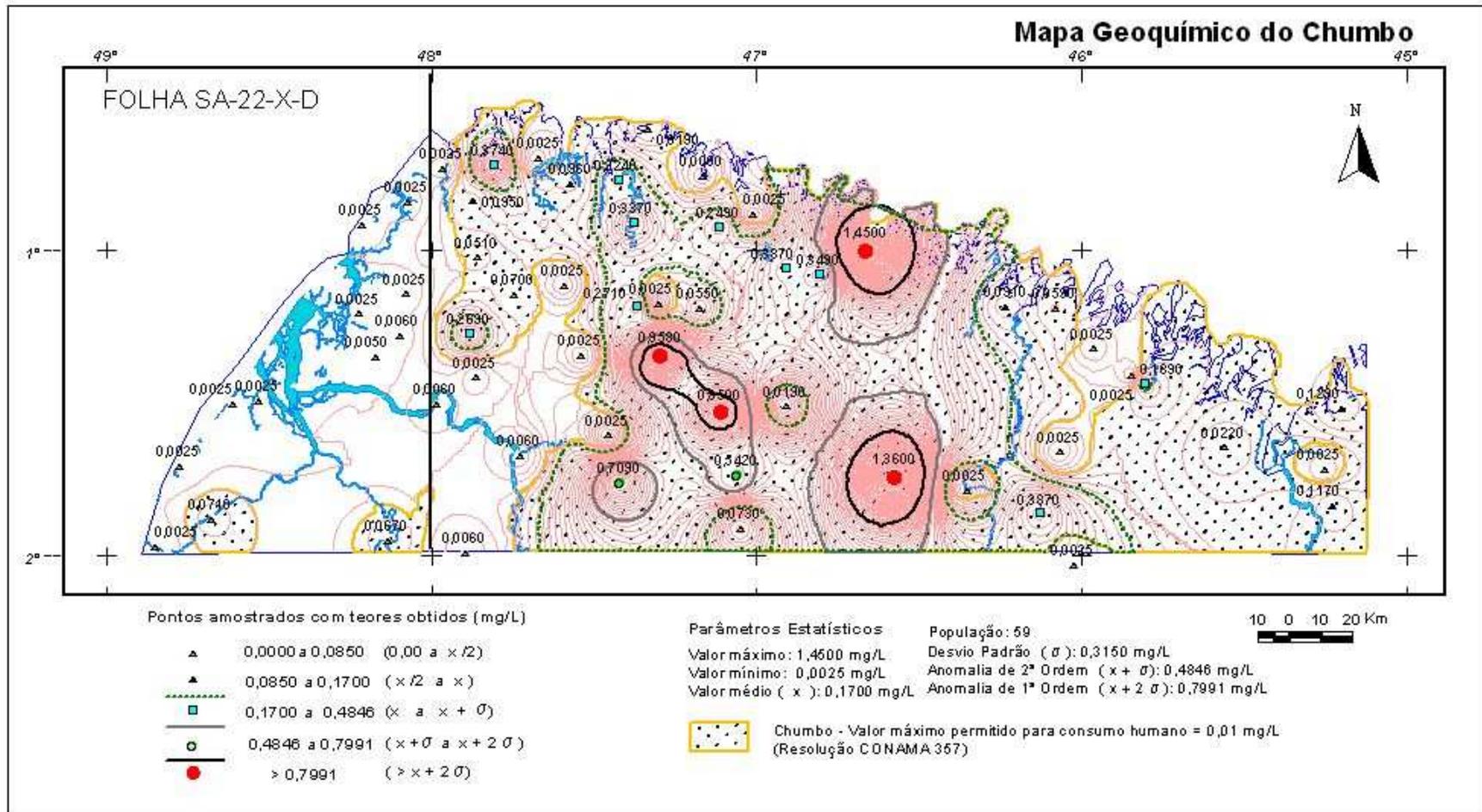
Mapa 5: Mapa Geoquímico do Cádmiu



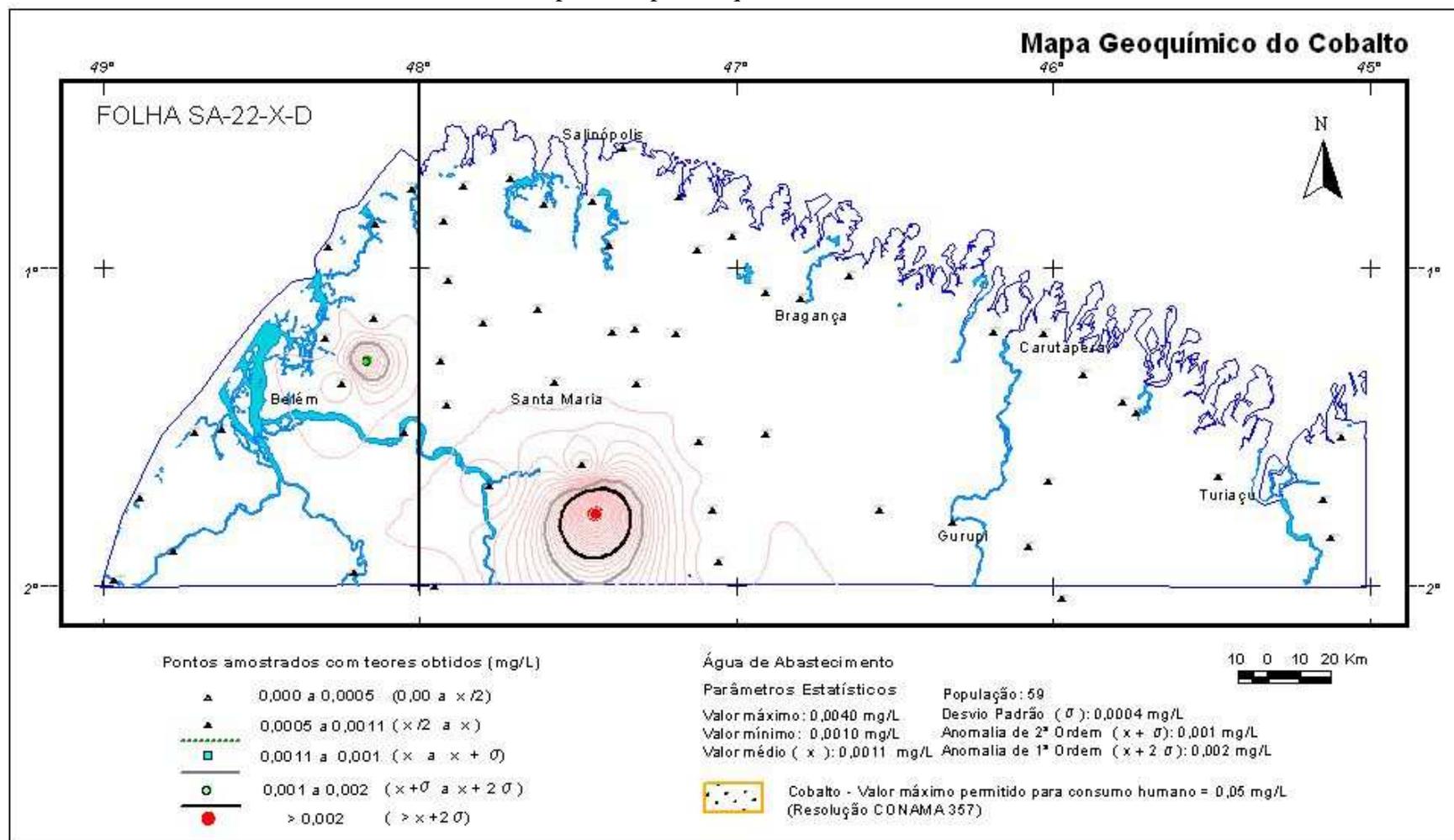
Mapa 6: Mapa Geoquímico do Cálcio



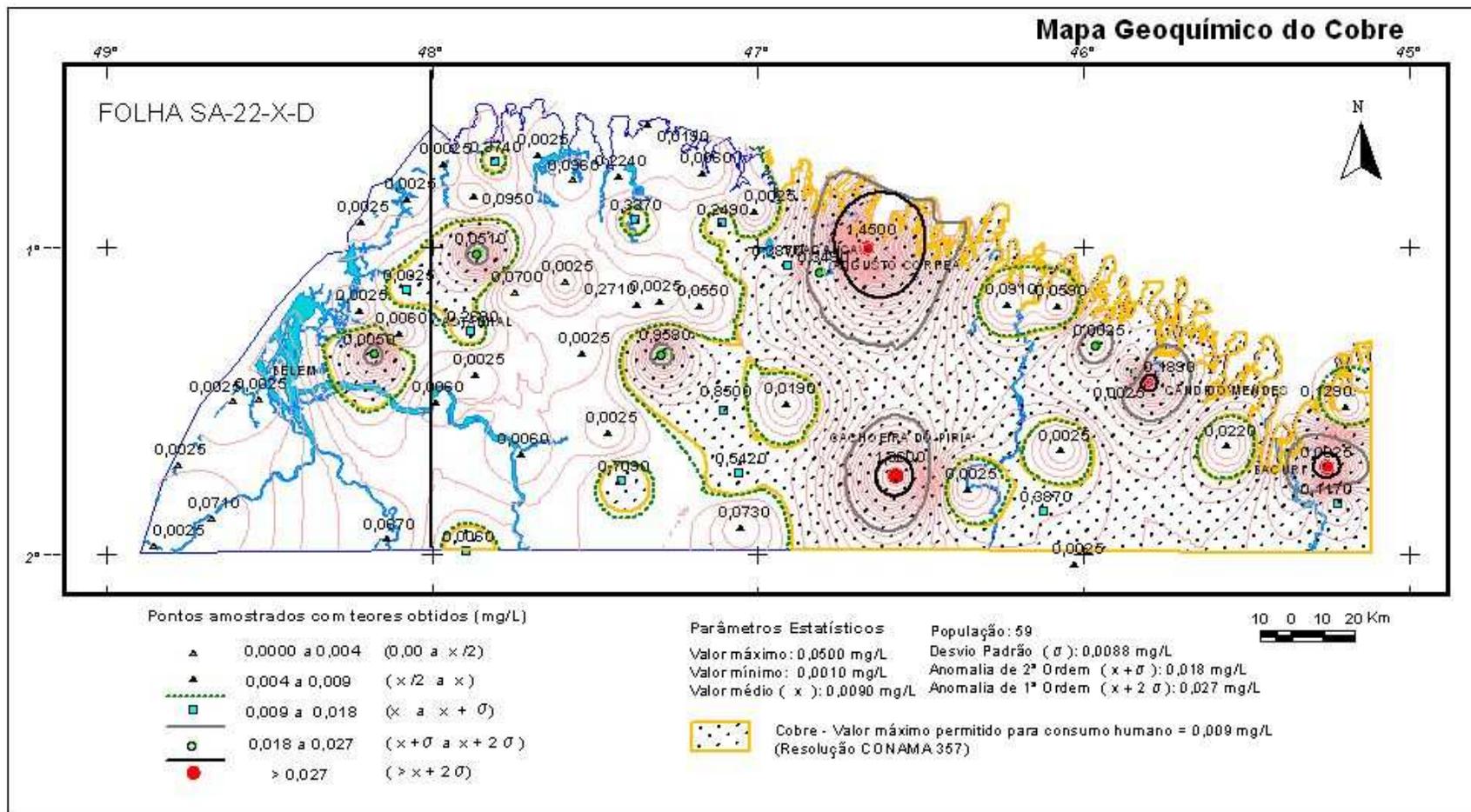
Mapa 7: Mapa Geoquímico do Chumbo



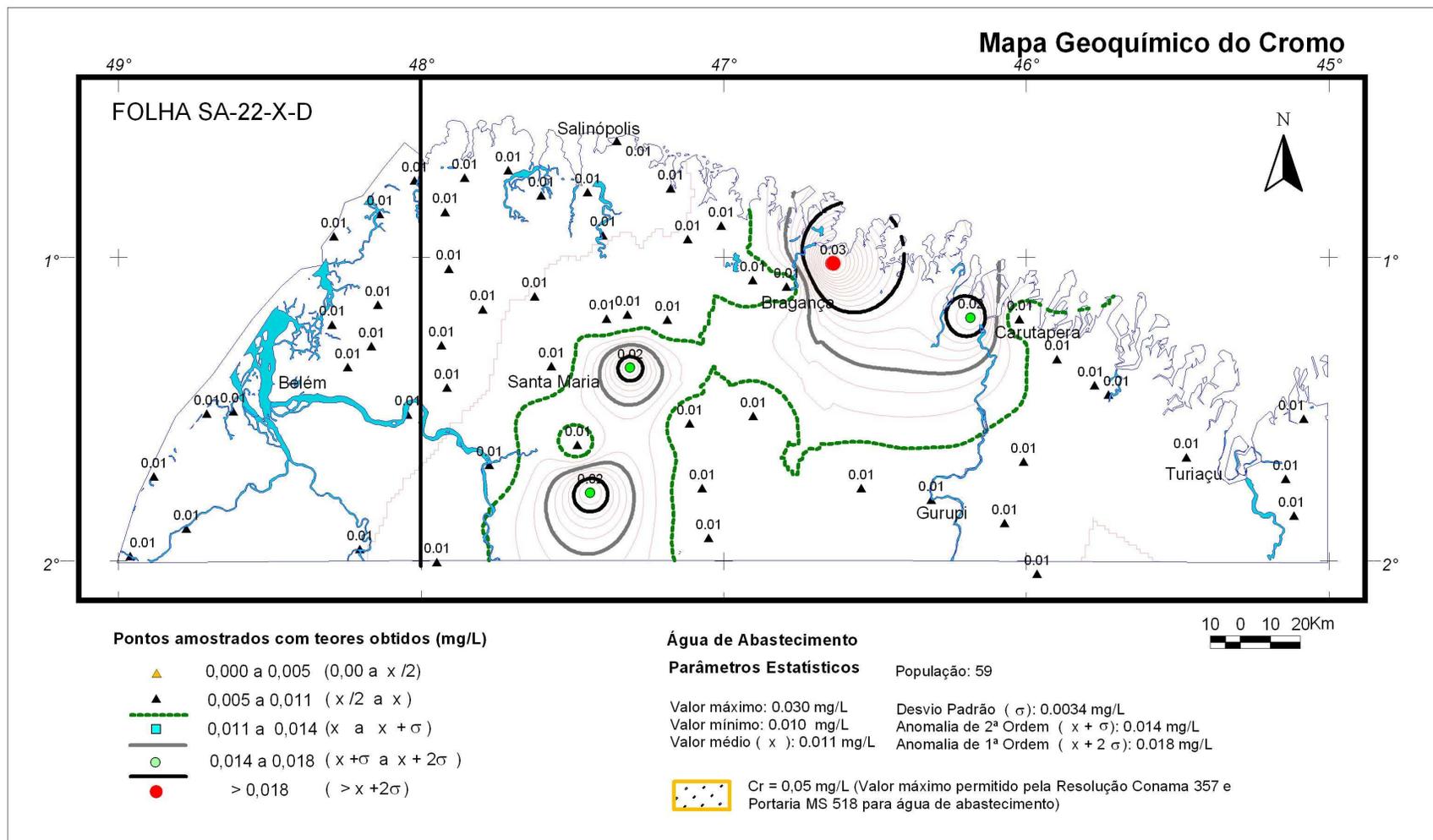
Mapa 8: Mapa Geoquímico do Cobalto



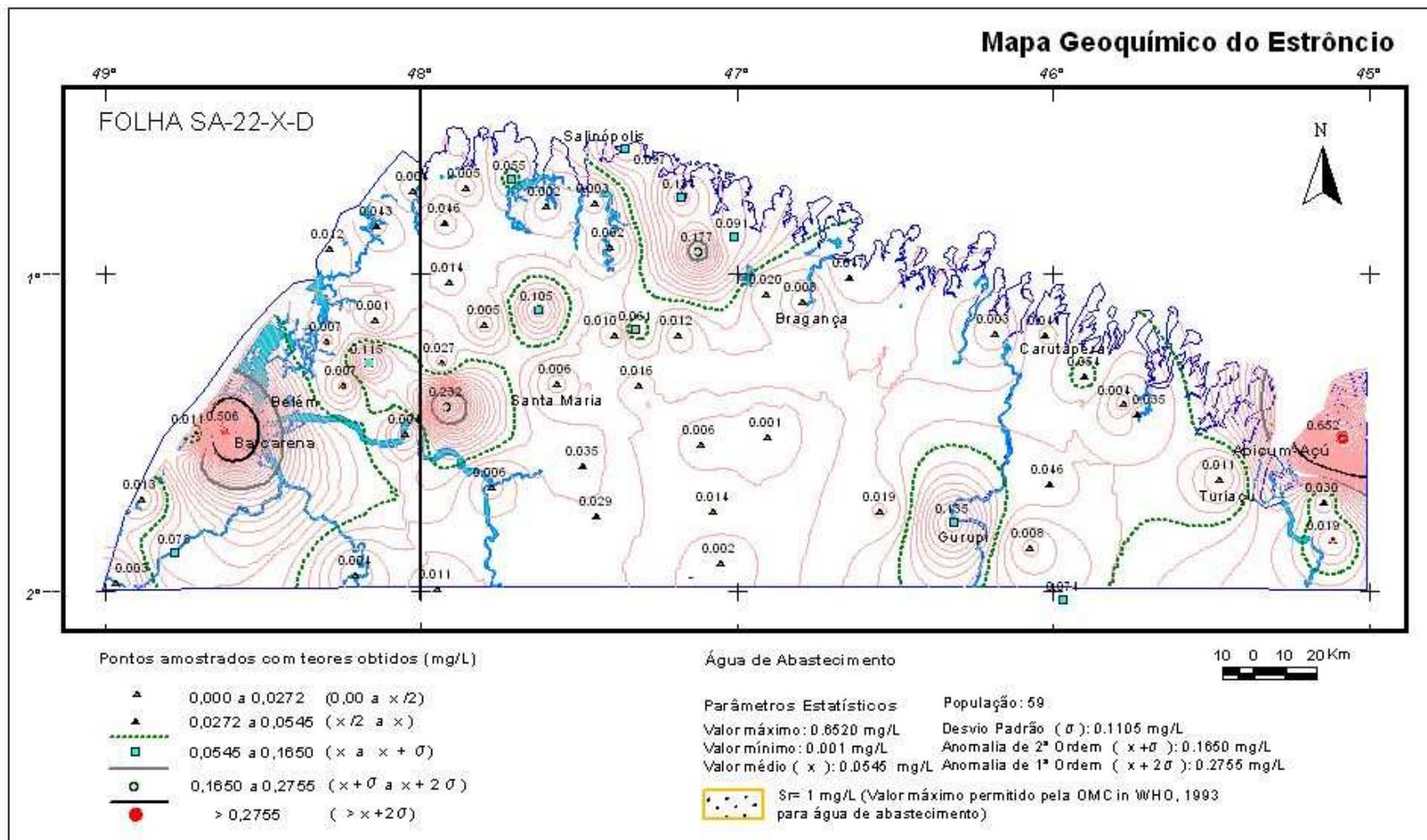
Mapa 9: Mapa Geoquímico do Cobre



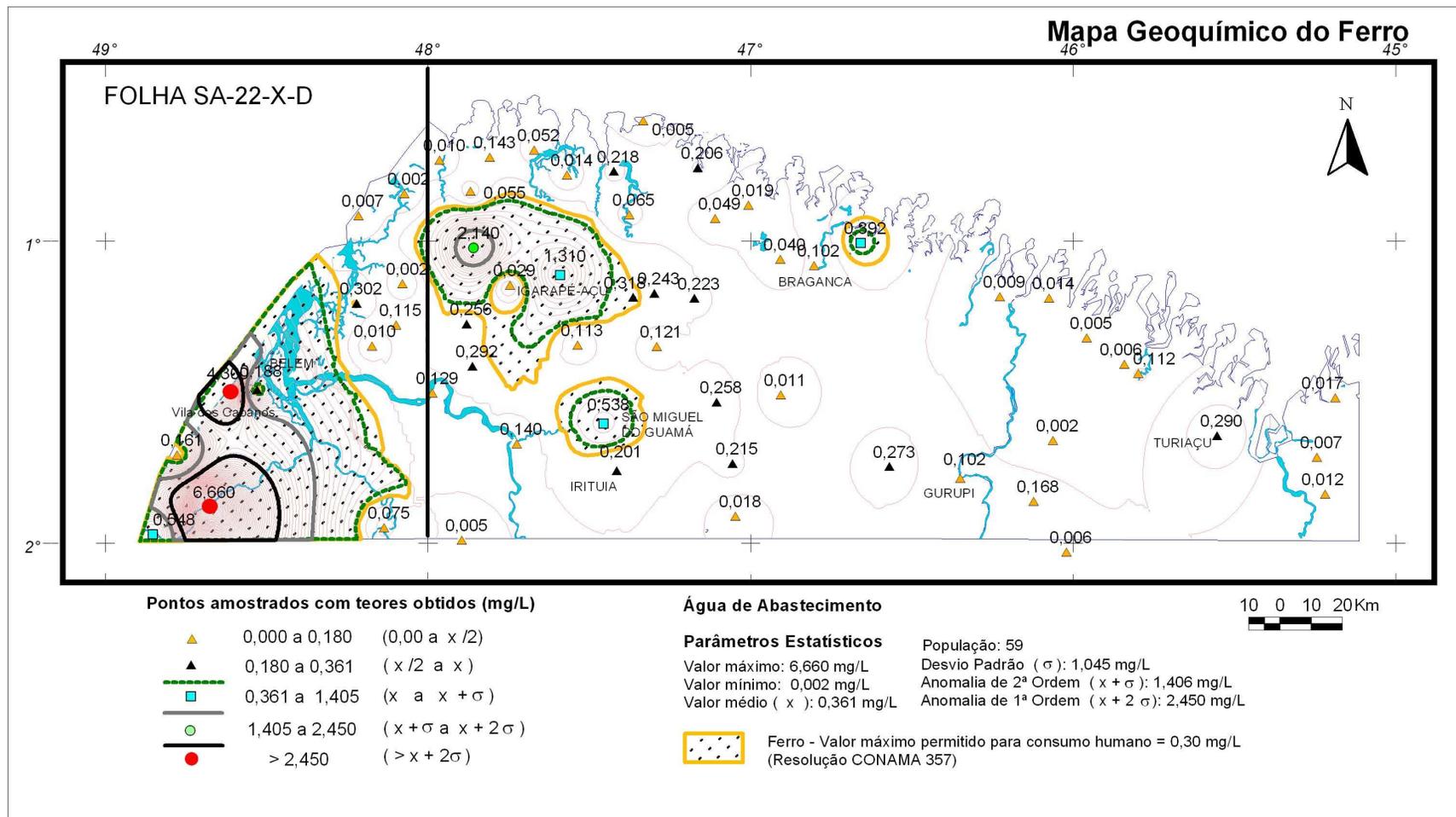
Mapa 10: Mapa Geoquímico do Cromo



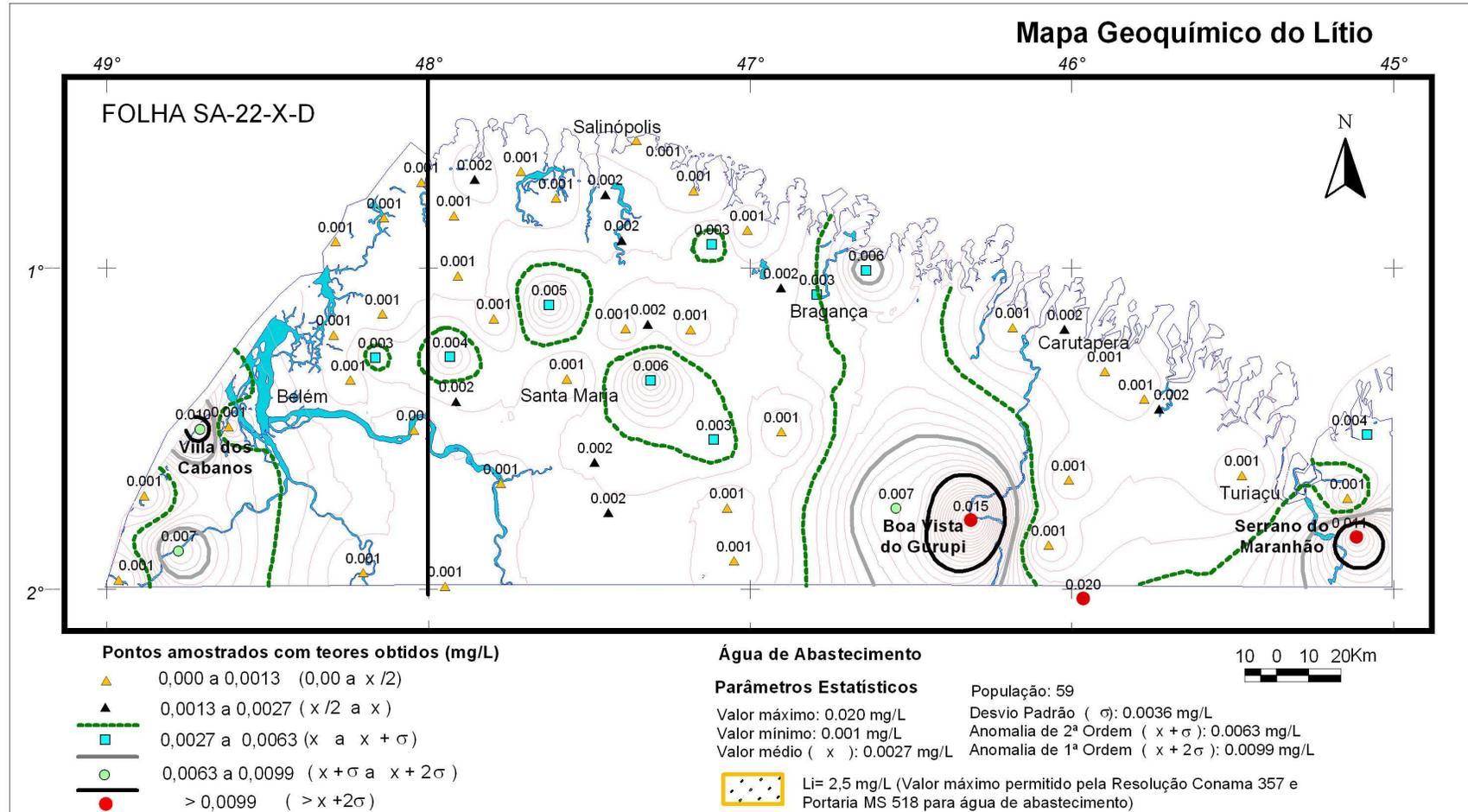
Mapa 11: Mapa Geoquímico do Estrôncio



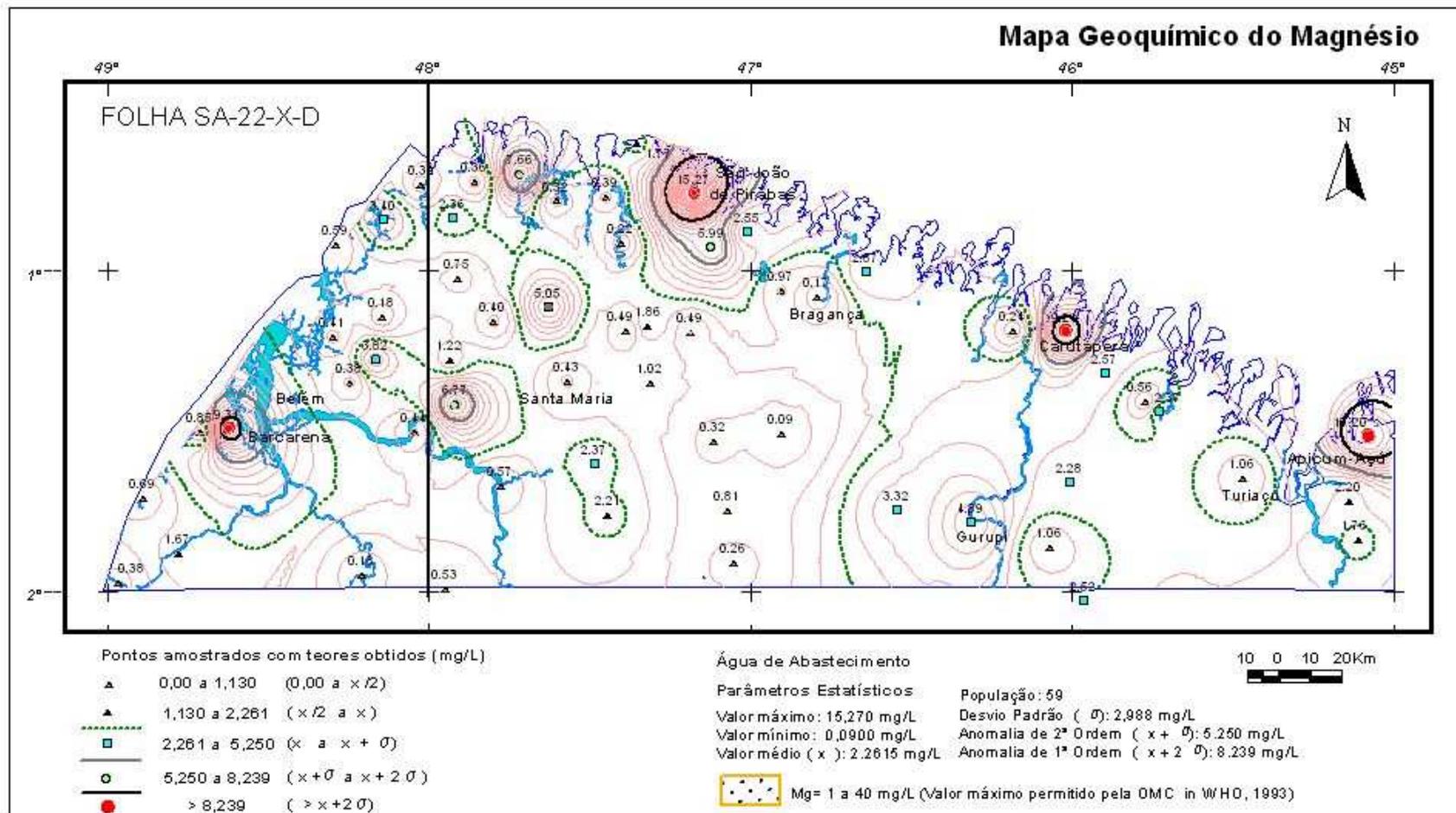
Mapa 12: Mapa Geoquímico do Ferro



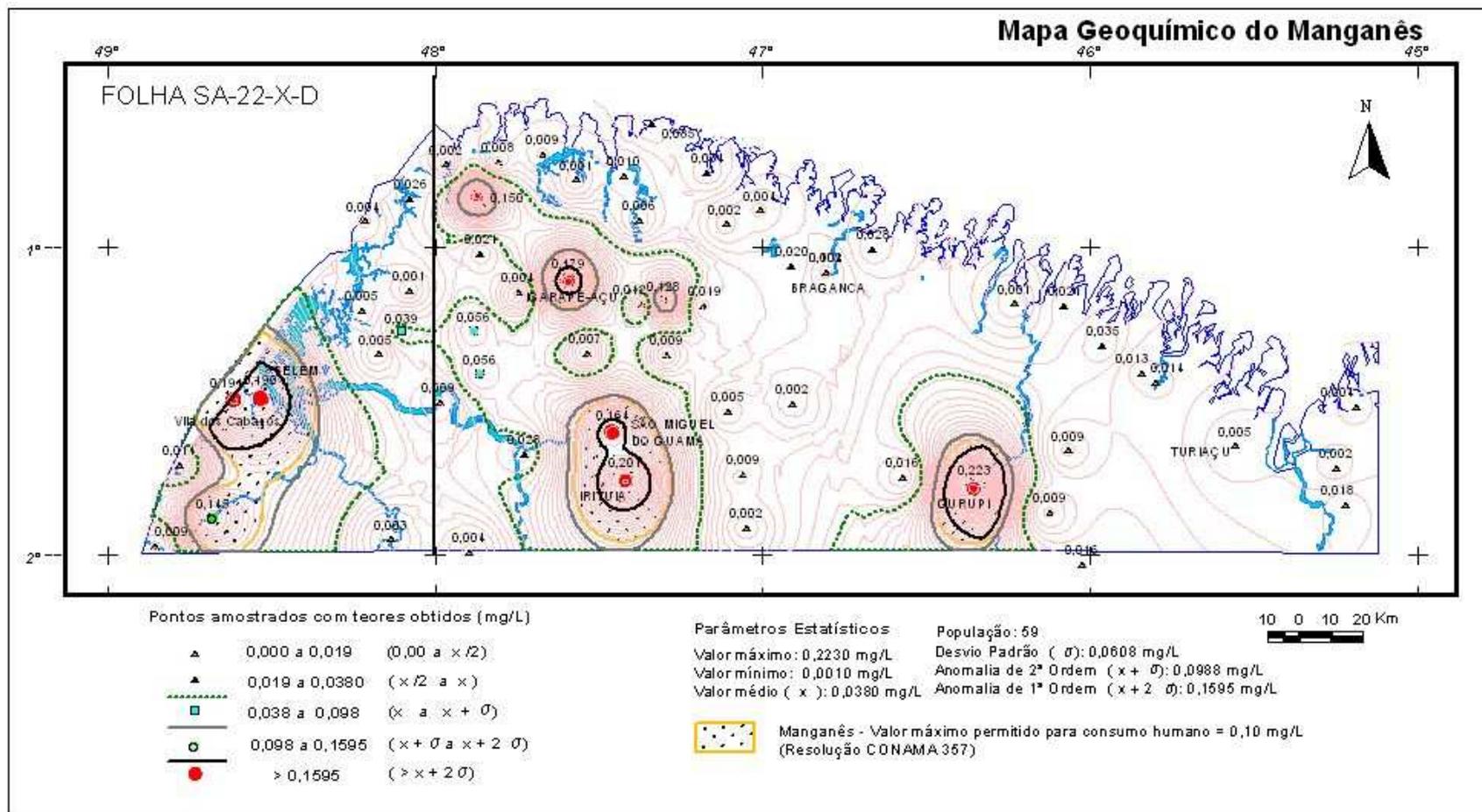
Mapa 13: Mapa Geoquímico do Lítio



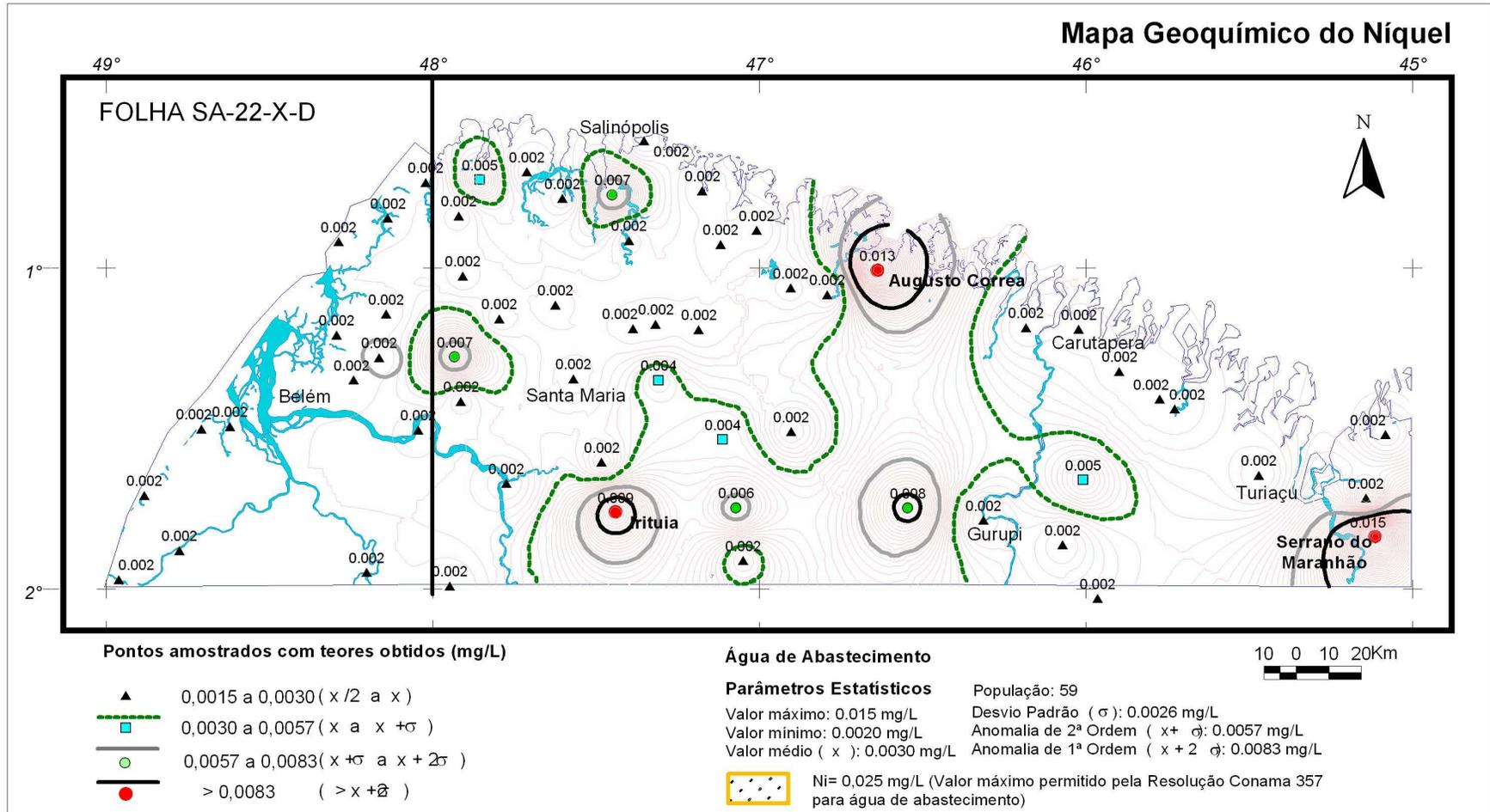
Mapa 14: Mapa Geoquímico do Magnésio



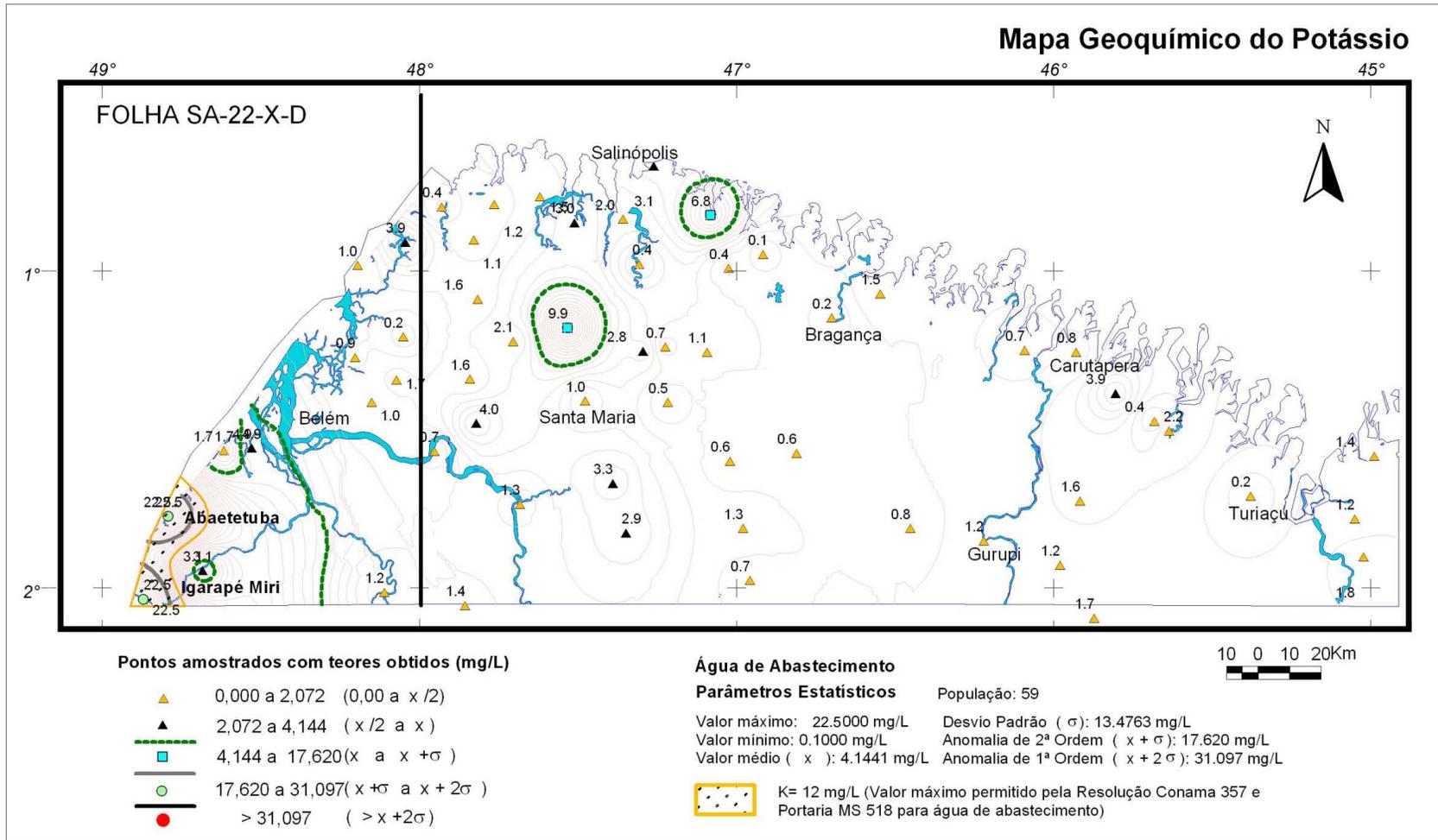
Mapa 15: Mapa Geoquímico do Manganês



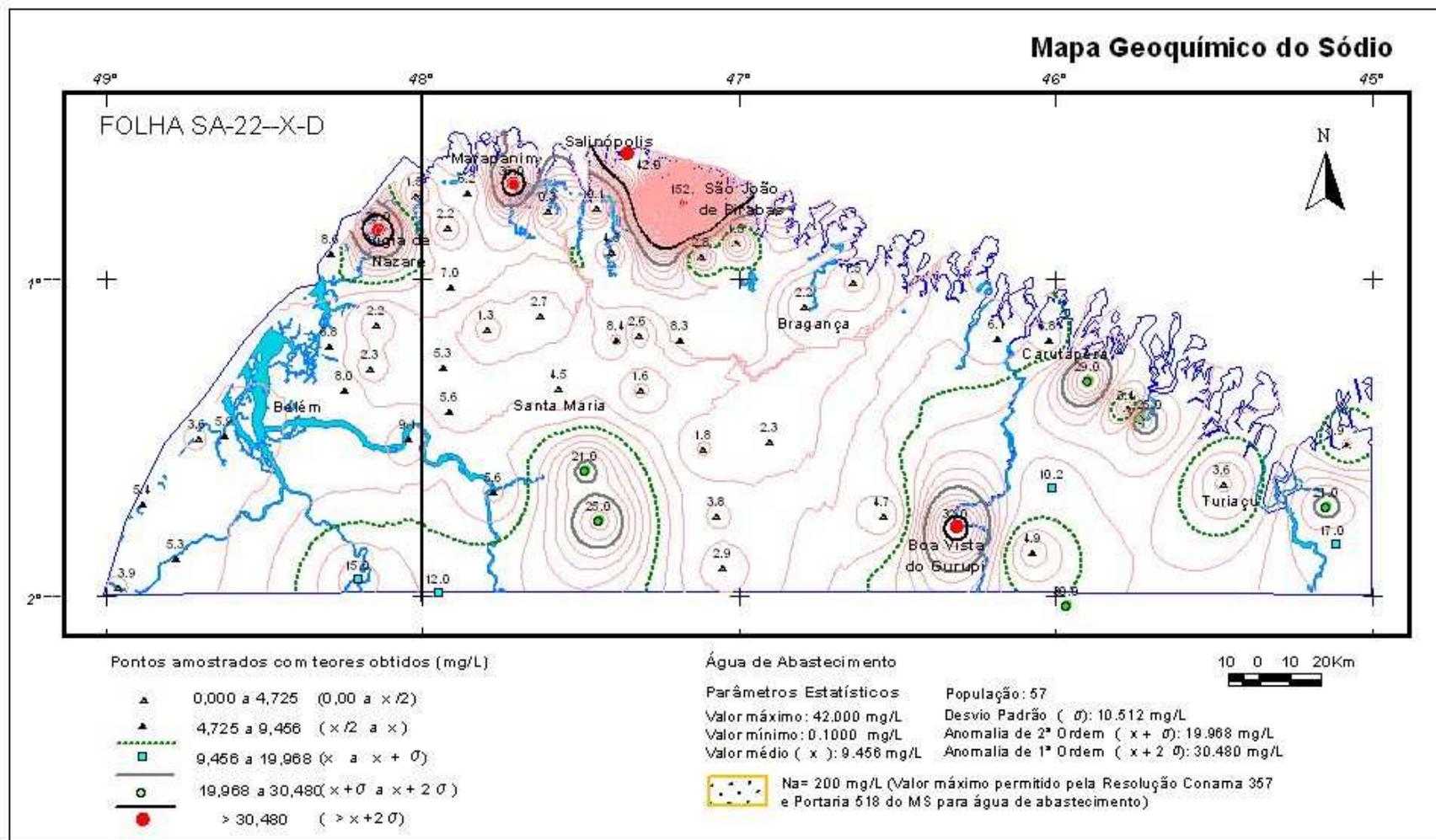
Mapa 16: Mapa Geoquímico do Níquel



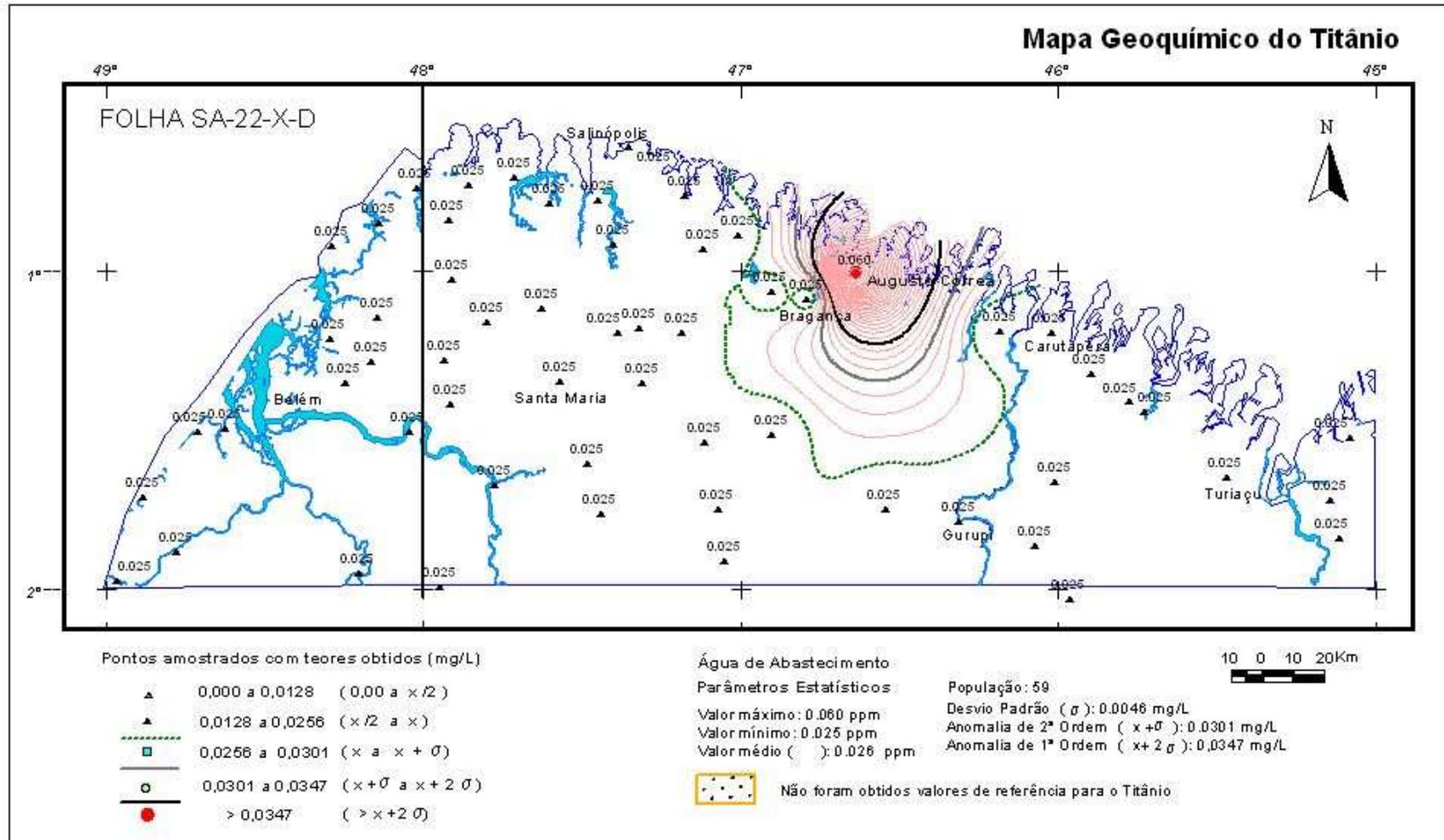
Mapa 17: Mapa Geoquímico do Potássio



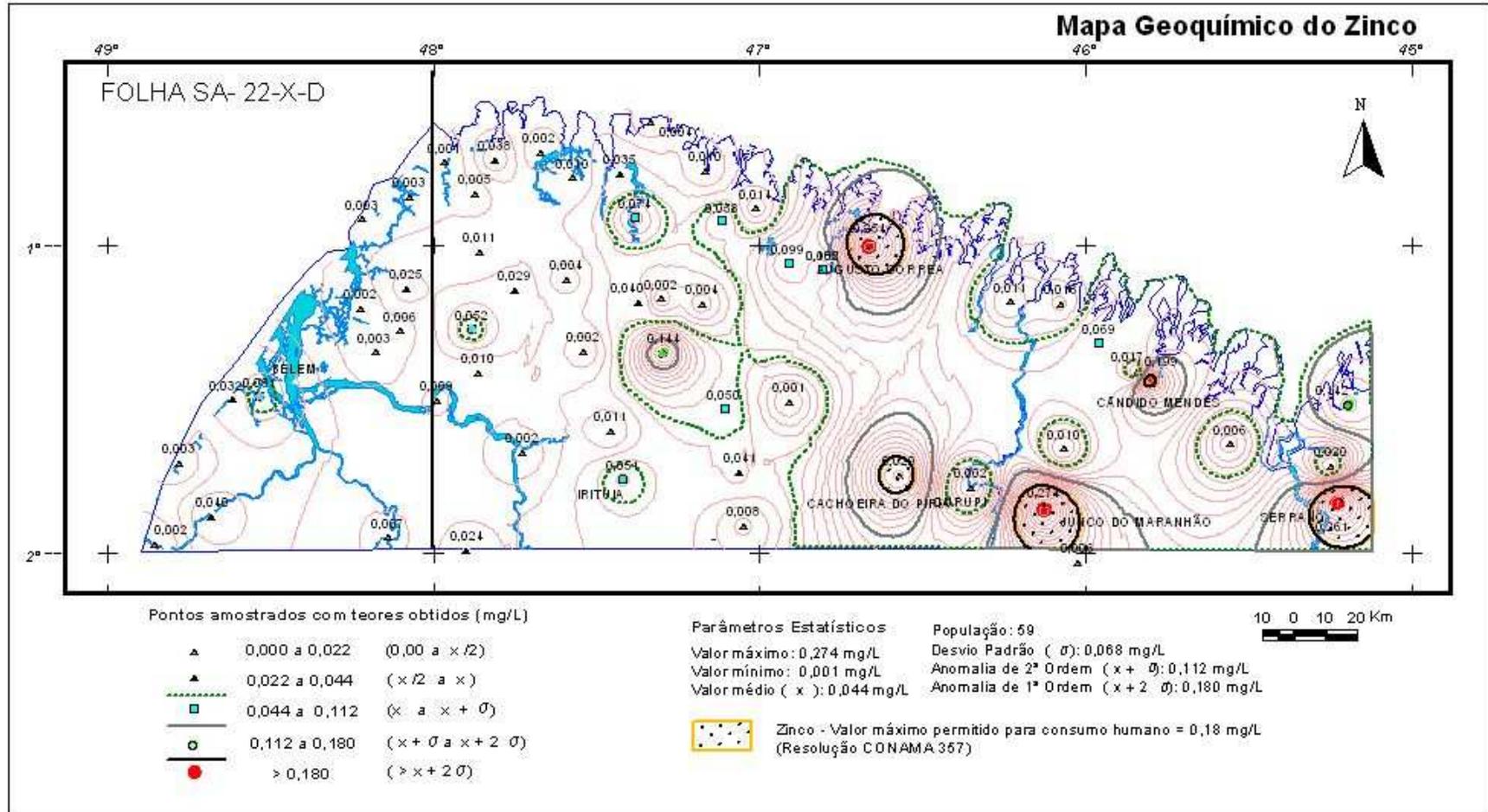
Mapa 18: Mapa Geoquímico do Sódio



Mapa 19: Mapa Geoquímico do Titânio

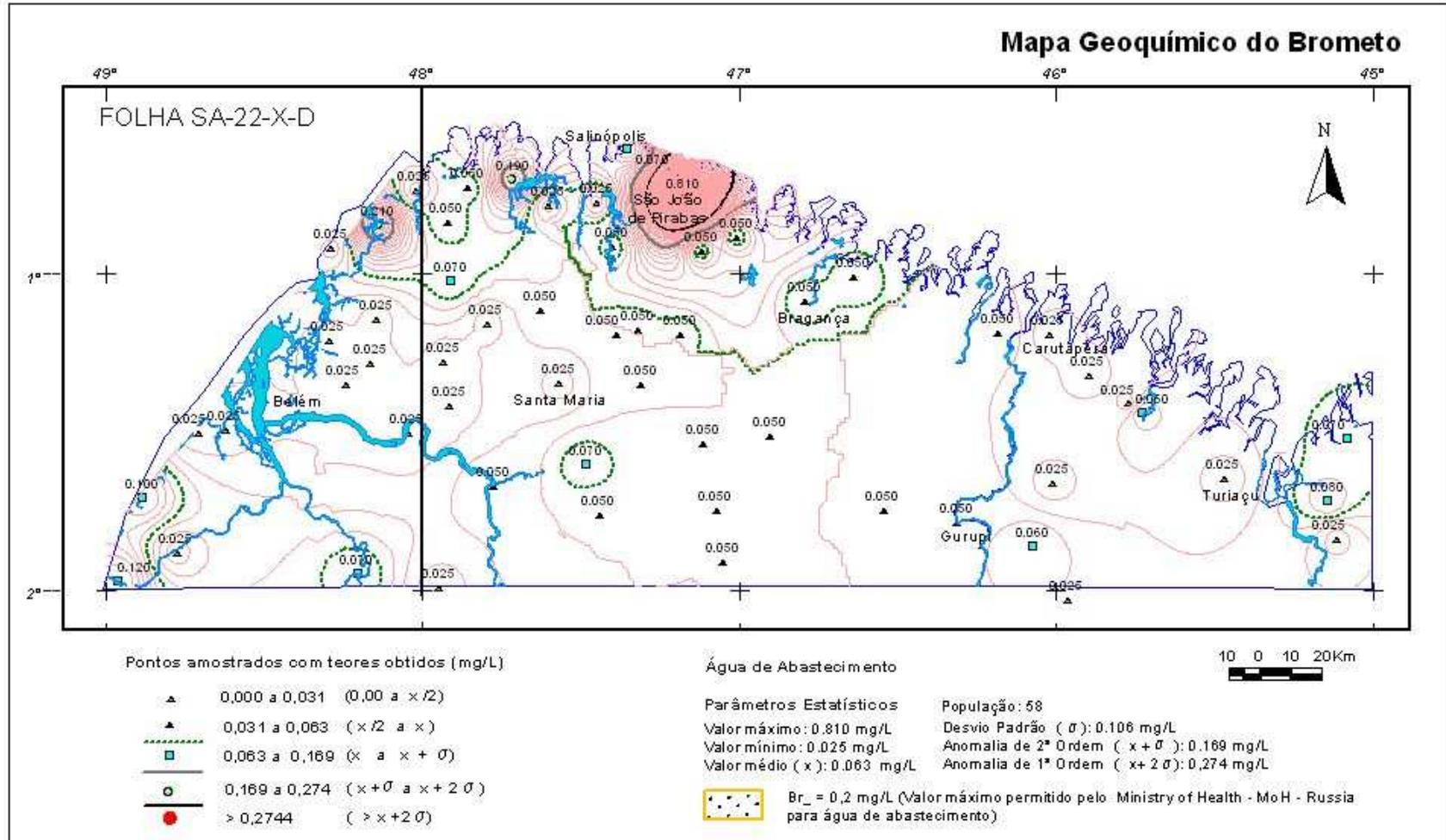


Mapa 20: Mapa Geoquímico do Zinco

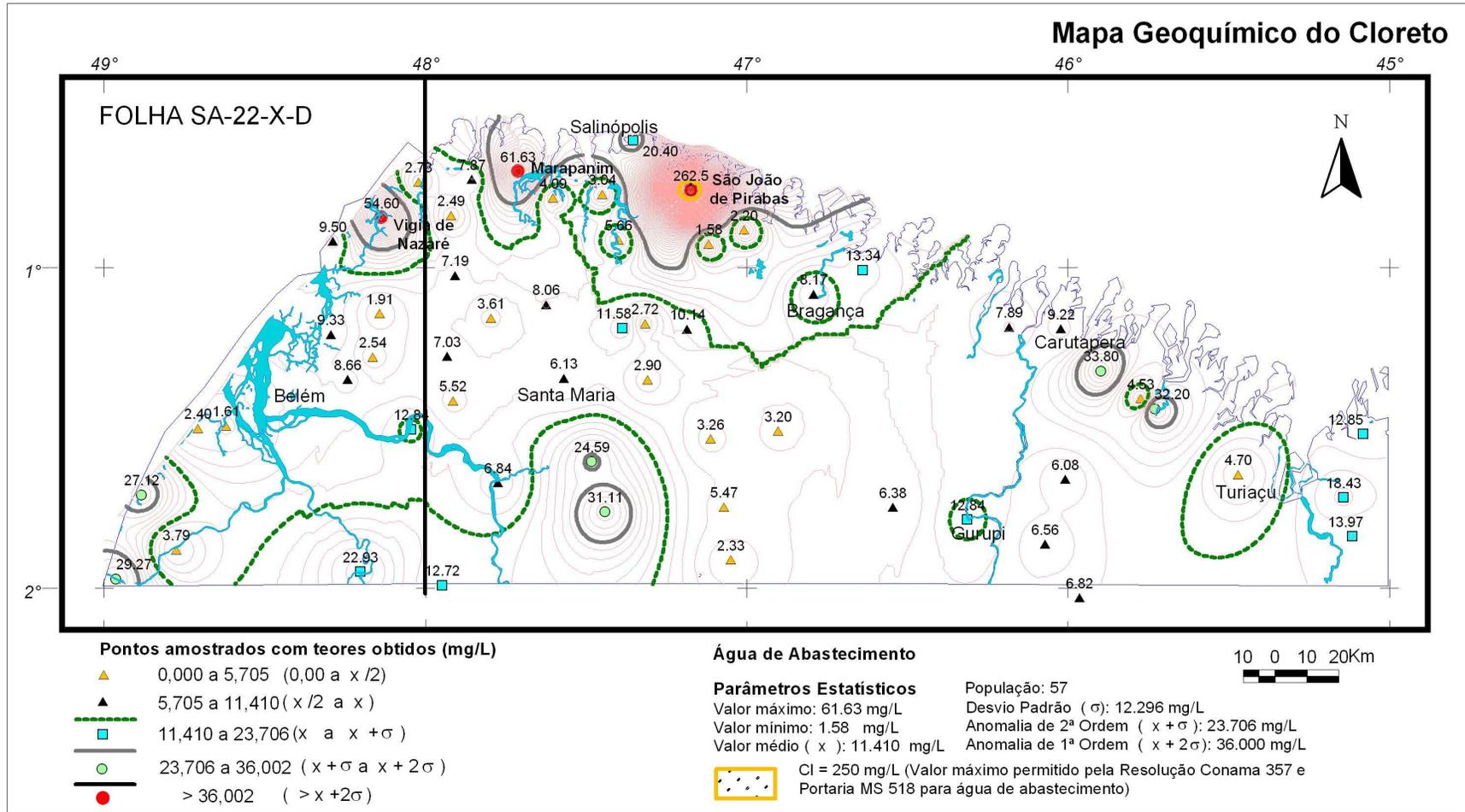


**Água de Sistema de Abastecimento Público**  
**Ânions**

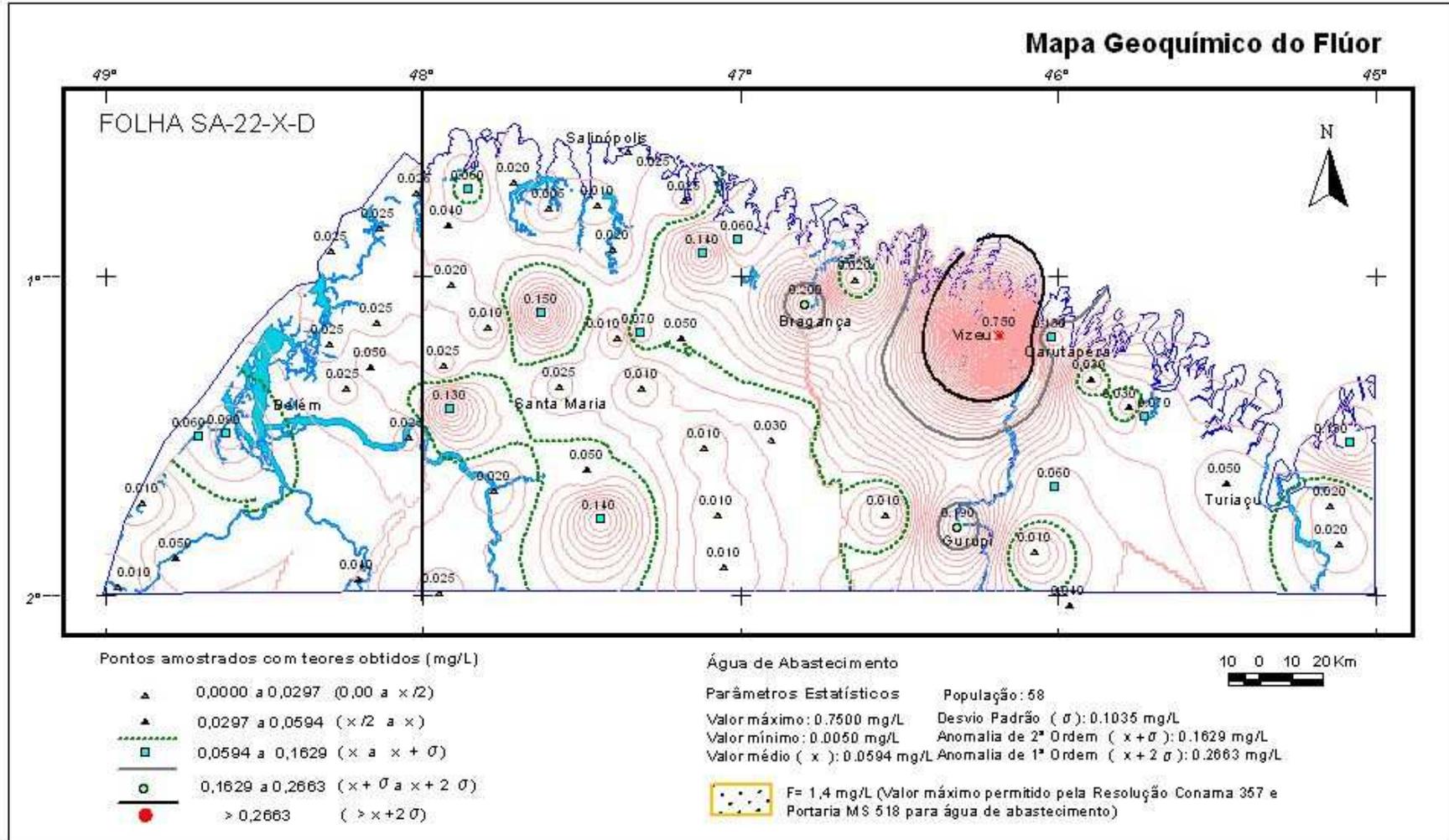
Mapa 21: Mapa Geoquímico do Brometo



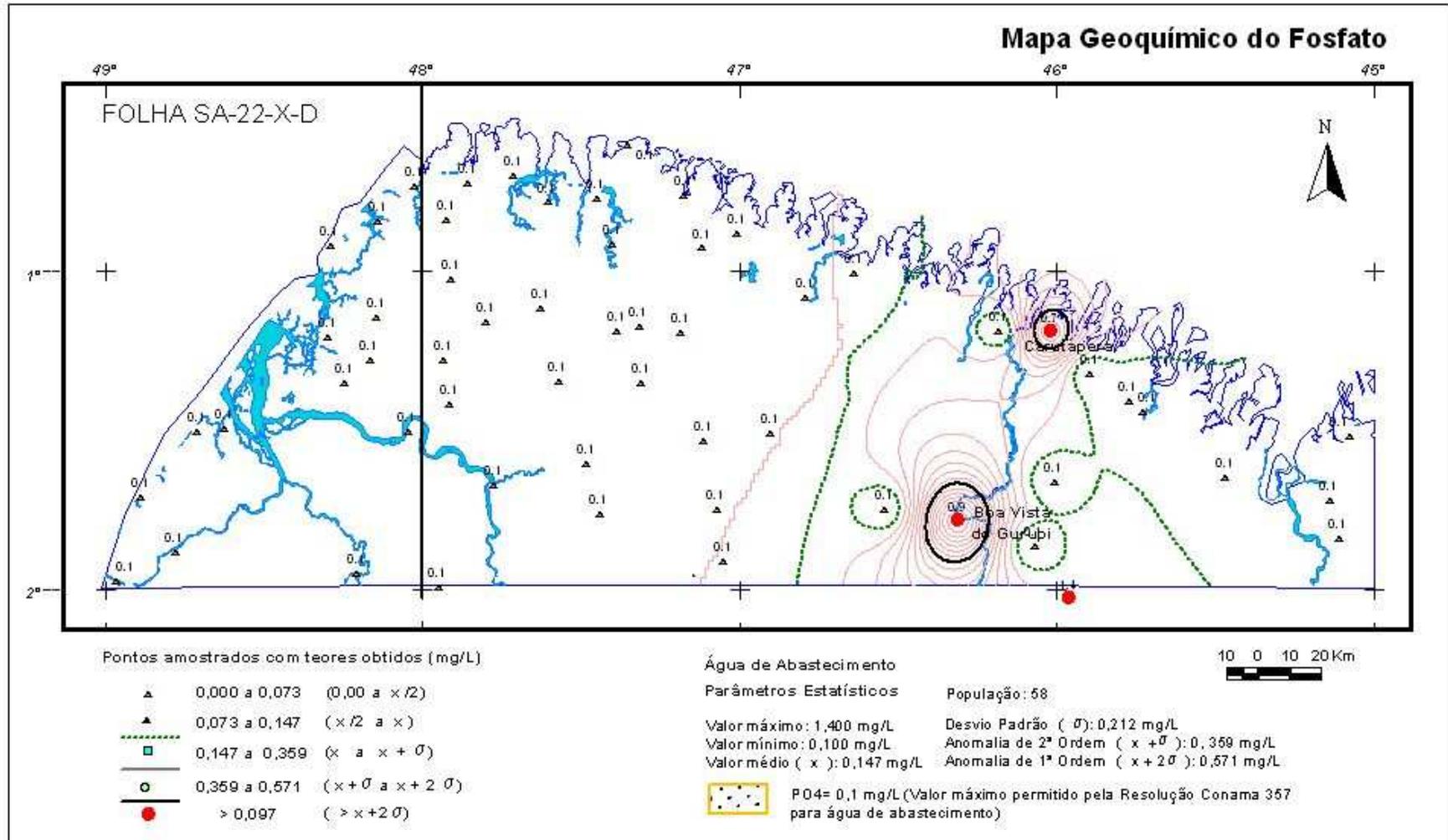
Mapa 22: Mapa Geoquímico do Cloreto



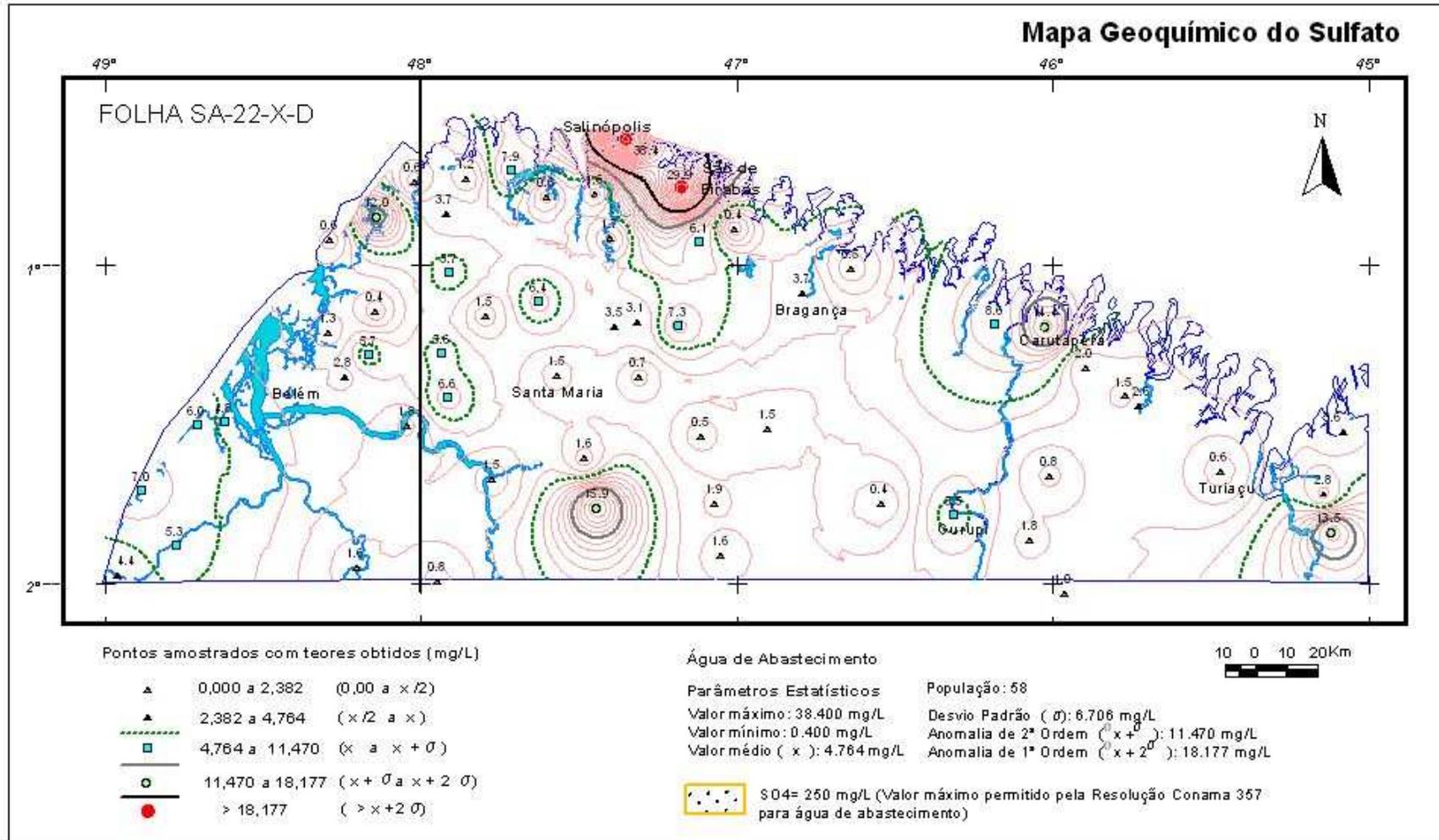
Mapa 23: Mapa Geoquímico do Flúor



Mapa 24: Mapa Geoquímico do Fosfato



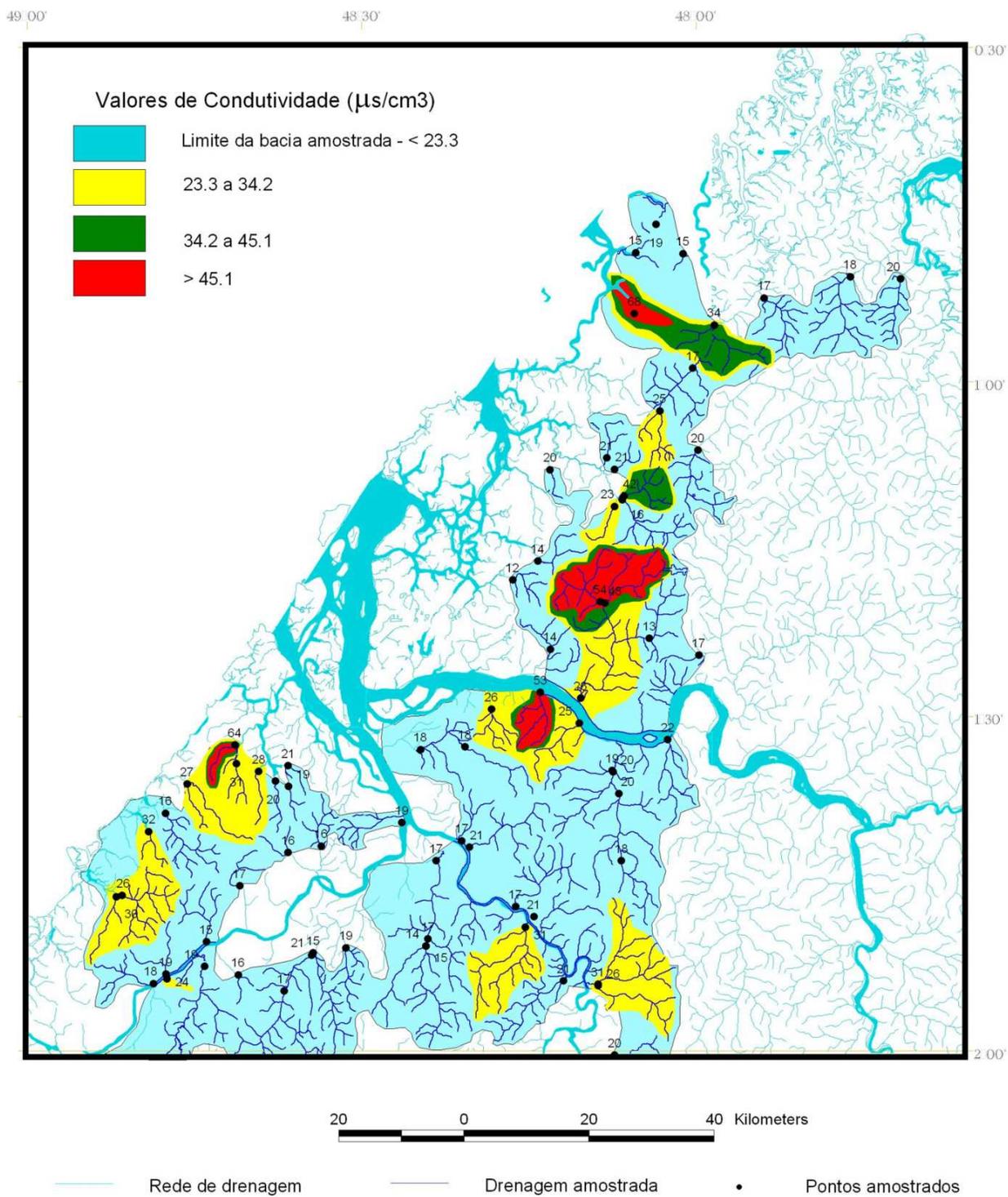
Mapa 25: Mapa Geoquímico do Sulfato



## **Água de Superfície**

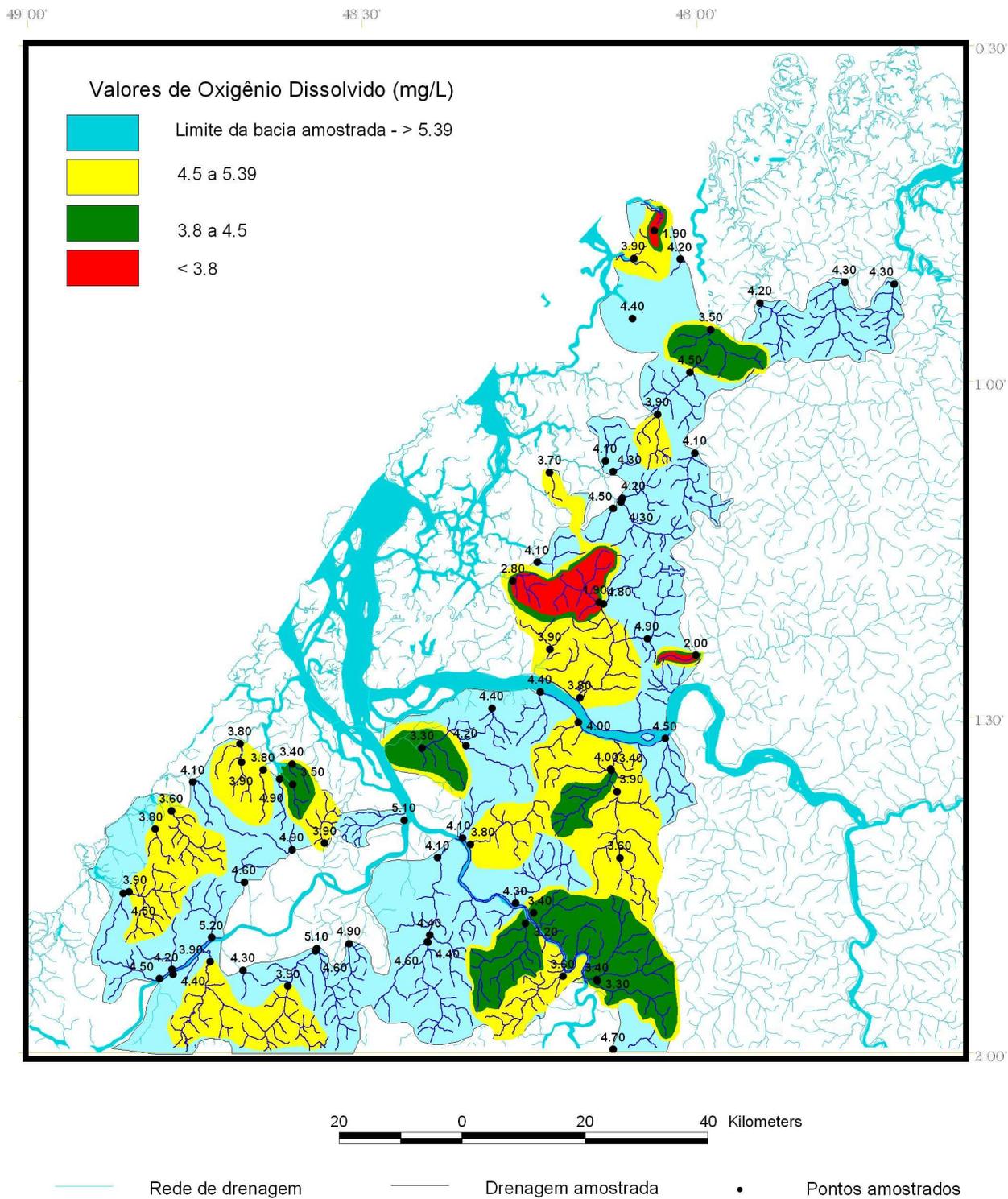
### **Indicadores Físico-químicos**

Mapa 26: Mapa da Condutividade



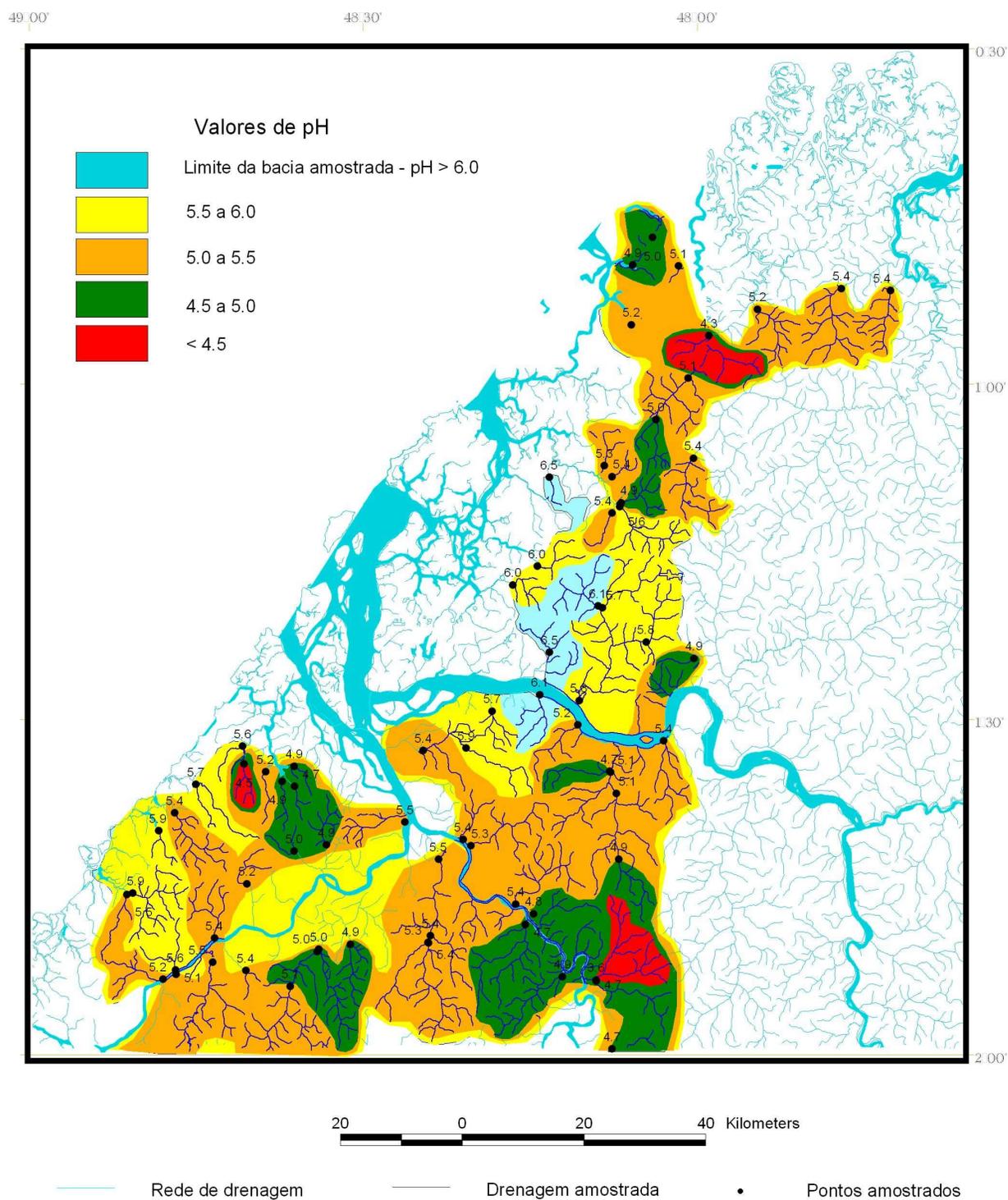
Mapa da Distribuição dos Valores de Condutividade (Água de Superfície)

Mapa 27: Mapa do Oxigênio Dissolvido



Mapa da Distribuição dos Valores de Oxigênio Dissolvido (Água de Superfície)

Mapa 28: Mapa do pH

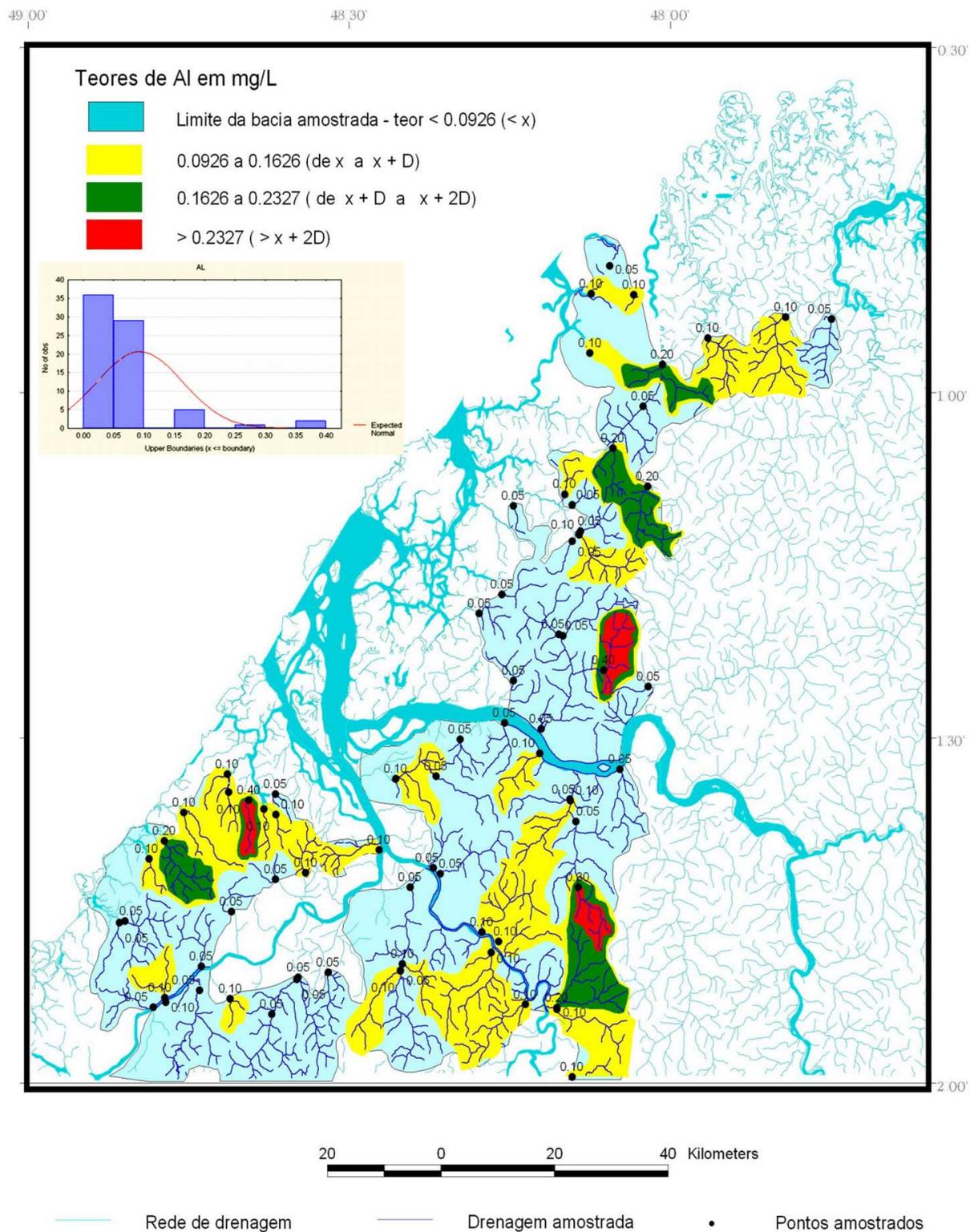


Mapa da Distribuição dos Valores de pH (Água de Superfície)

## **Água de Superfície**

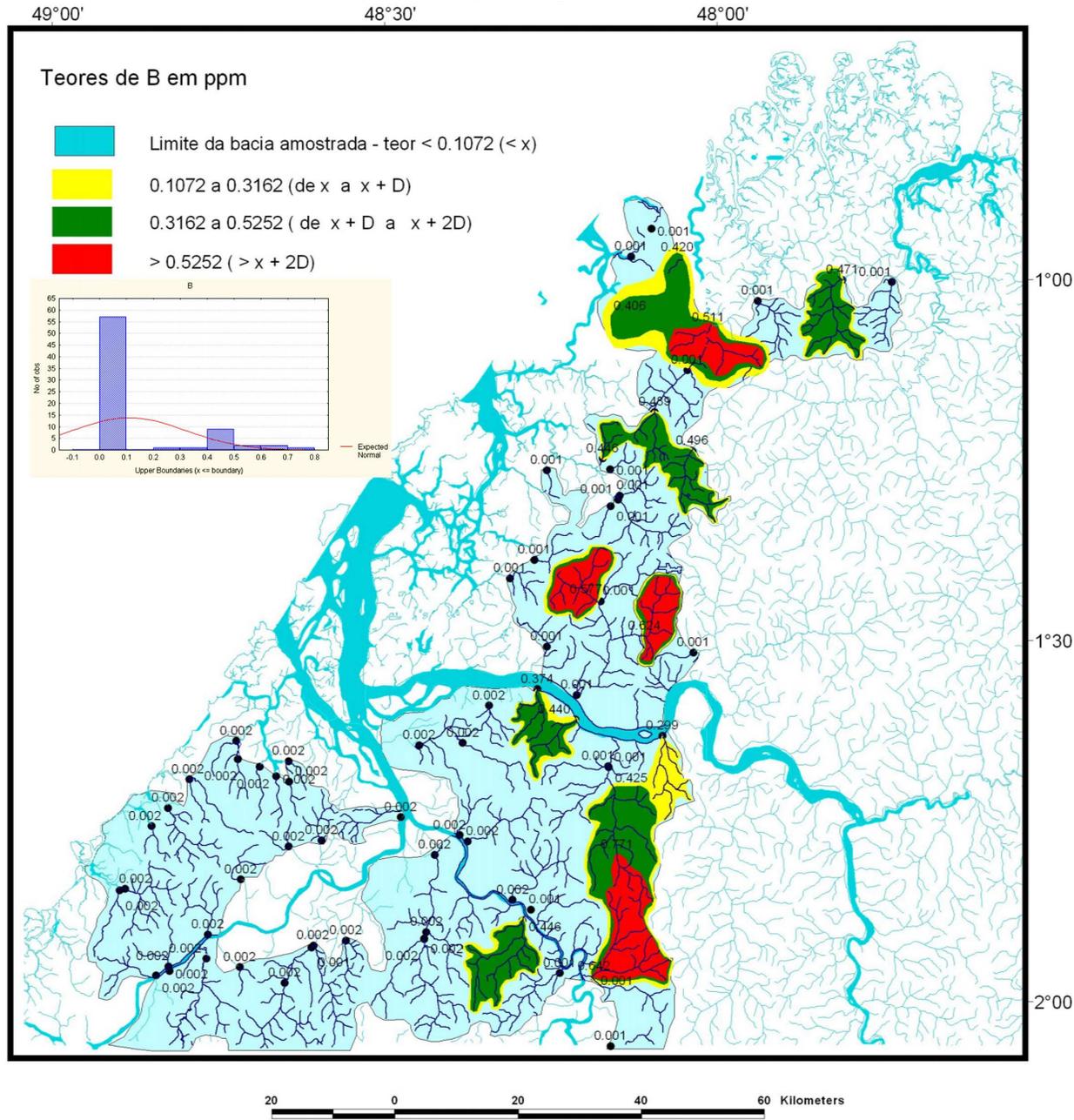
### **Cátions**

Mapa 29: Mapa Geoquímico do Alumínio



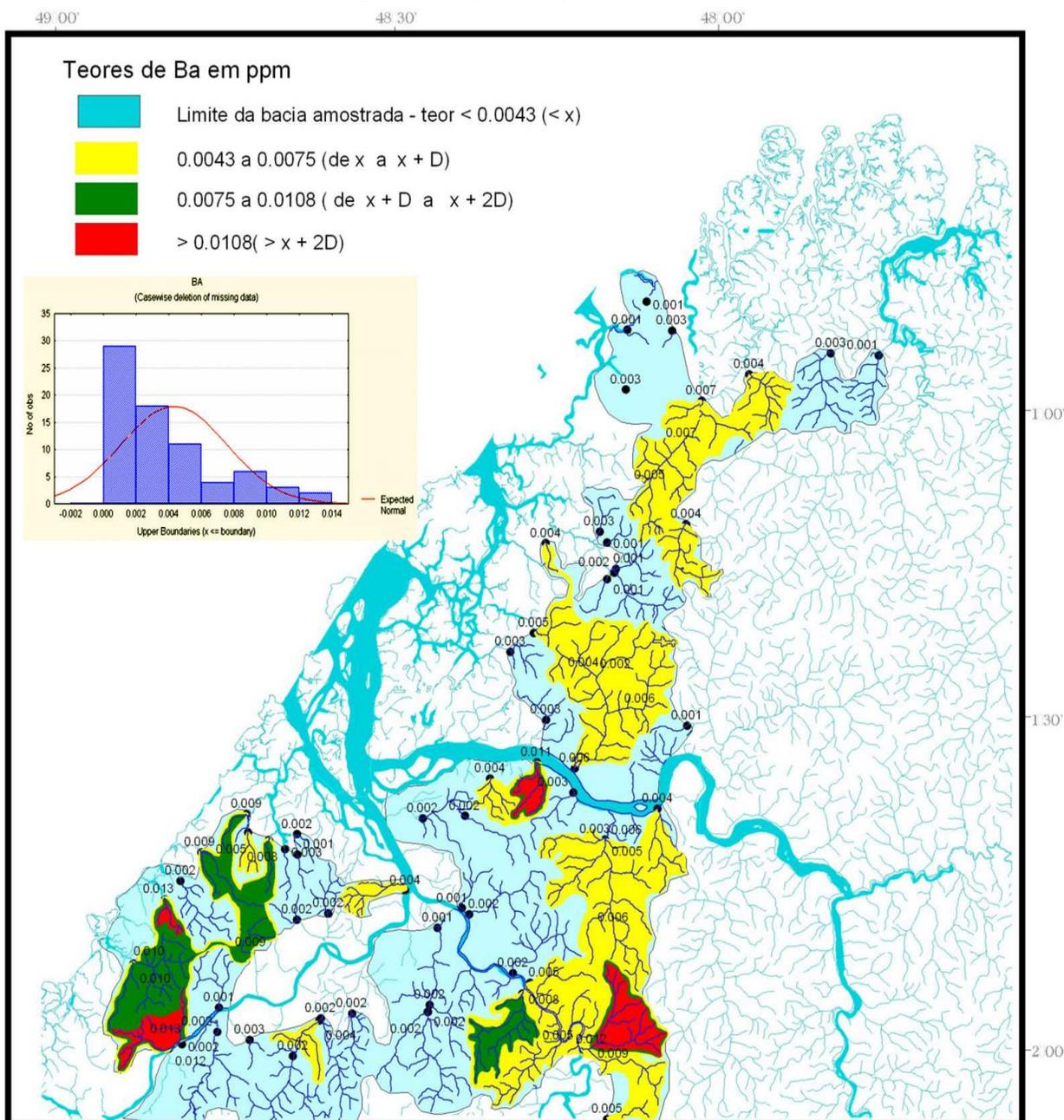
Mapa Geoquímico do Alumínio (Água de Superfície)

### Mapa 30: Mapa Geoquímico do Boro



Mapa Geoquímico do Boro (Água de Superfície)

Mapa 31: Mapa Geoquímico do Bário

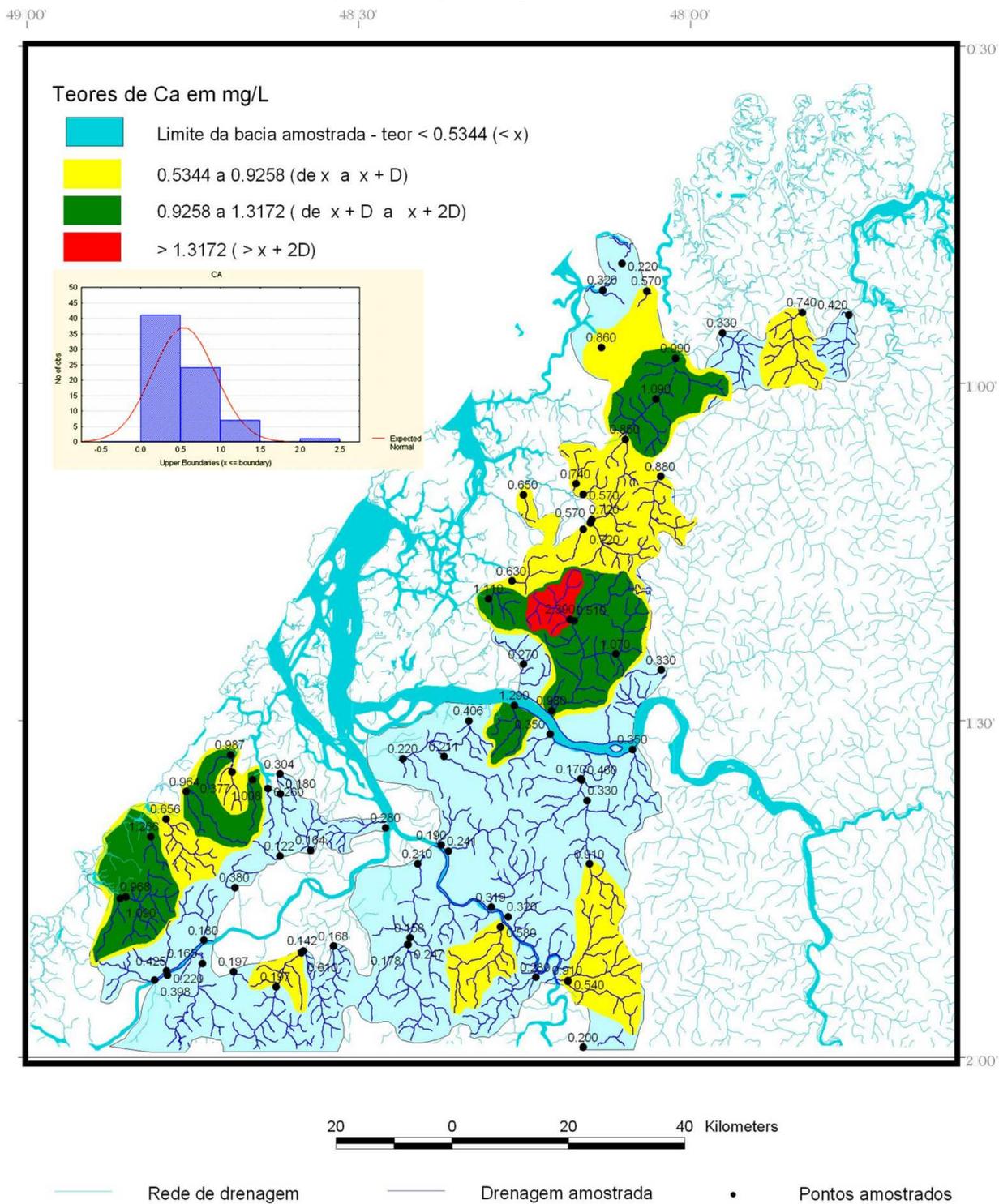


20 0 20 40 60 Kilometers

— Rede de drenagem      — Drenagem amostrada      • Pontos amostrados

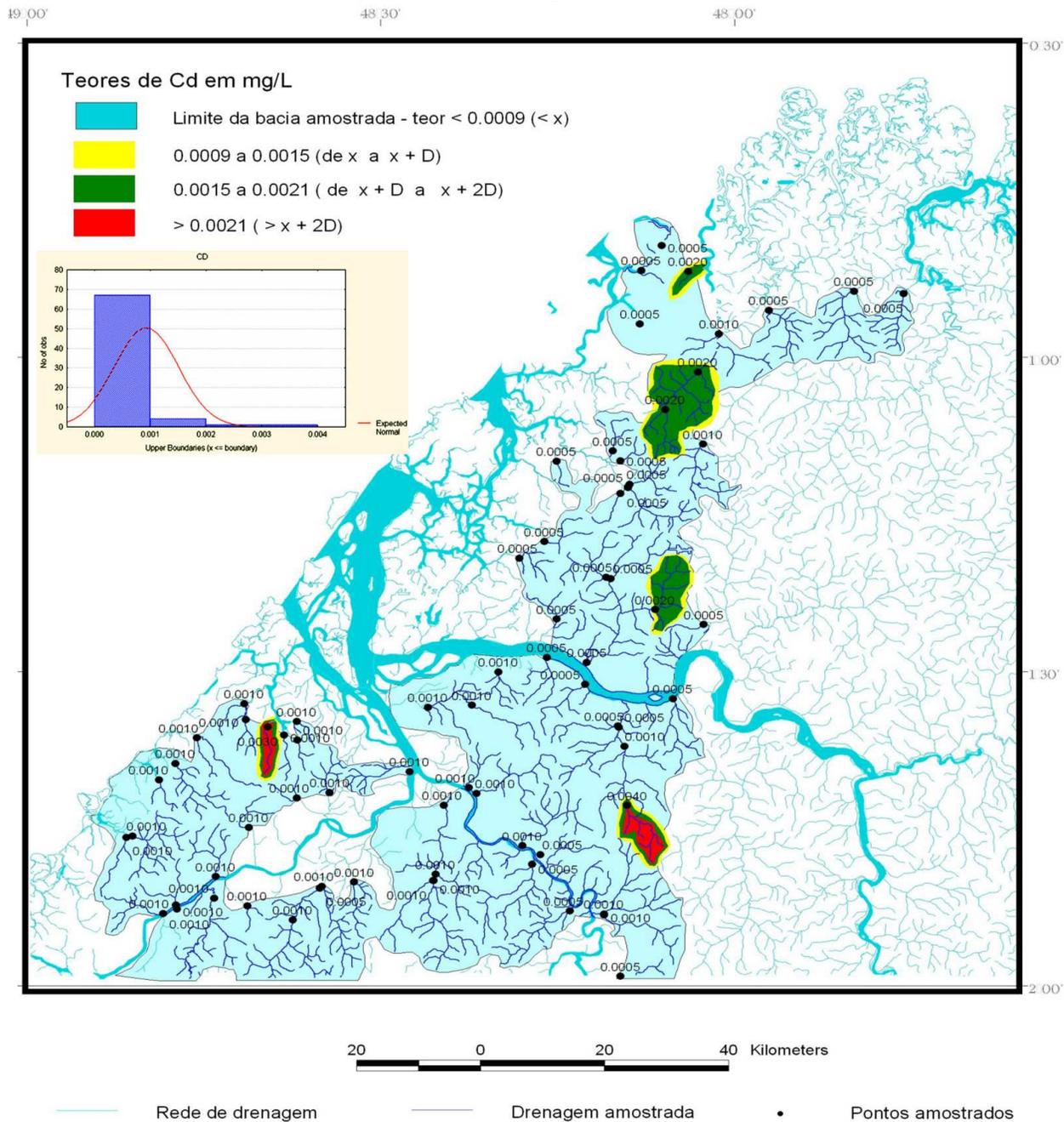
Mapa Geoquímico do Bário (Água de Superfície)

Mapa 32: Mapa Geoquímico do Cálcio



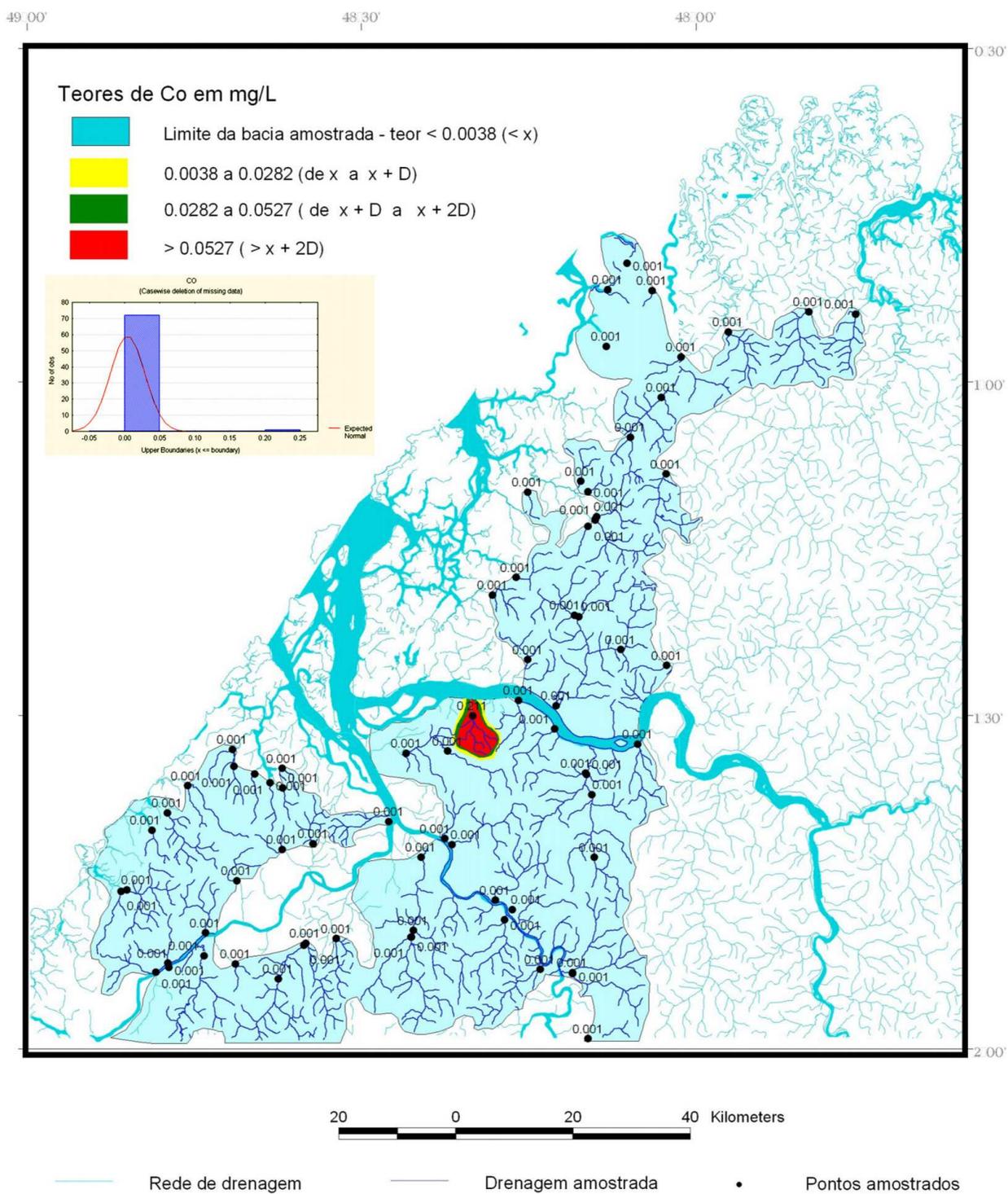
Mapa Geoquímico do Cálcio (Água de Superfície)

Mapa 33: Mapa Geoquímico do Cádmiu



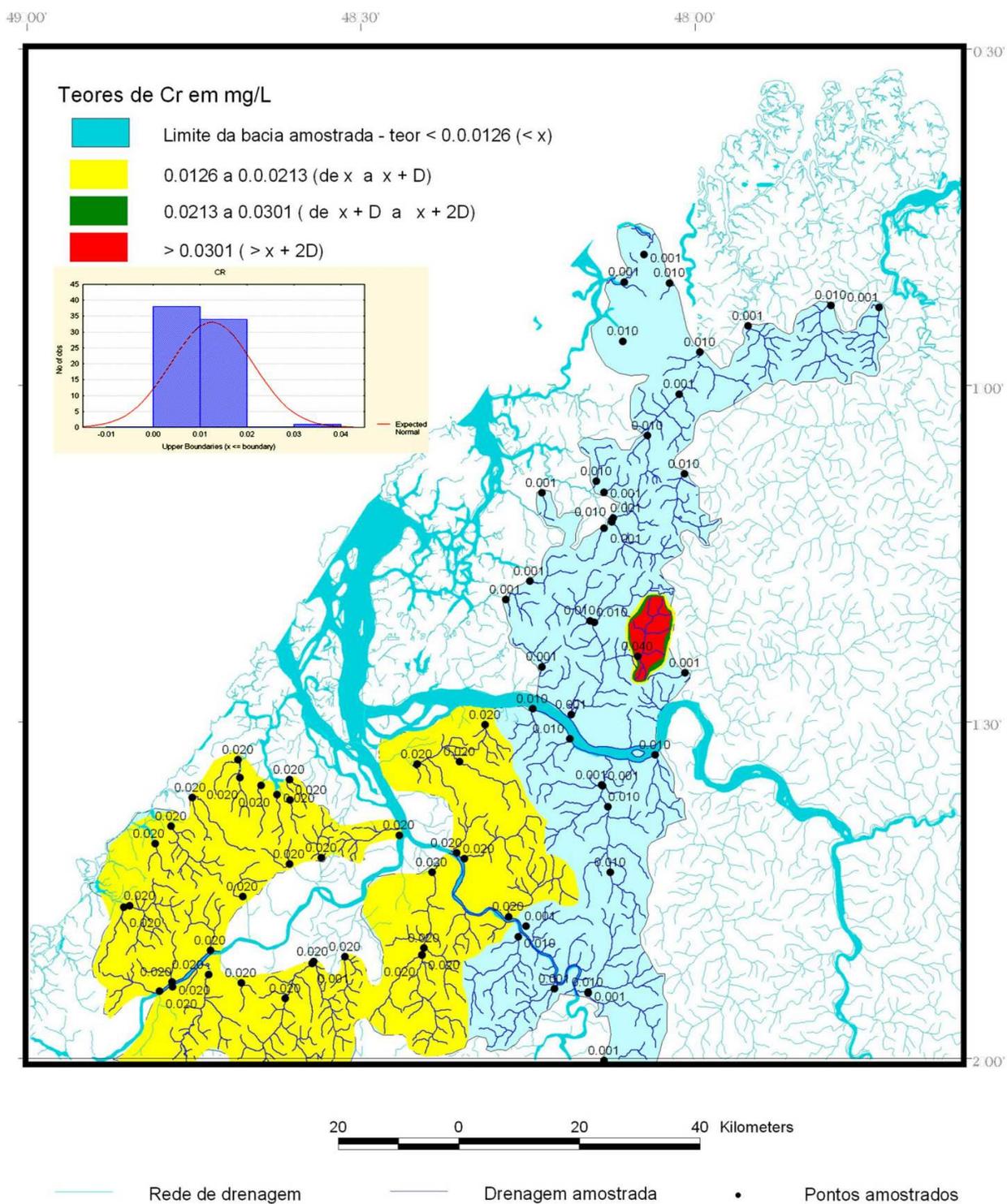
Mapa Geoquímico do Cádmiu (Água de Superfície)

Mapa 34: Mapa Geoquímico do Cobalto



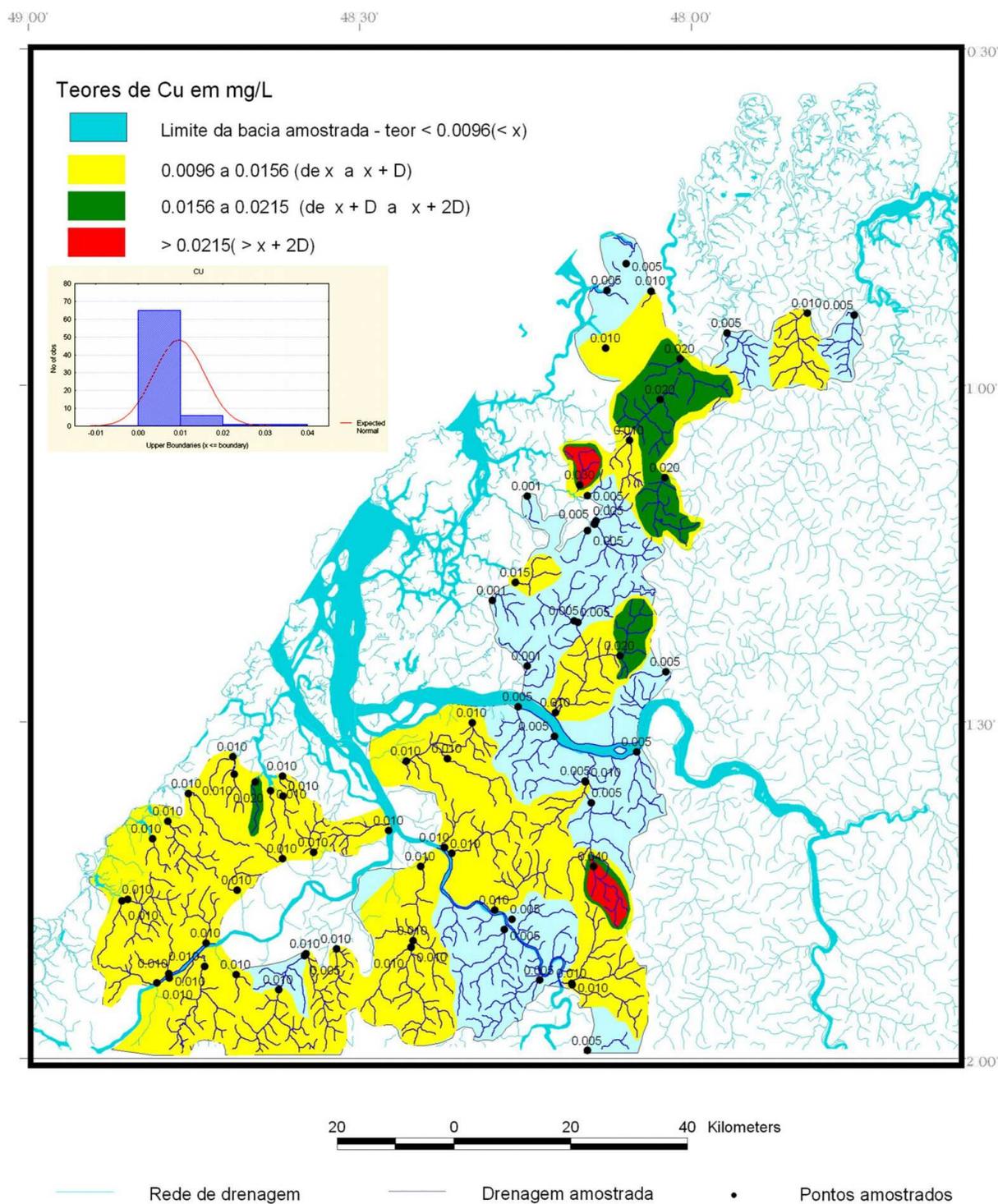
Mapa Geoquímico do Cobalto (Água de Superfície)

Mapa 35: Mapa Geoquímico do Cromo



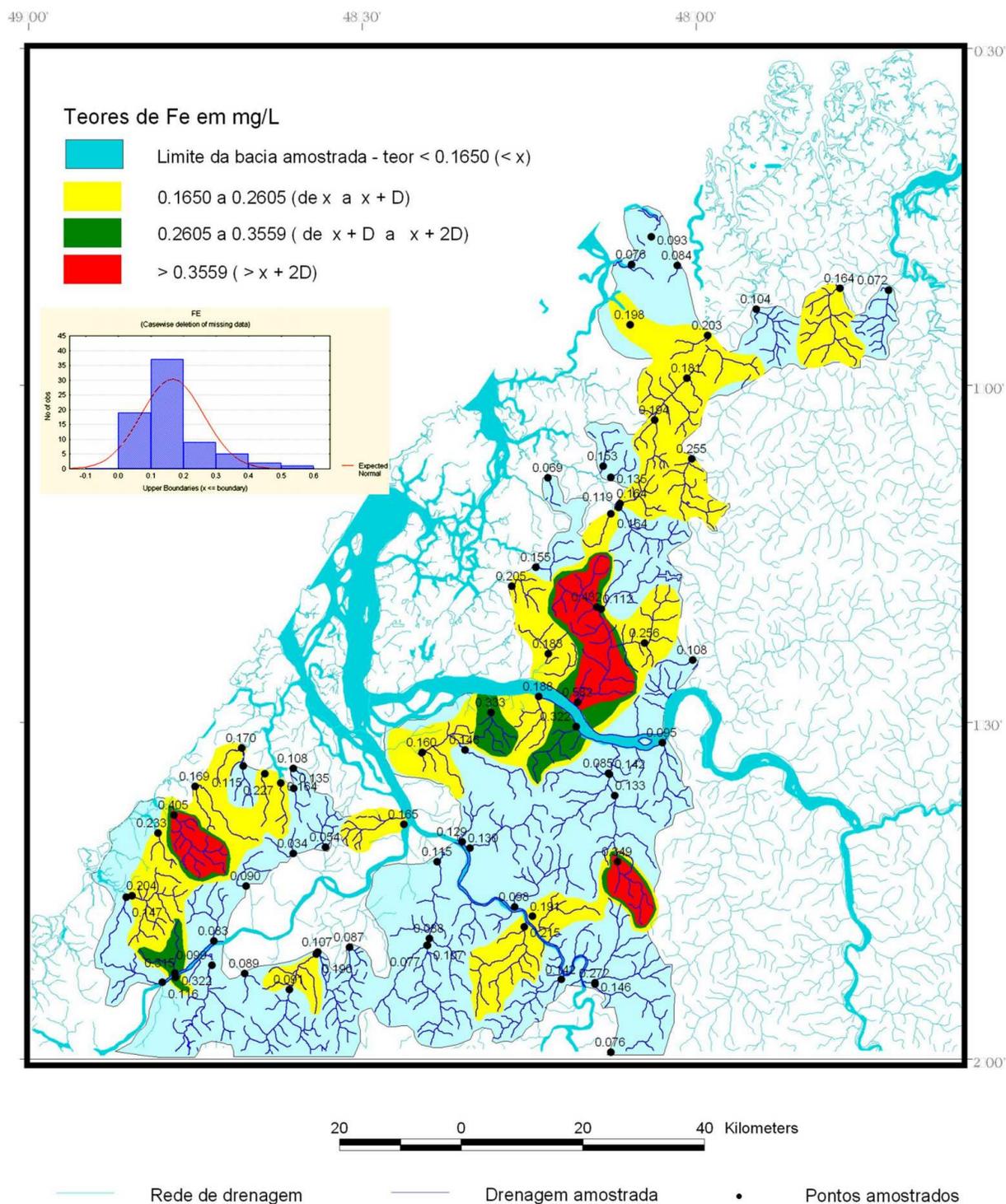
Mapa Geoquímico do Cromo (Água de Superfície)

Mapa 36: Mapa Geoquímico do Cobre



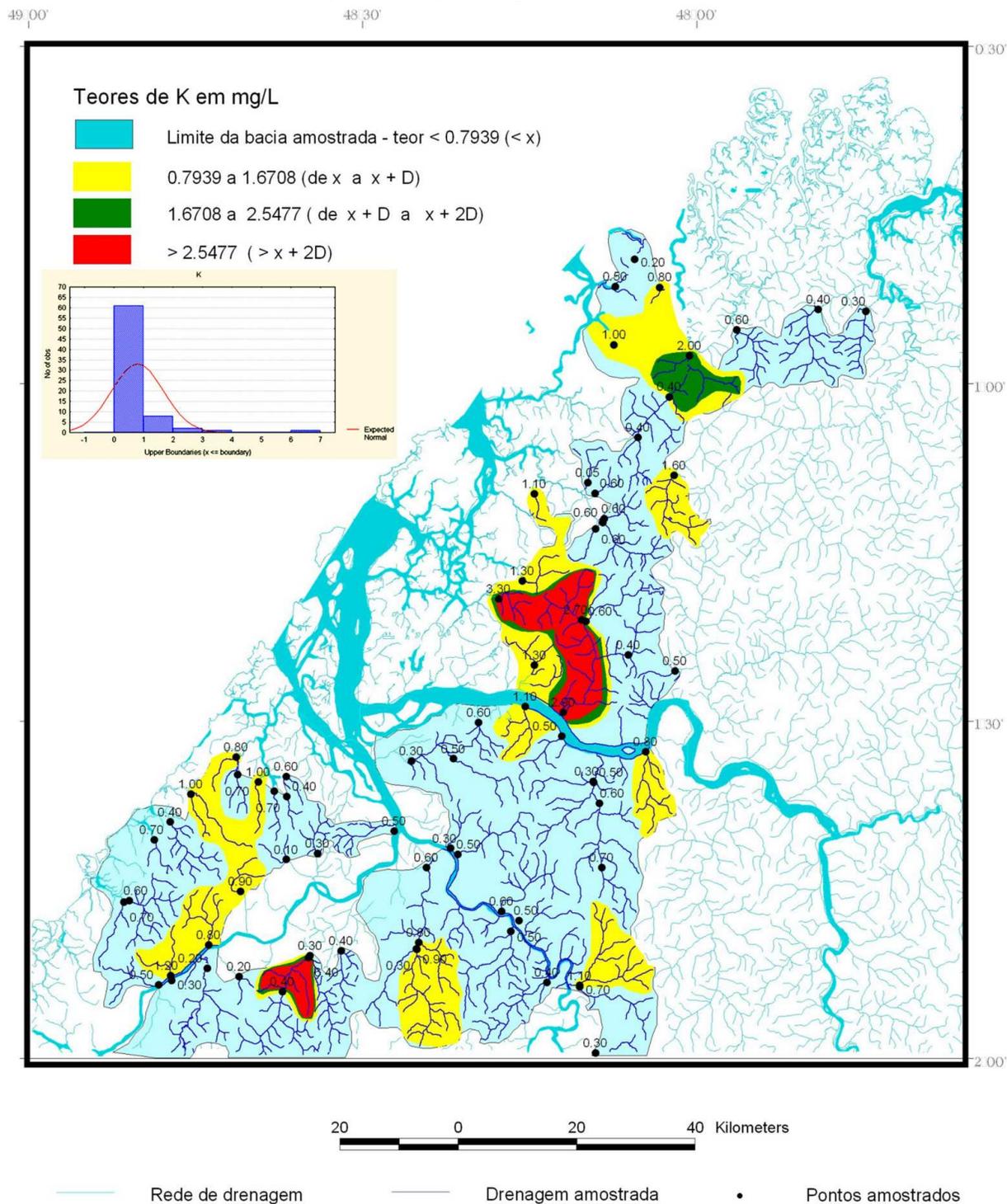
Mapa Geoquímico do Cobre (Água de Superfície)

Mapa 37: Mapa Geoquímico do Ferro



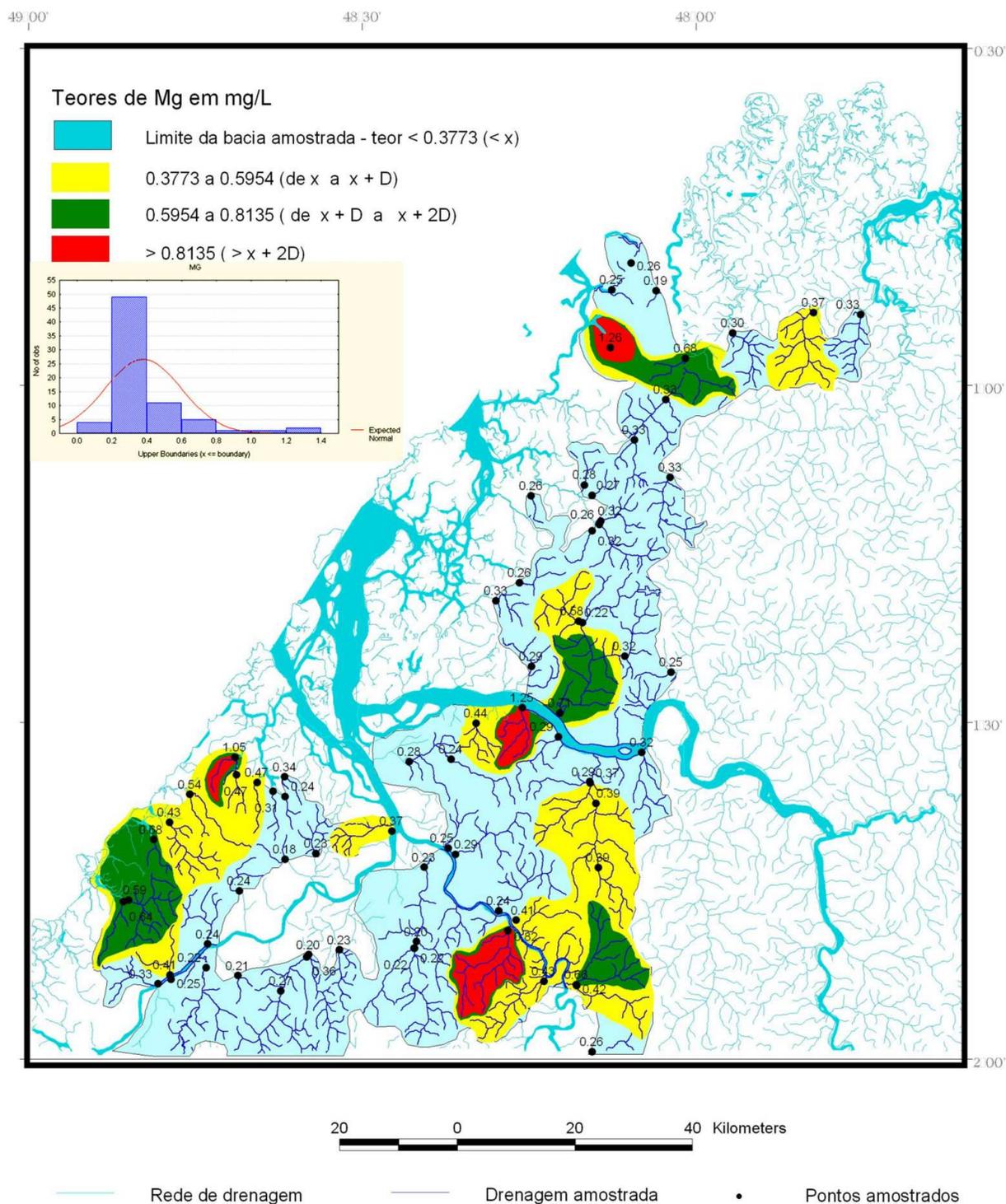
Mapa Geoquímico do Ferro (Água de Superfície)

### Mapa 38: Mapa Geoquímico do Potássio



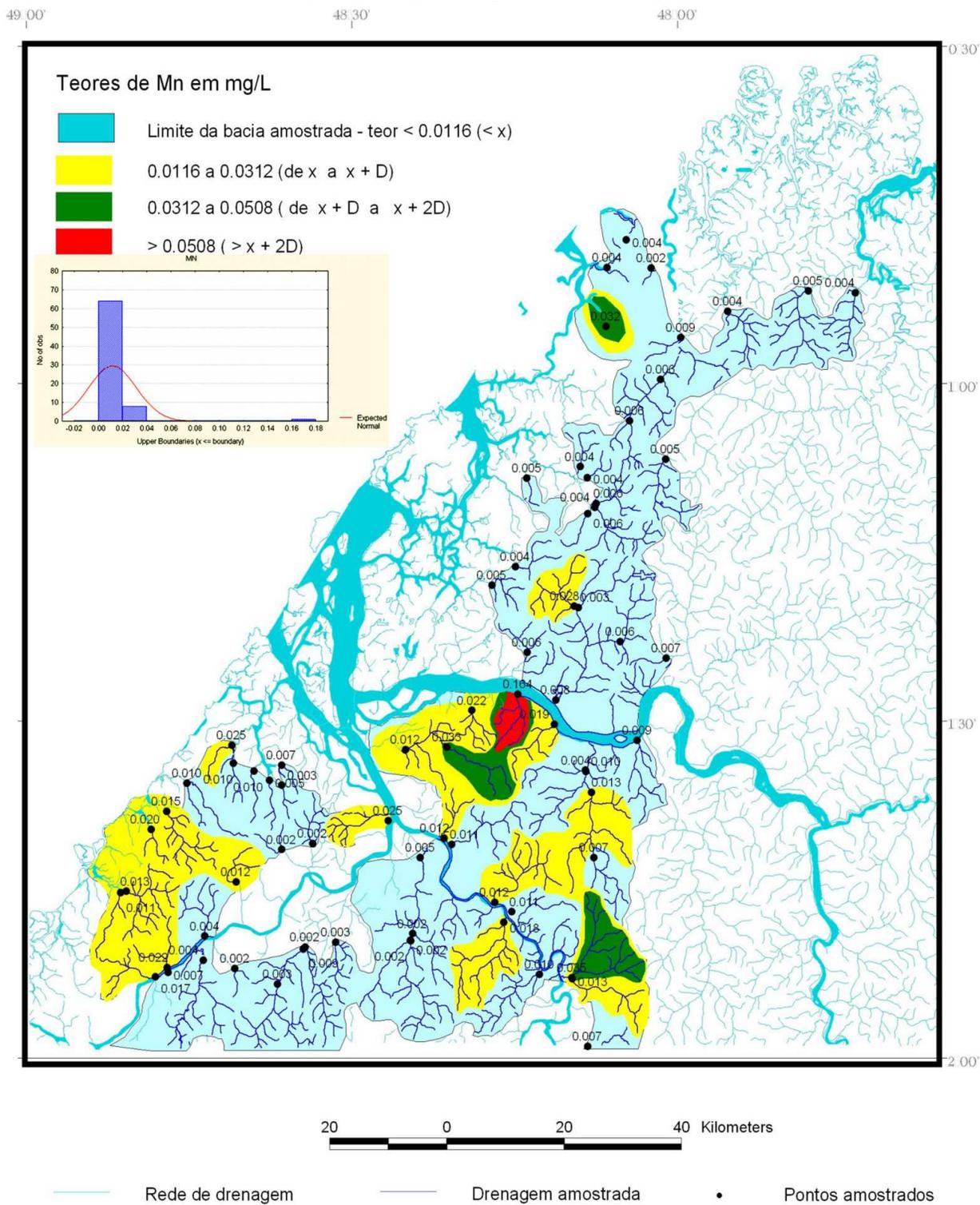
Mapa Geoquímico do Potássio (Água de Superfície)

Mapa 39: Mapa Geoquímico do Magnésio



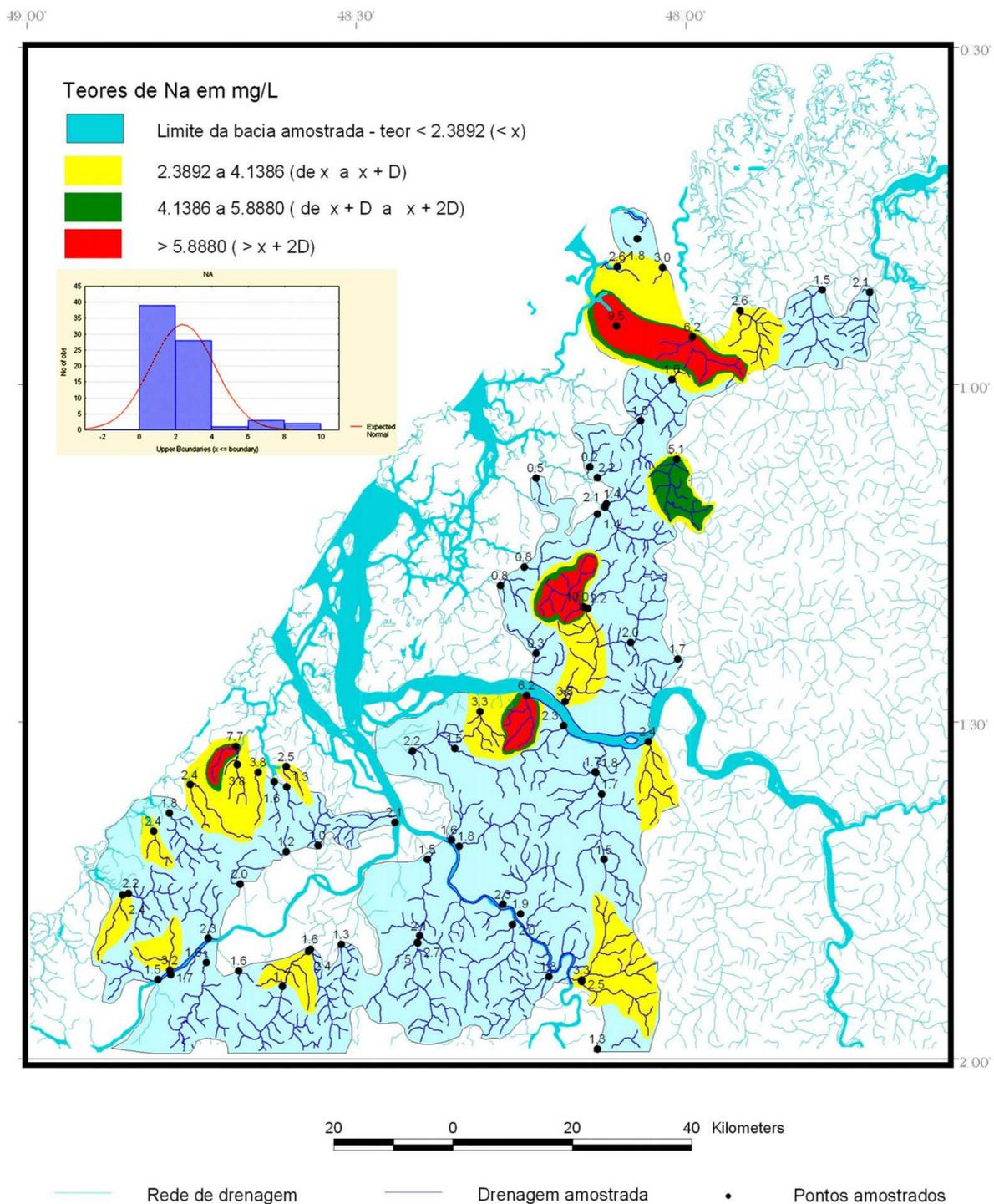
Mapa Geoquímico do Magnésio (Água de Superfície)

Mapa 40: Mapa Geoquímico do Manganês



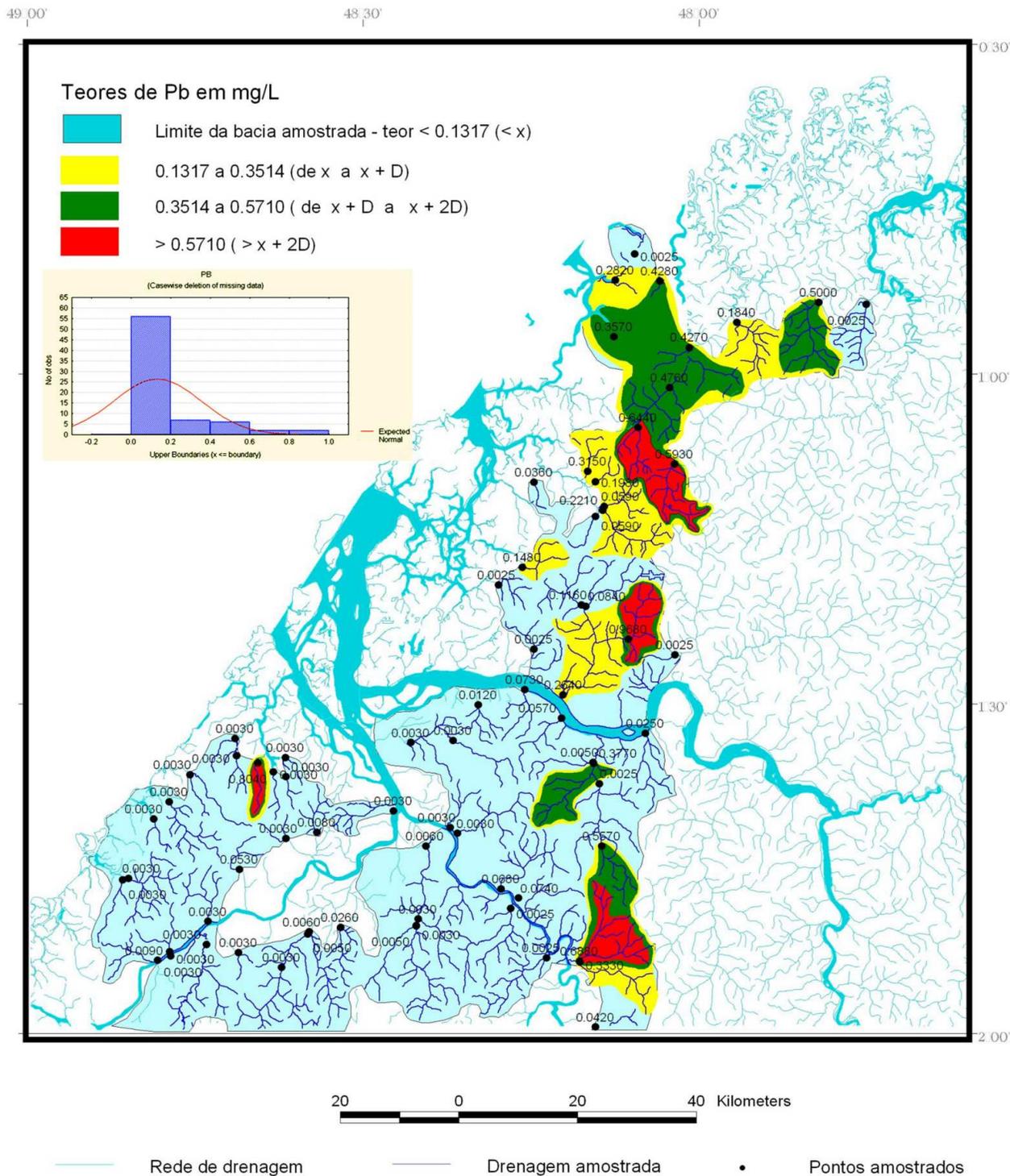
Mapa Geoquímico do Manganês (Água de Superfície)

Mapa 41: Mapa Geoquímico do Sódio



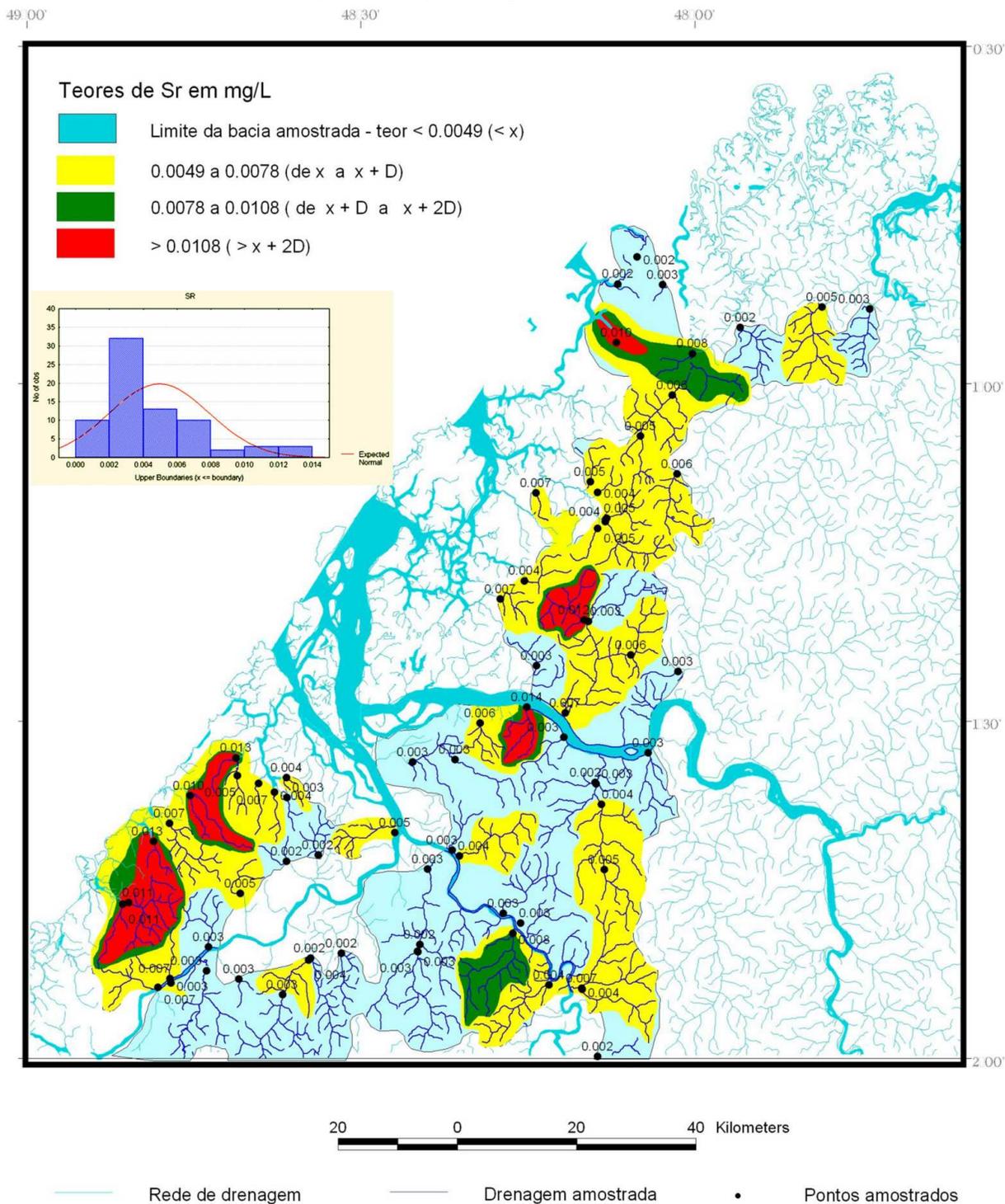
Mapa Geoquímico do Sódio (Água de Superfície)

### Mapa 42: Mapa Geoquímico do Chumbo



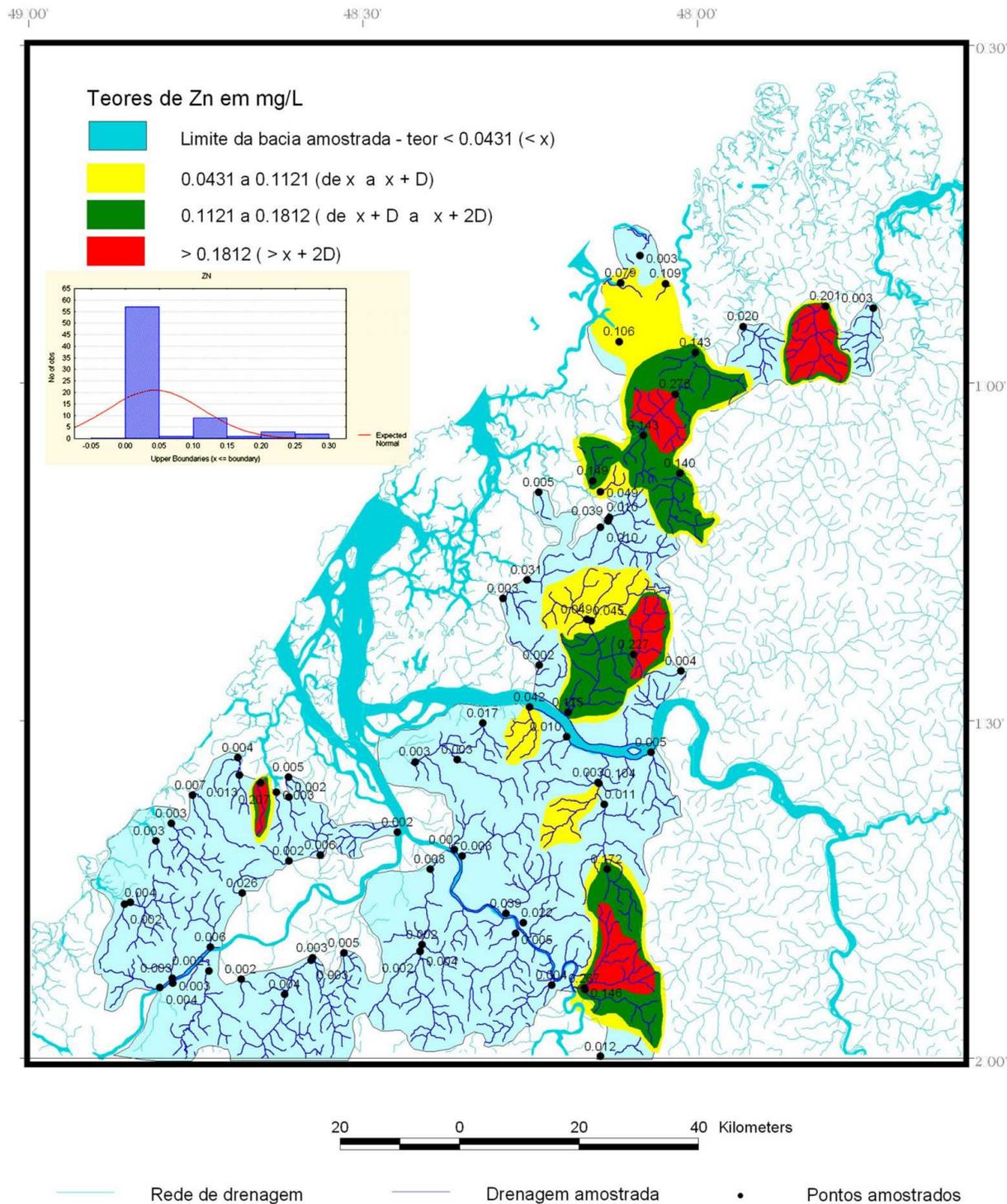
Mapa Geoquímico do Chumbo (Água de Superfície)

### Mapa 43: Mapa Geoquímico do Estrôncio



Mapa Geoquímico do Estrôncio (Água de Superfície)

Mapa 44: Mapa Geoquímico do Zinco

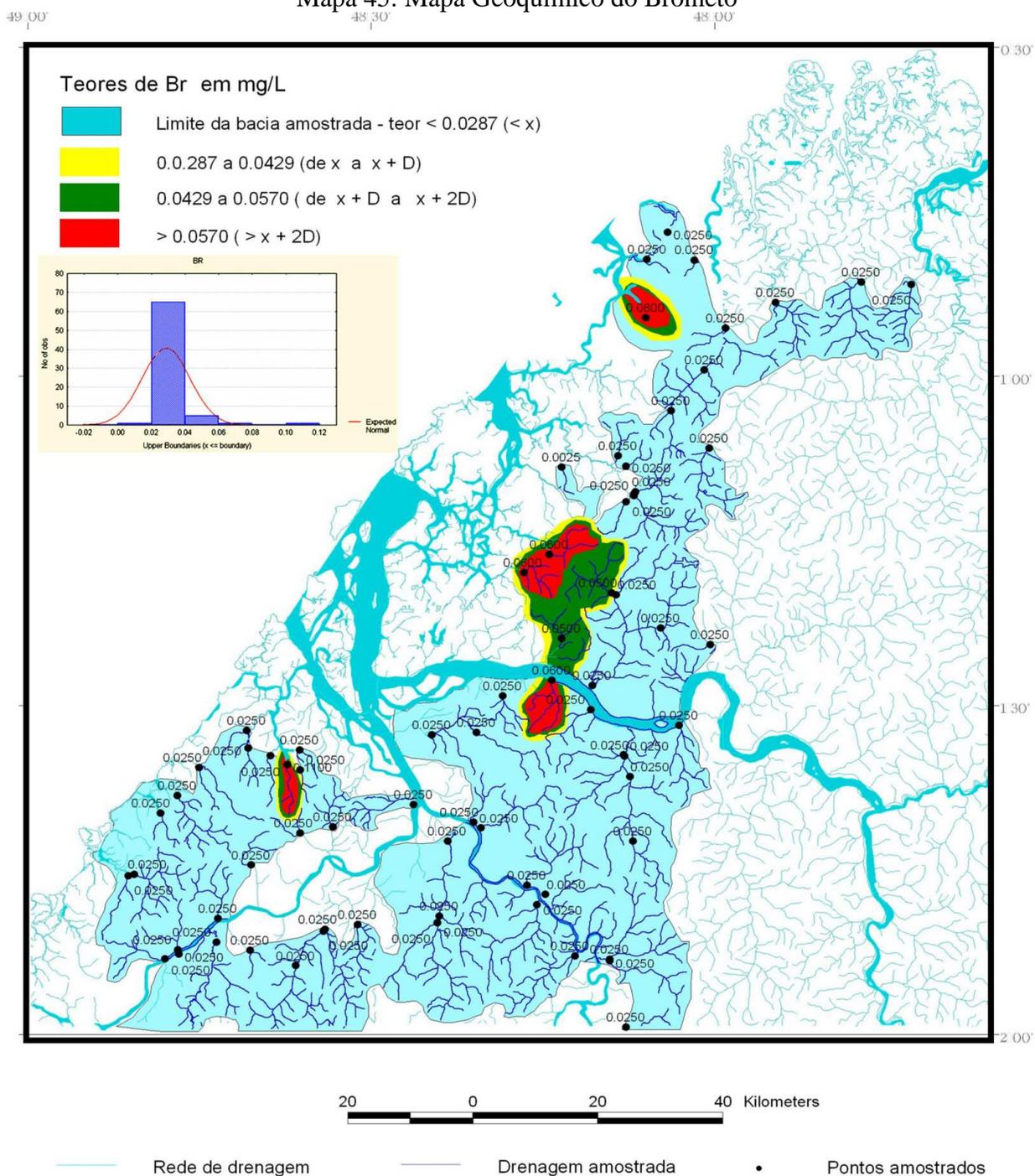


Mapa Geoquímico do Zinco (Água de Superfície)

## **Água de Superfície**

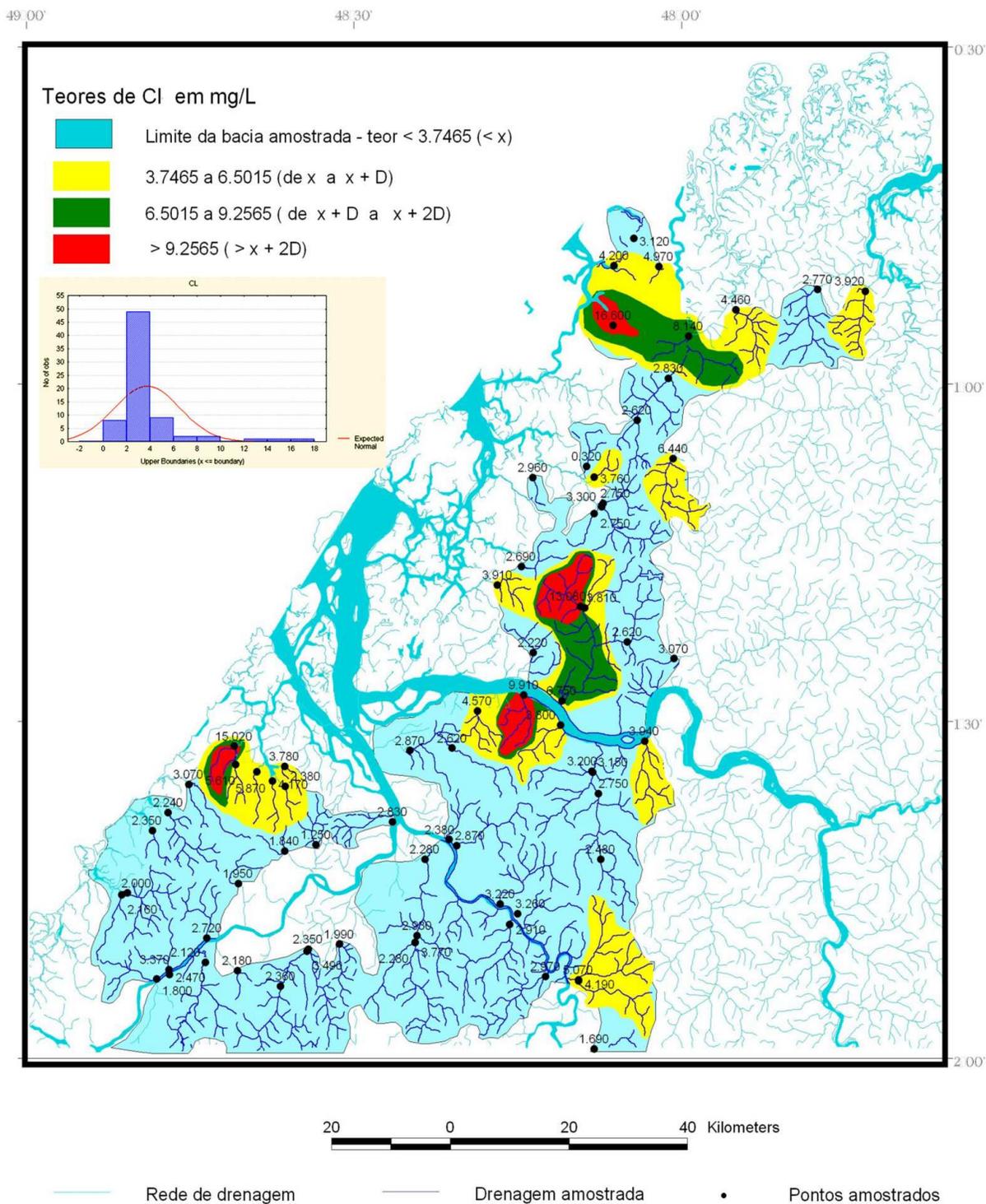
### **Ânions**

Mapa 45: Mapa Geoquímico do Brometo



Mapa Geoquímico do Brometo (Água de Superfície)

Mapa 46: Mapa Geoquímico do Cloreto



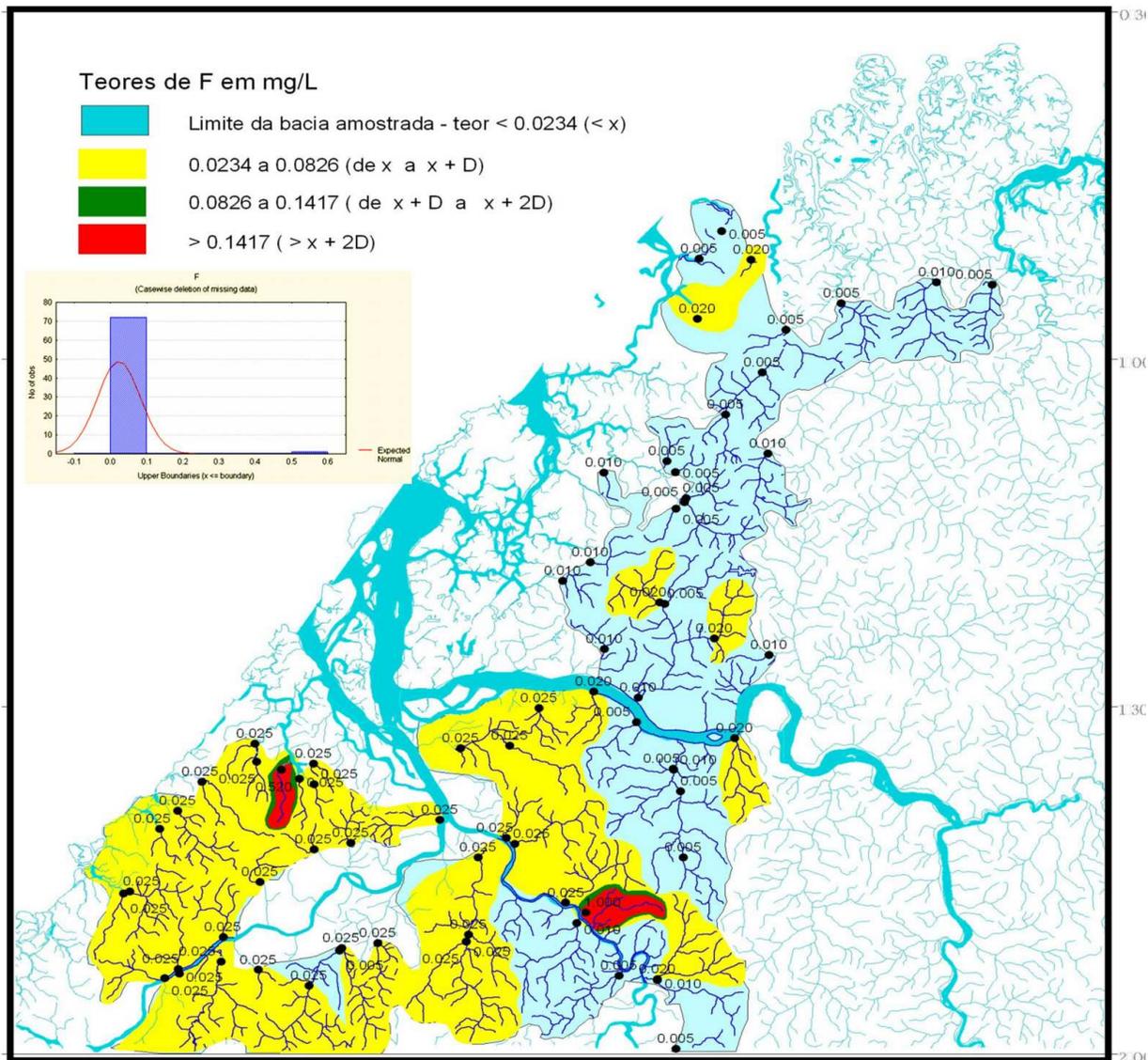
Mapa Geoquímico do Cloreto (Água de Superfície)

### Mapa 47: Mapa Geoquímico do Flúor

49,00'

48,30'

48,00'



20 0 20 40 Kilometers

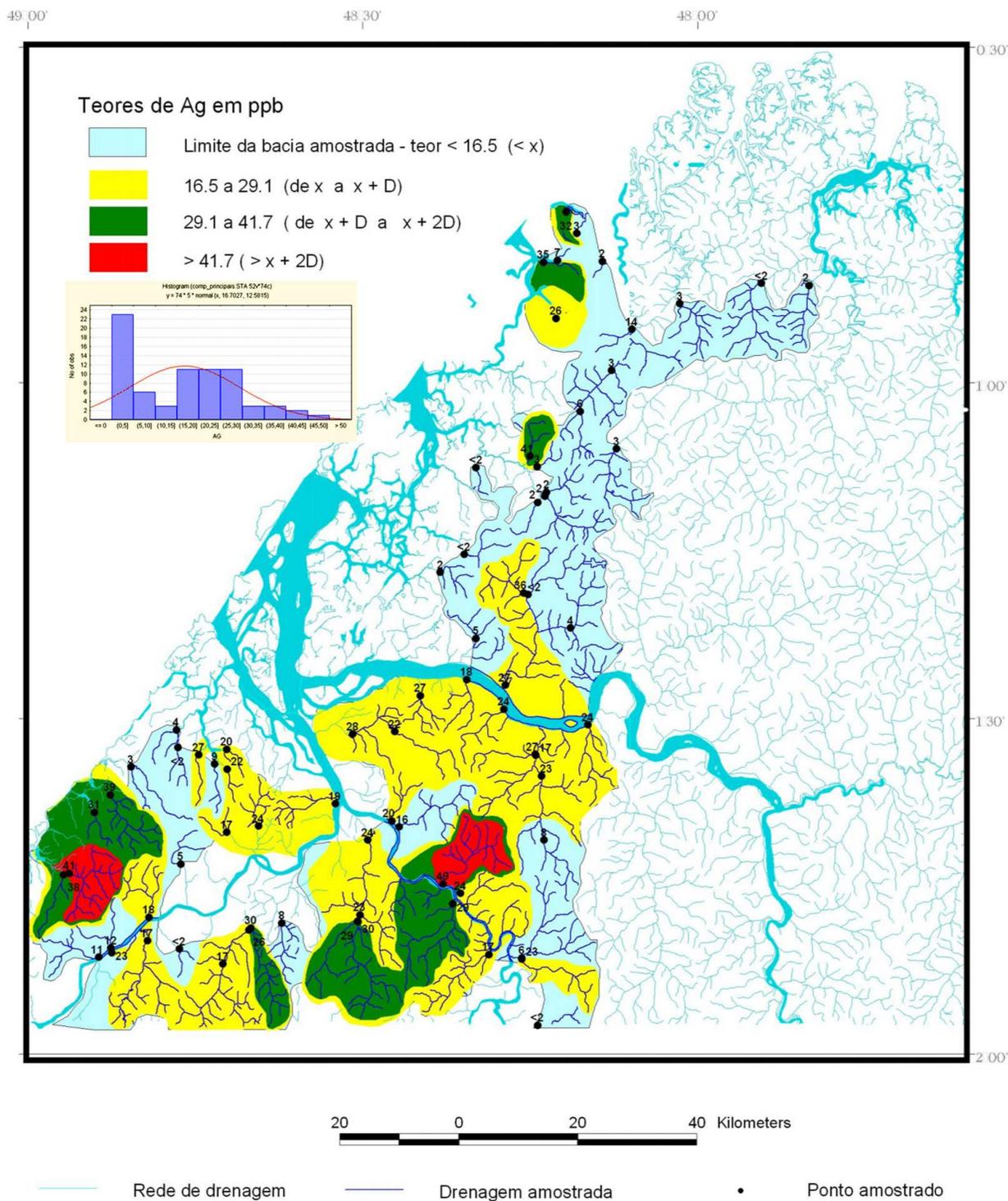
 Rede de drenagem       Drenagem amostrada      • Pontos amostrados

Mapa Geoquímico do Fluor (Água de Superfície)



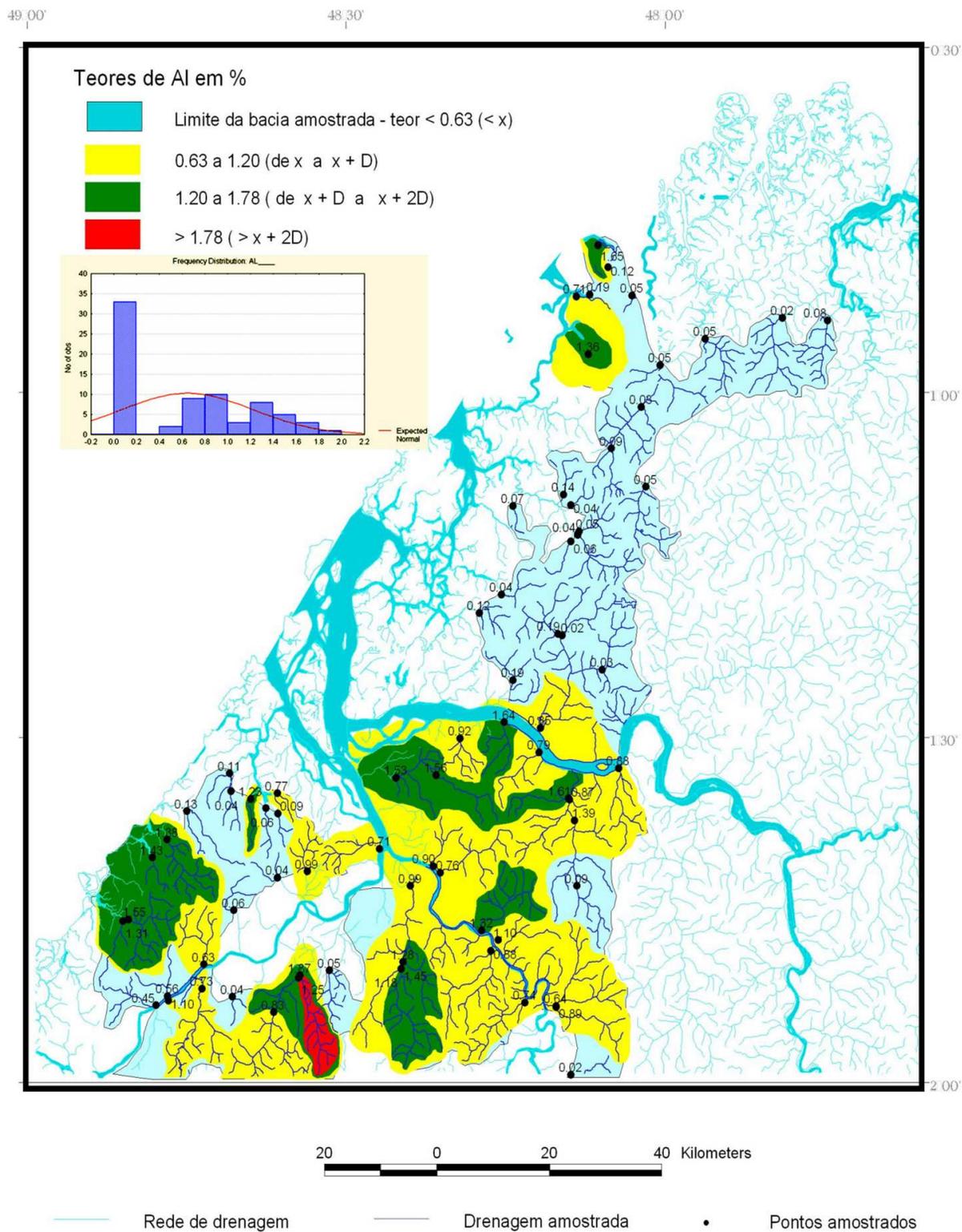
## **Sedimento de Corrente**

### Mapa 49: Mapa Geoquímico da Prata



Mapa Geoquímico da Prata (Sedimento de Corrente)

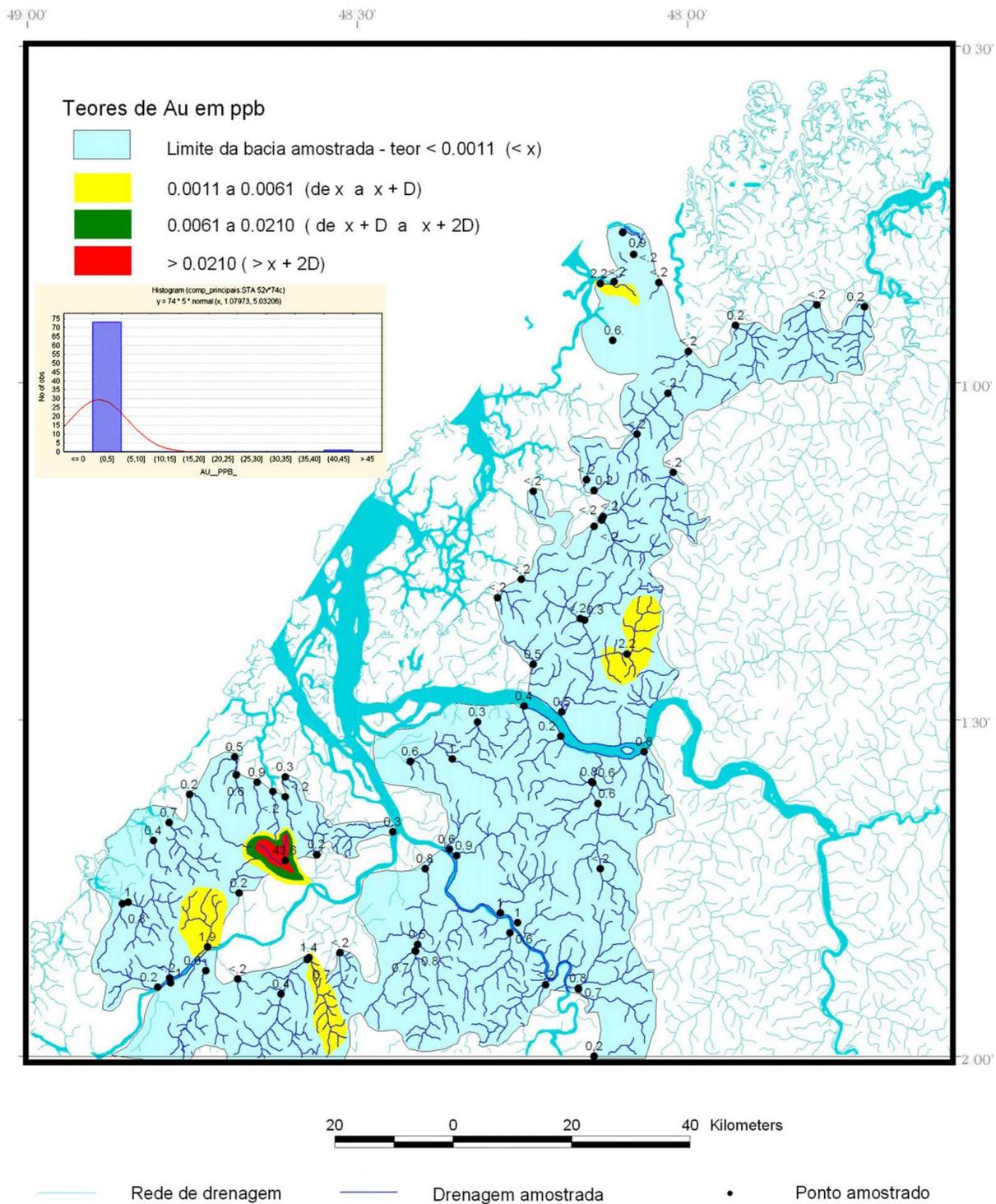
Mapa 50: Mapa Geoquímico do Alumínio



Mapa Geoquímico do Alumínio (Sedimento de Corrente)

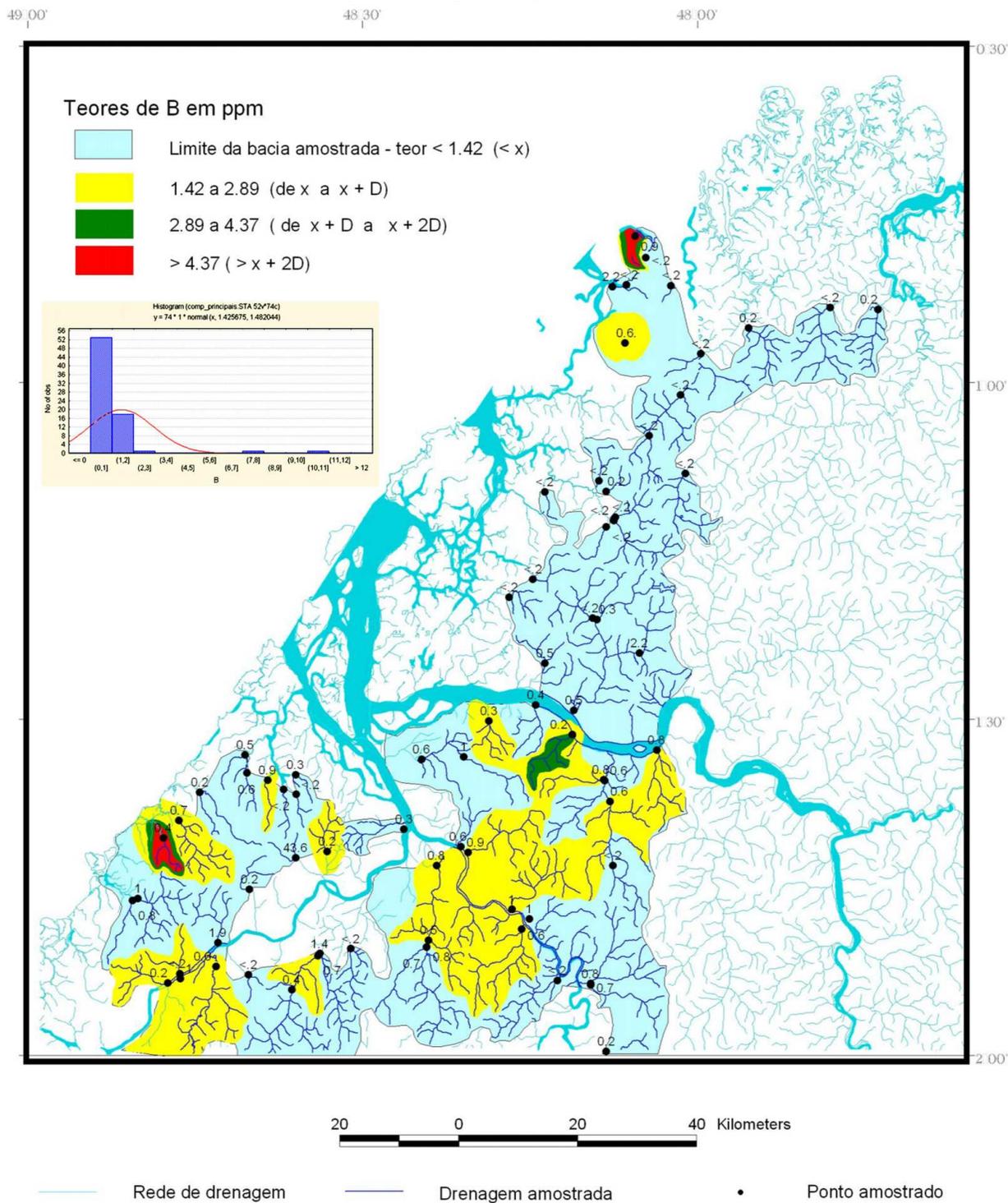


### Mapa 52: Mapa Geoquímico do Ouro



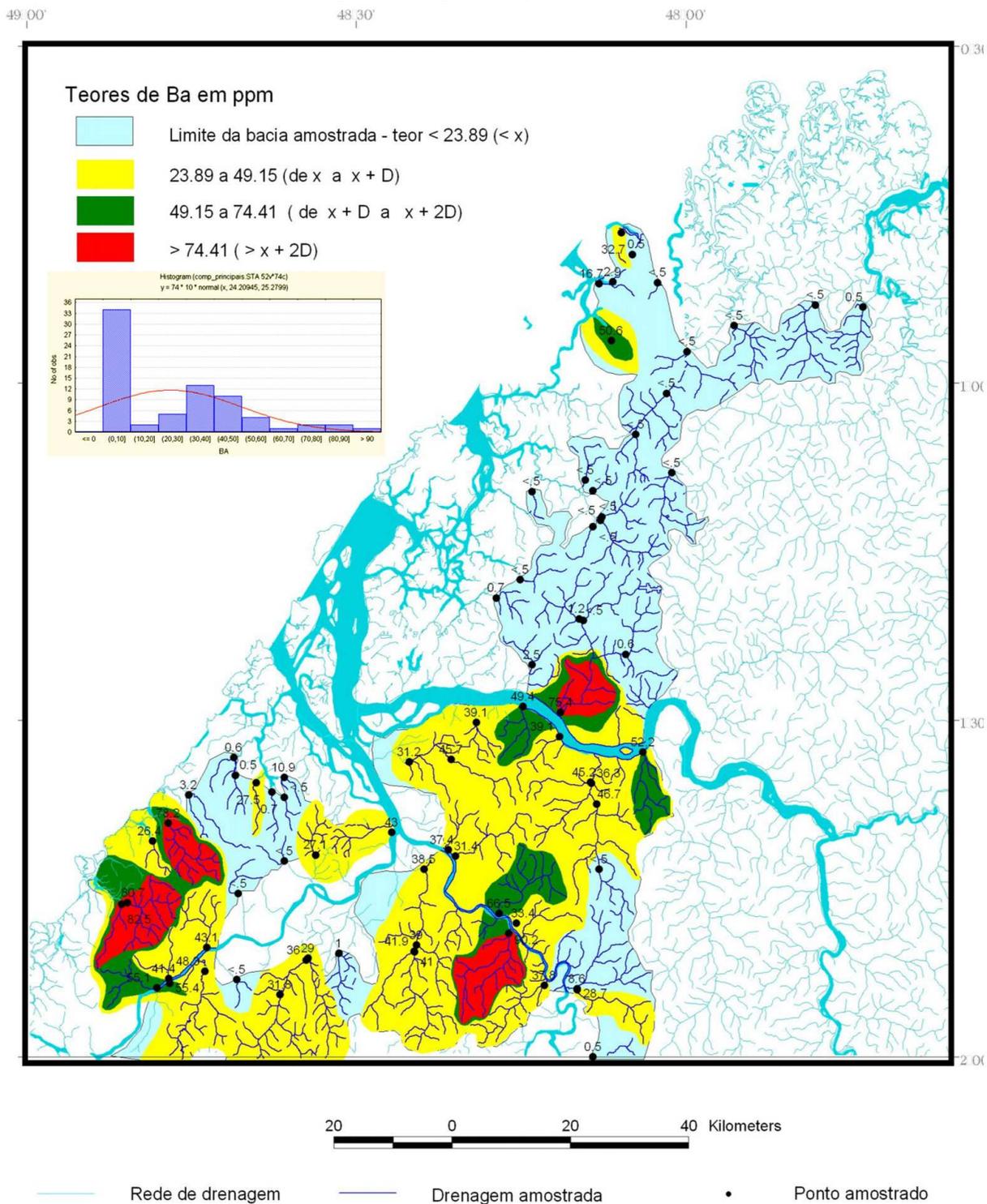
Mapa Geoquímico do Ouro (Sedimento de Corrente)

### Mapa 53: Mapa Geoquímico de Boro



Mapa Geoquímico do Boro (Sedimento de Corrente)

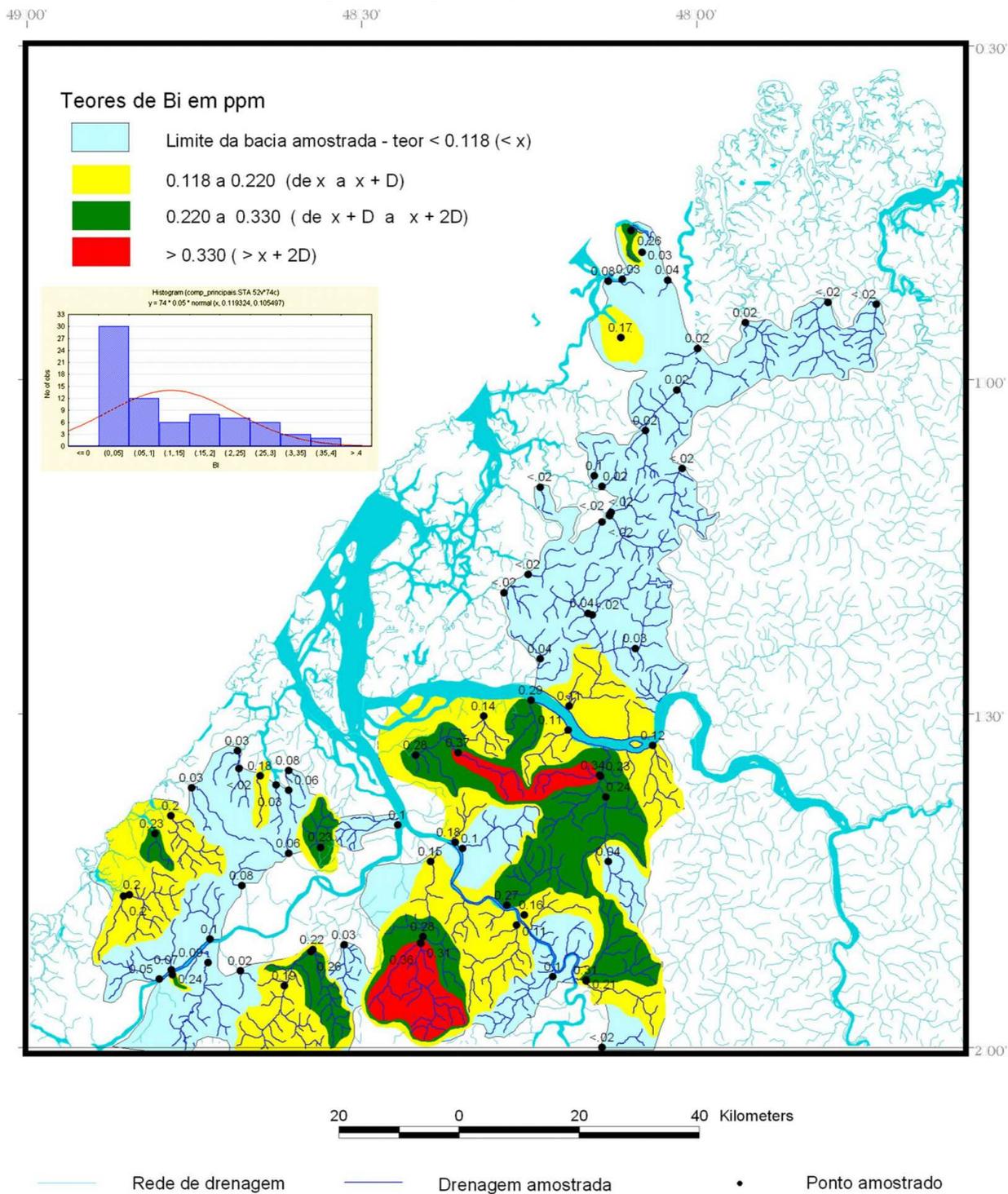
### Mapa 54: Mapa Geoquímico do Bário



Mapa Geoquímico do Bário (Sedimento de Corrente)



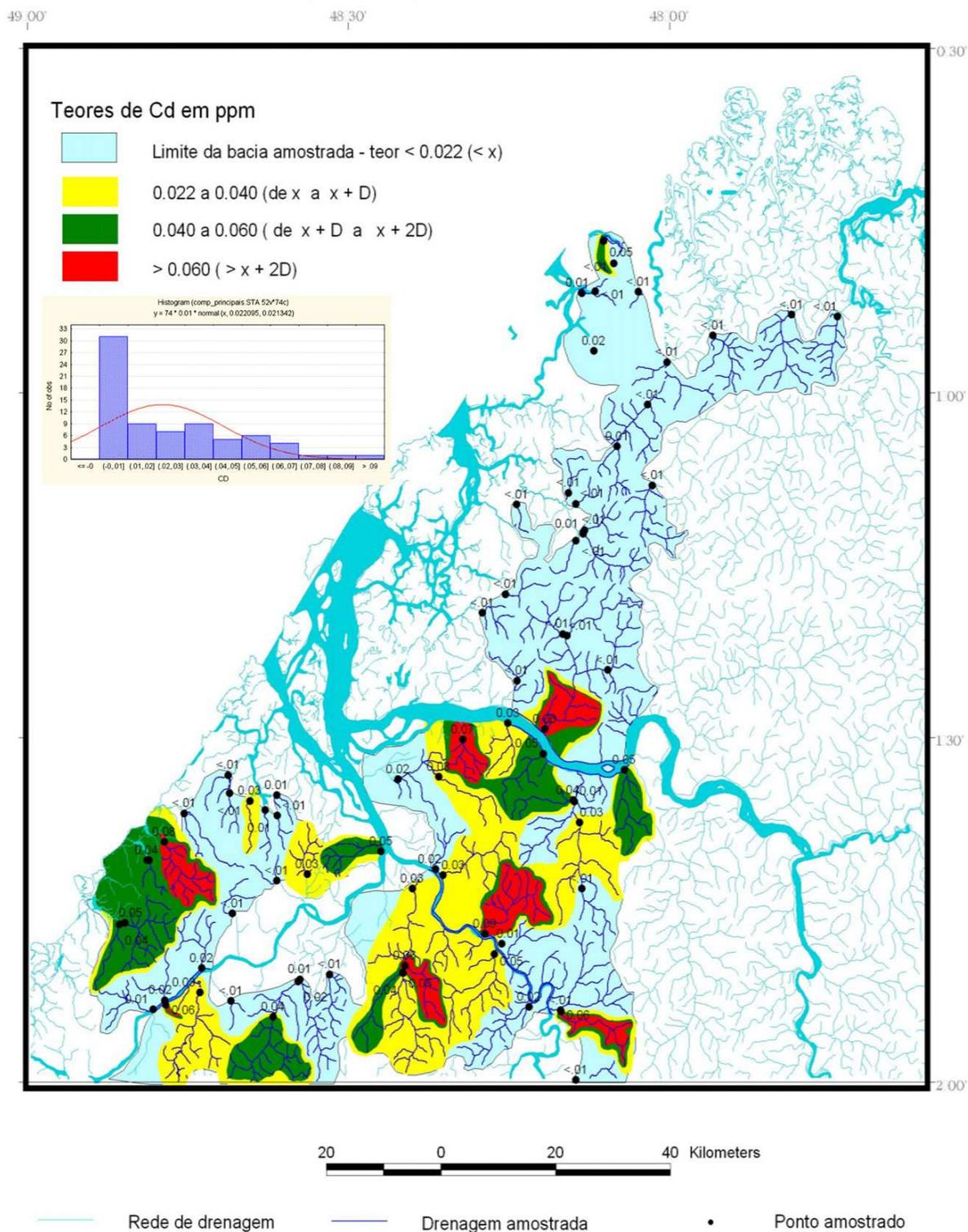
### Mapa 56: Mapa Geoquímico de Bismuto



Mapa Geoquímico do Bismuto (Sedimento de Corrente)

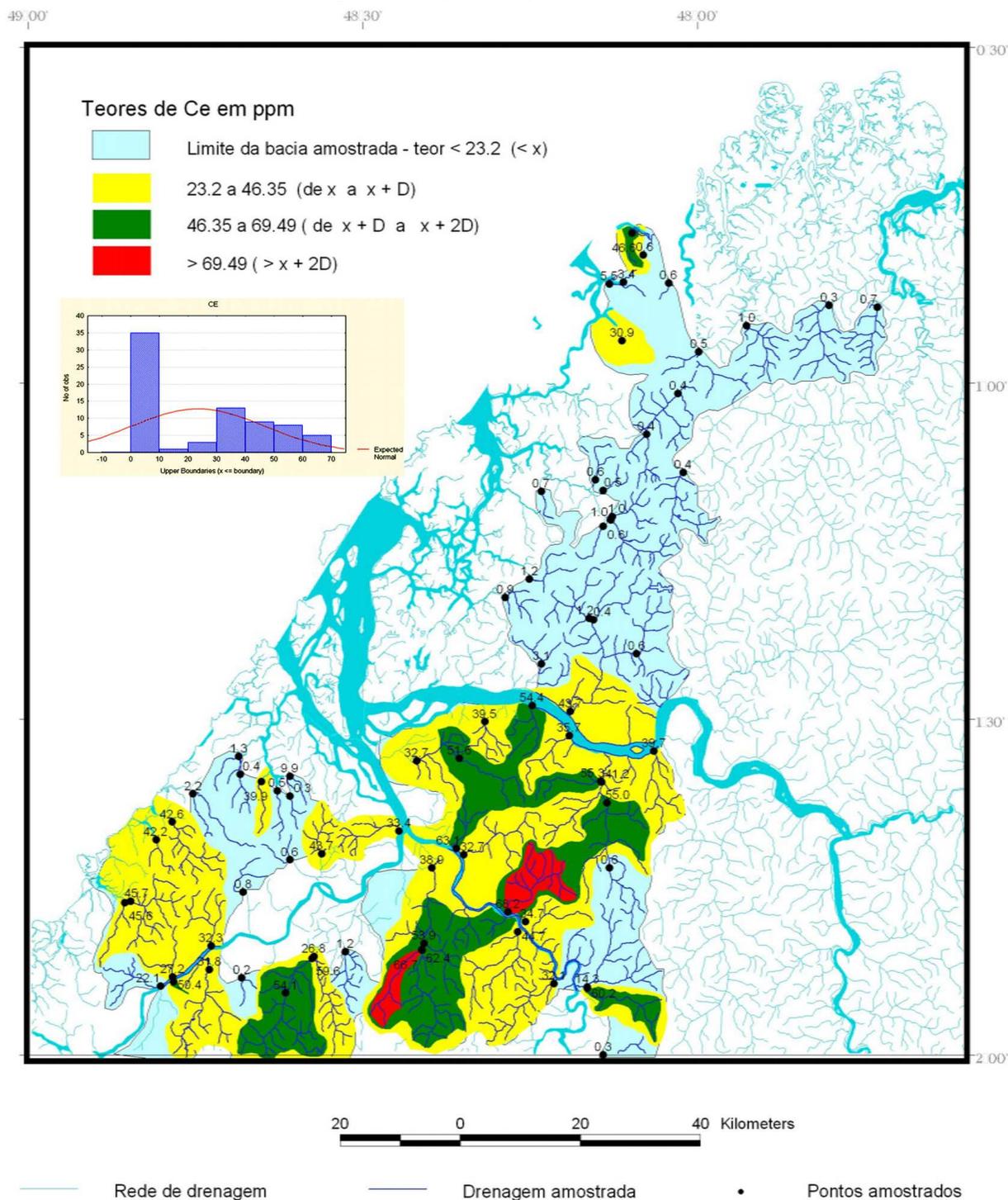


Mapa 58: Mapa Geoquímico do Cádmio



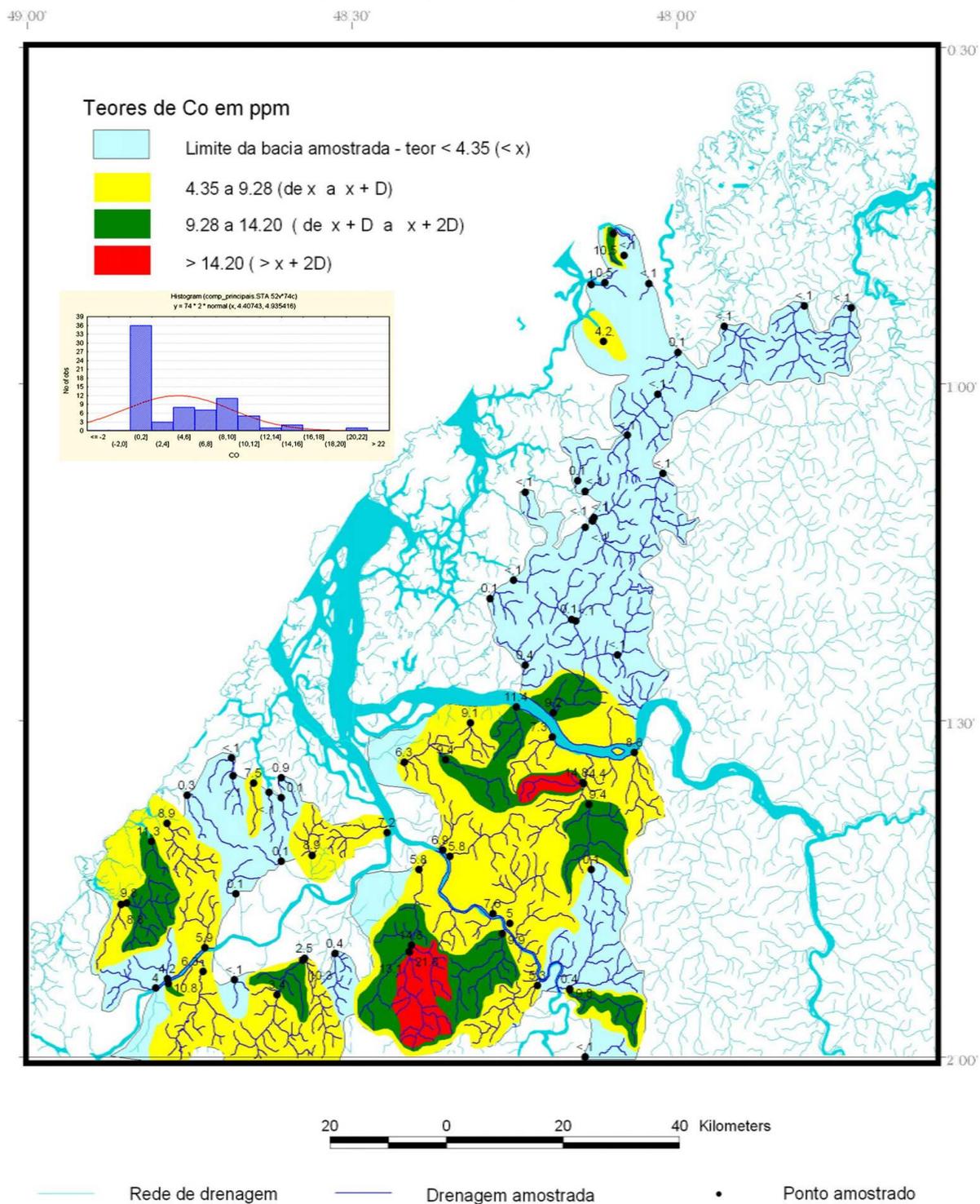
Mapa Geoquímico do Cádmio (Sedimento de Corrente)

Mapa 59: Mapa Geoquímico do Cério



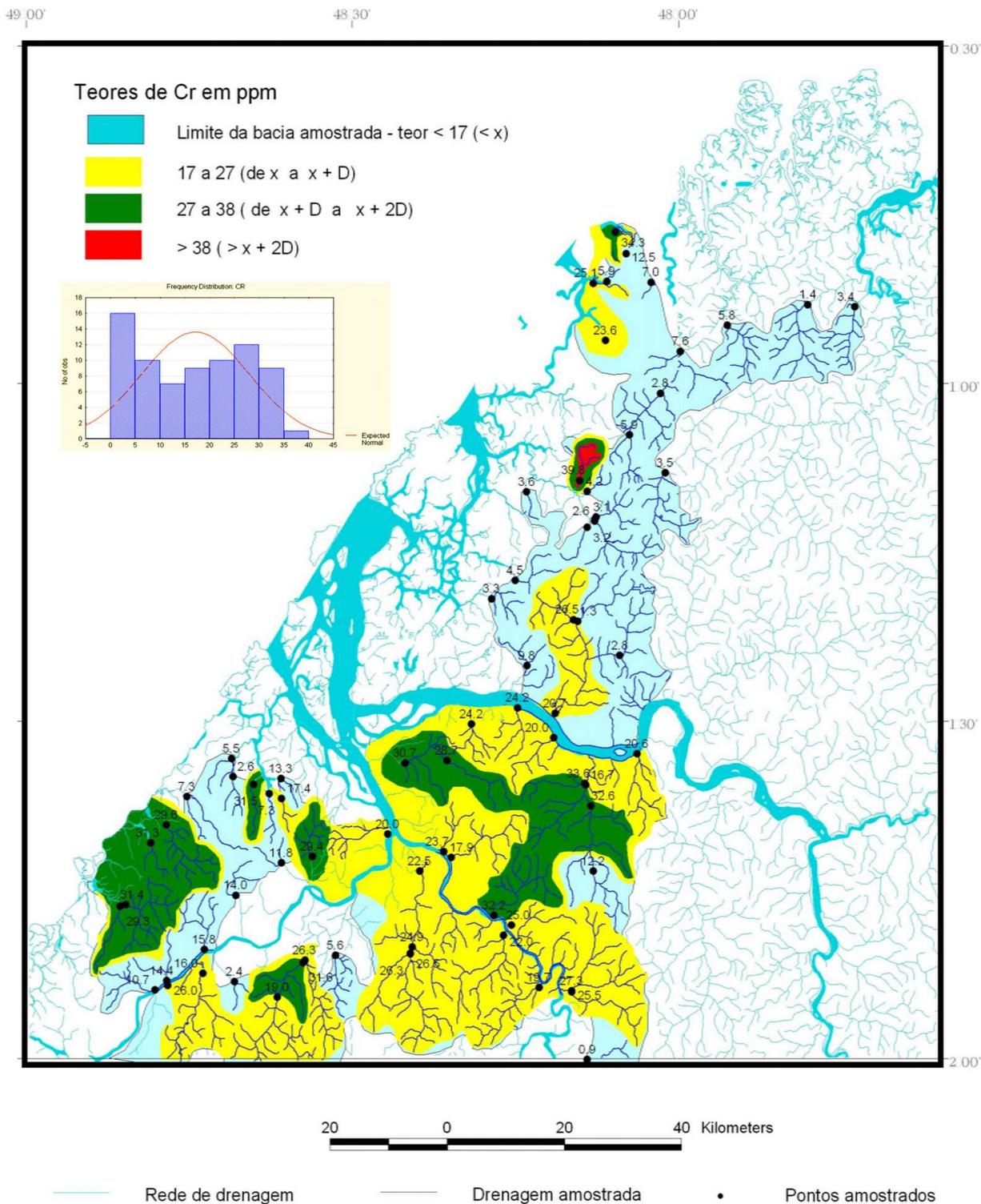
Mapa Geoquímico do Cério (Sedimento de Corrente)

Mapa 60: Mapa Geoquímico do Cobalto



Mapa Geoquímico do Cobalto (Sedimento de Corrente)

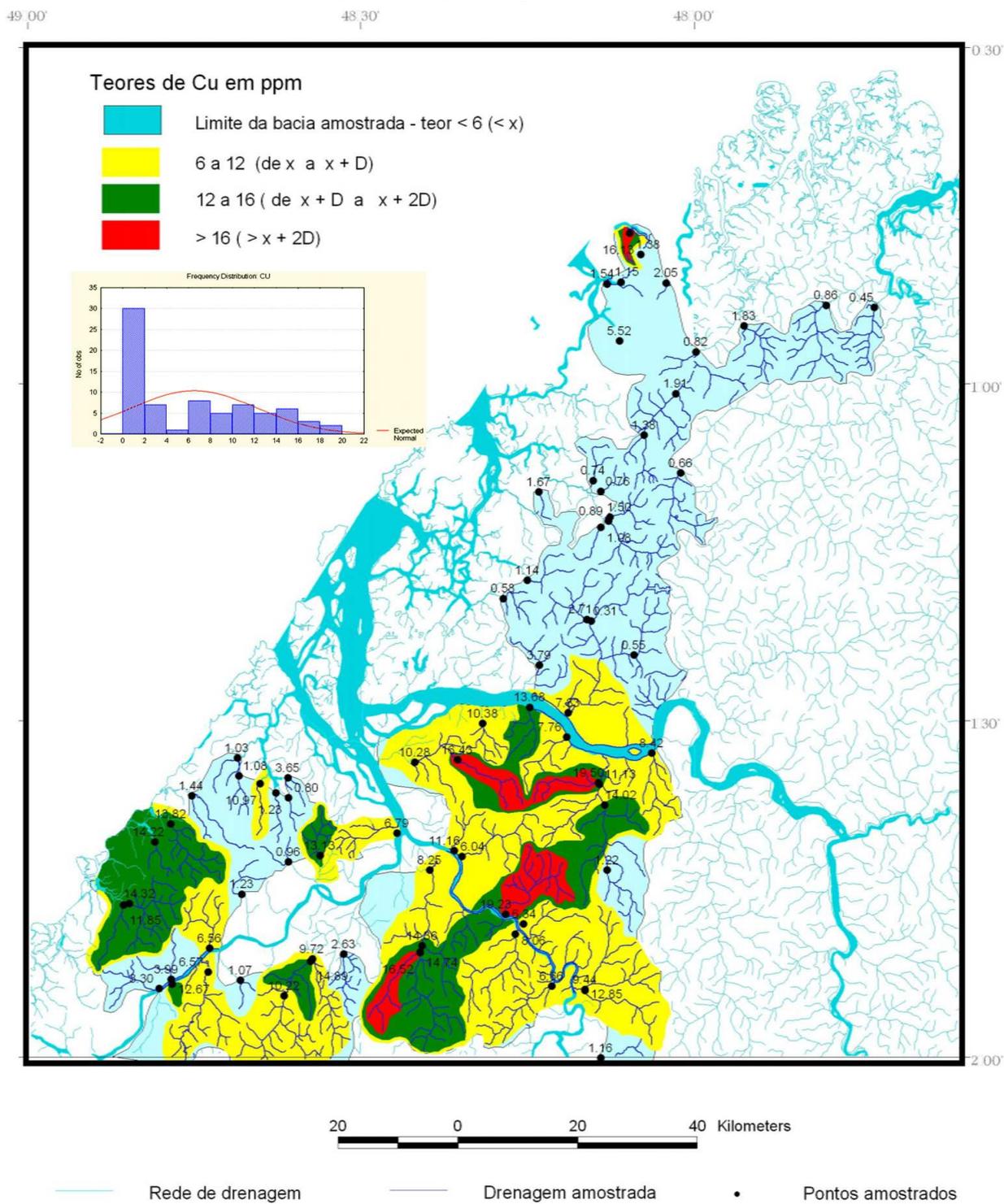
Mapa 61: Mapa Geoquímico do Cromo



Mapa Geoquímico do Cromo (Sedimento de Corrente)

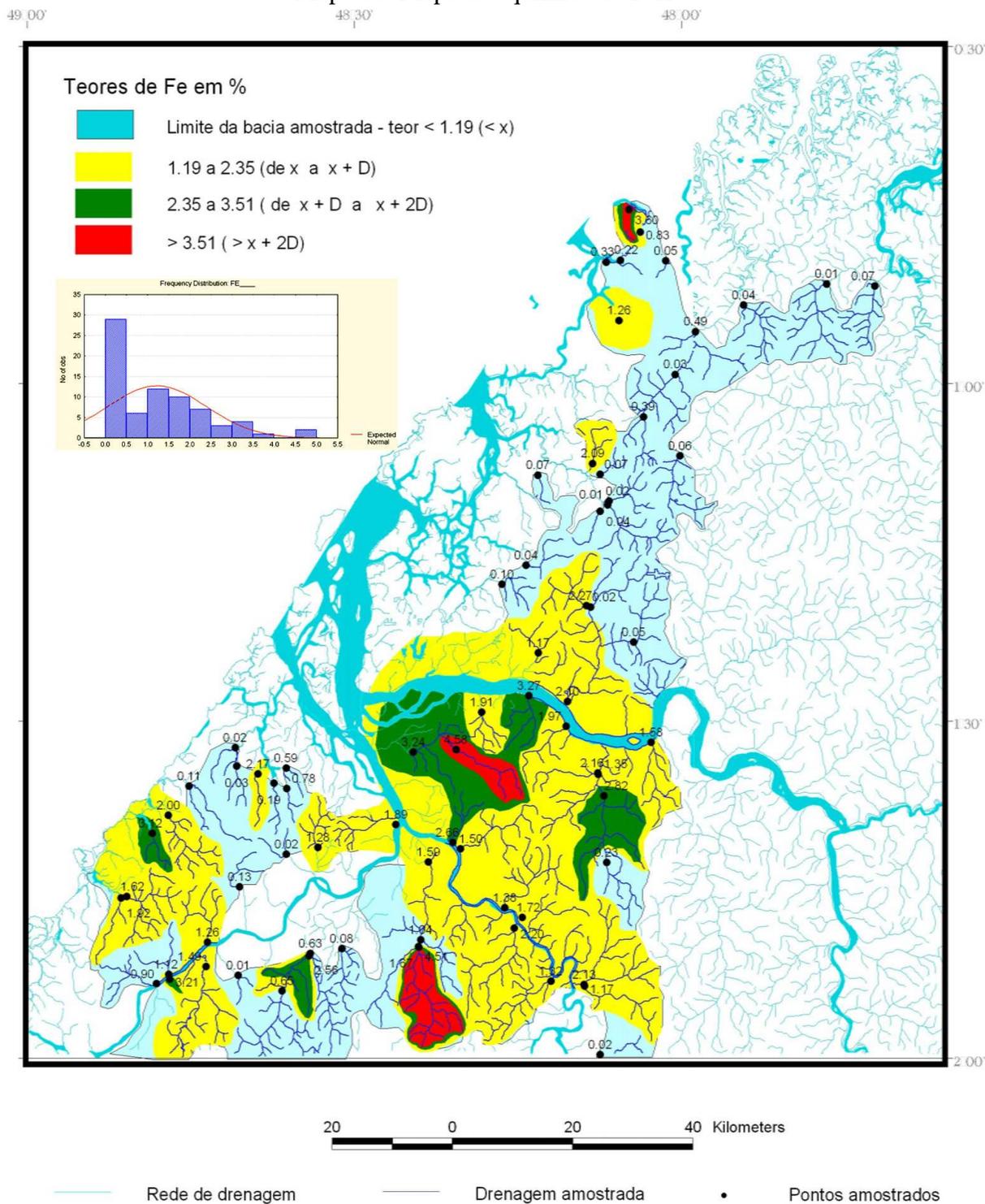


### Mapa 63: Mapa Geoquímico do Cobre



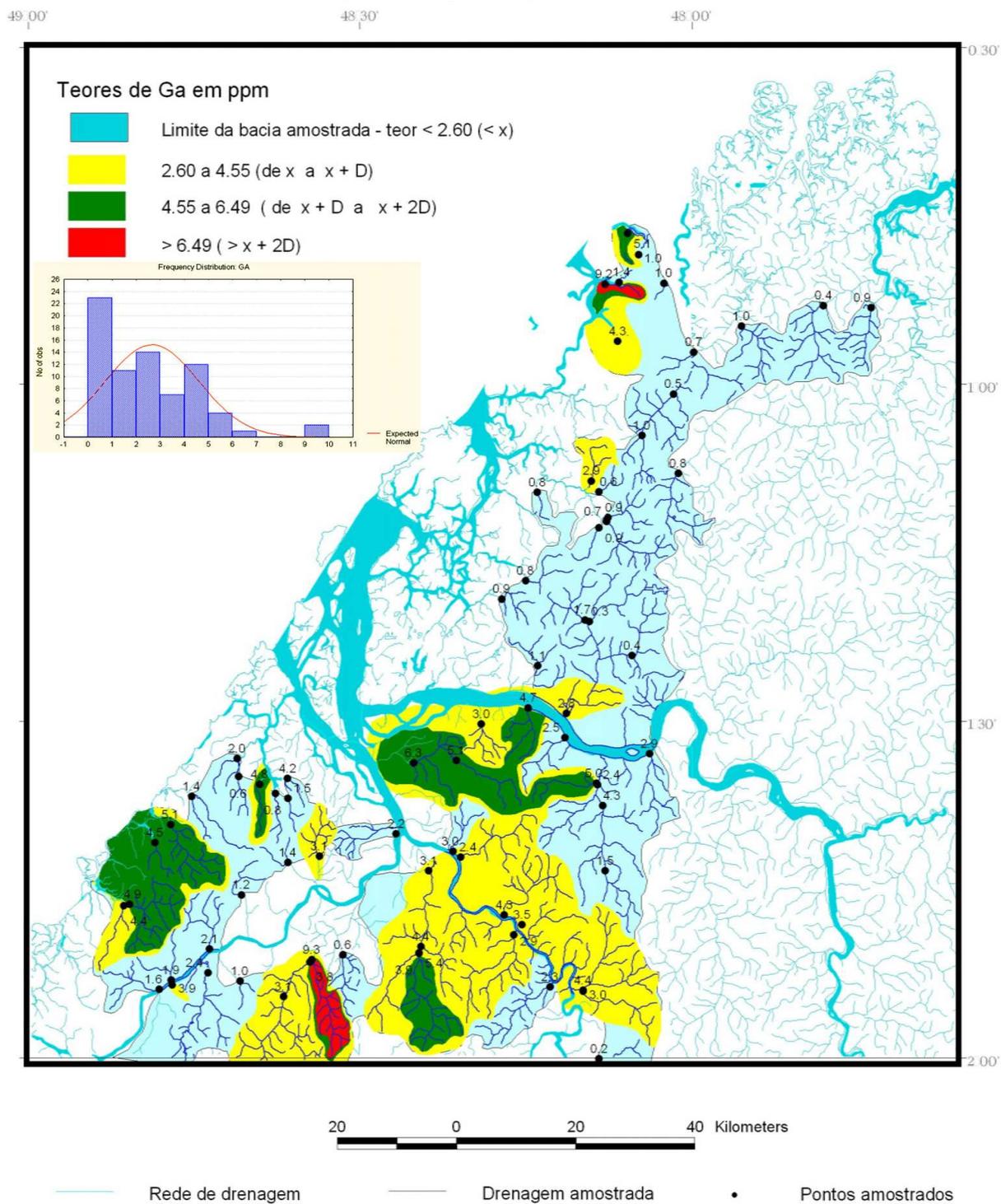
Mapa Geoquímico do Cobre (Sedimento de Corrente)

Mapa 64: Mapa Geoquímico do Ferro



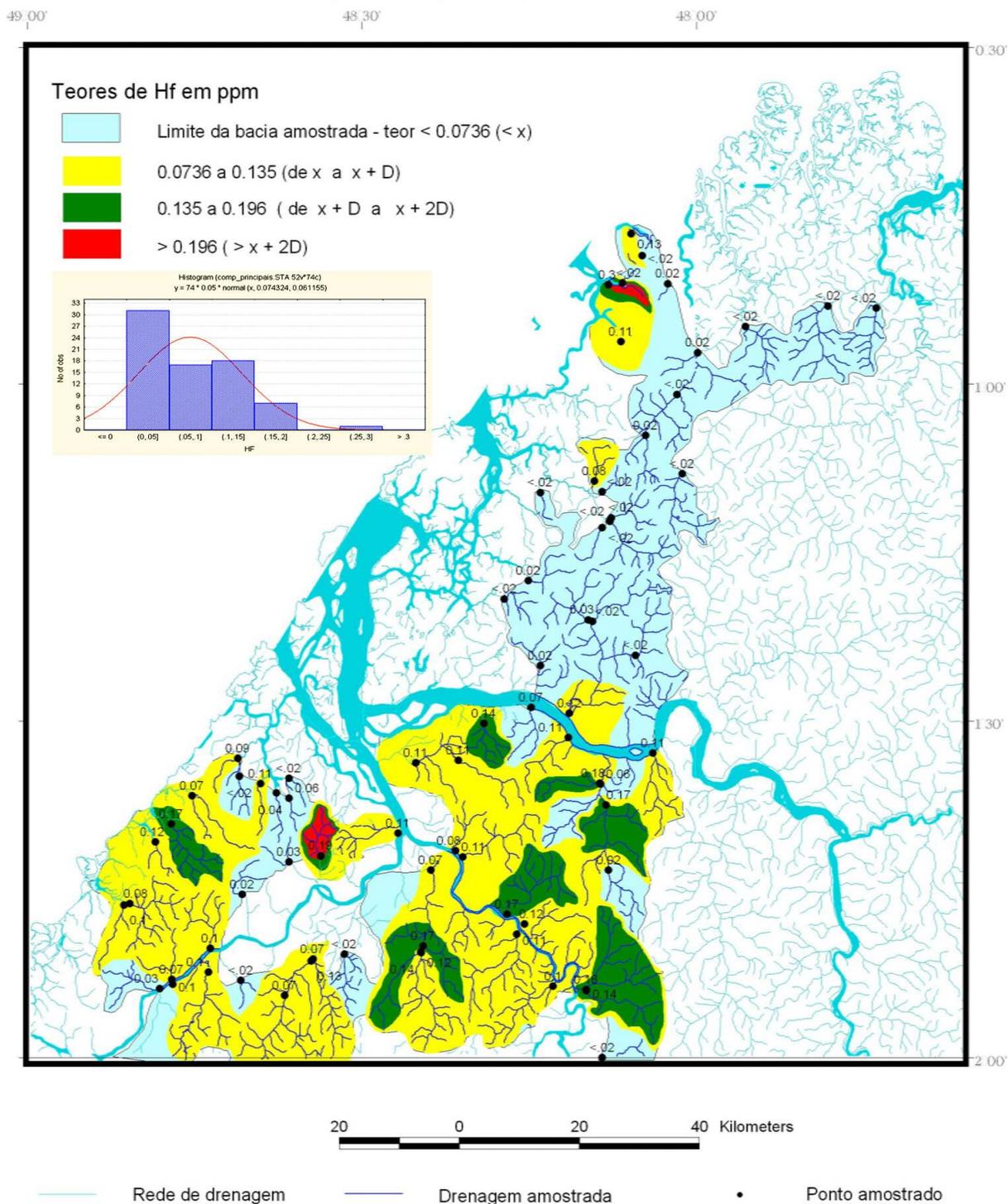
Mapa Geoquímico do Ferro (Sedimento de Corrente)

Mapa 65: Mapa Geoquímico do Gálio



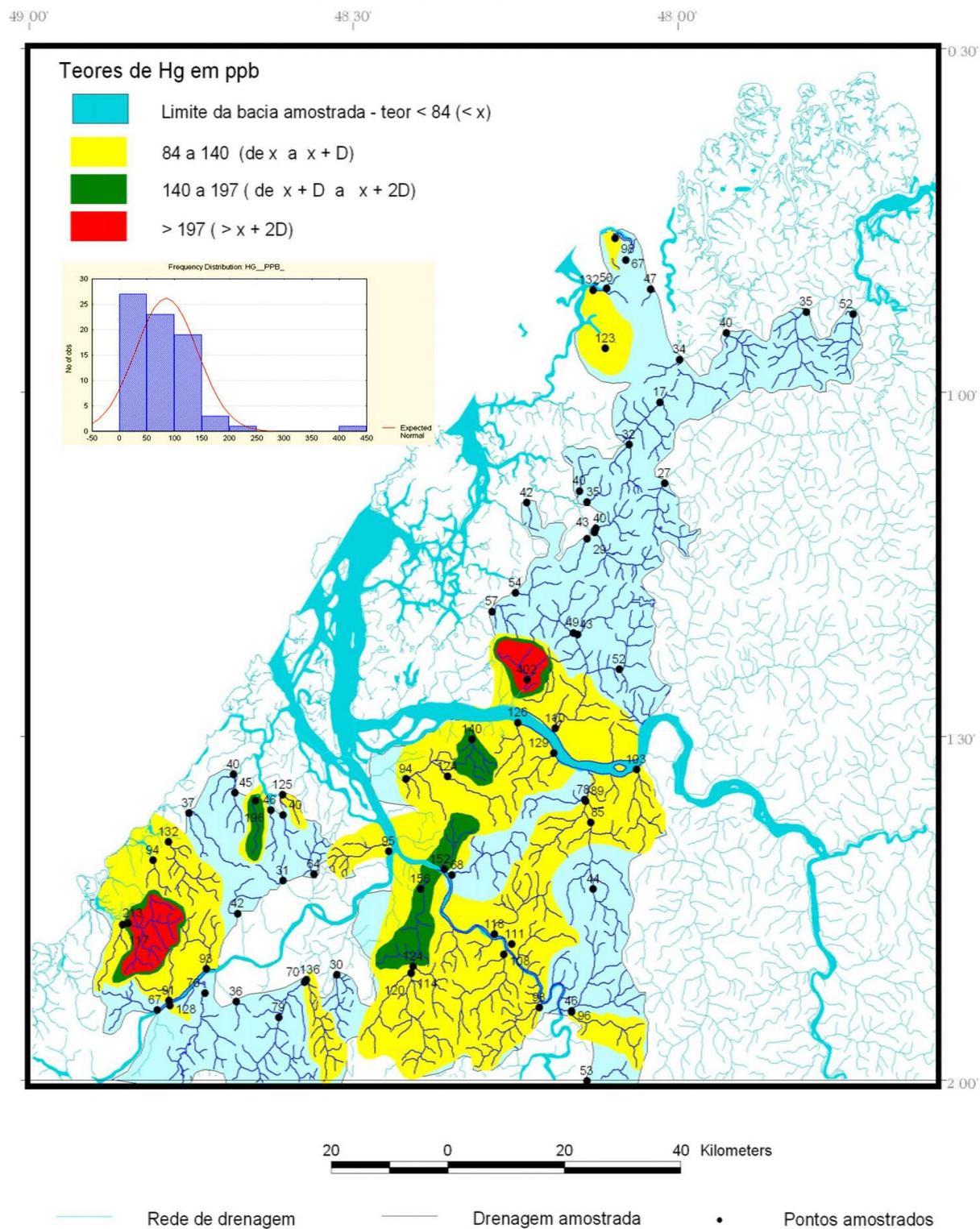
Mapa Geoquímico do Gálio (Sedimento de Corrente)

Mapa 66: Mapa Geoquímico do Háfnio



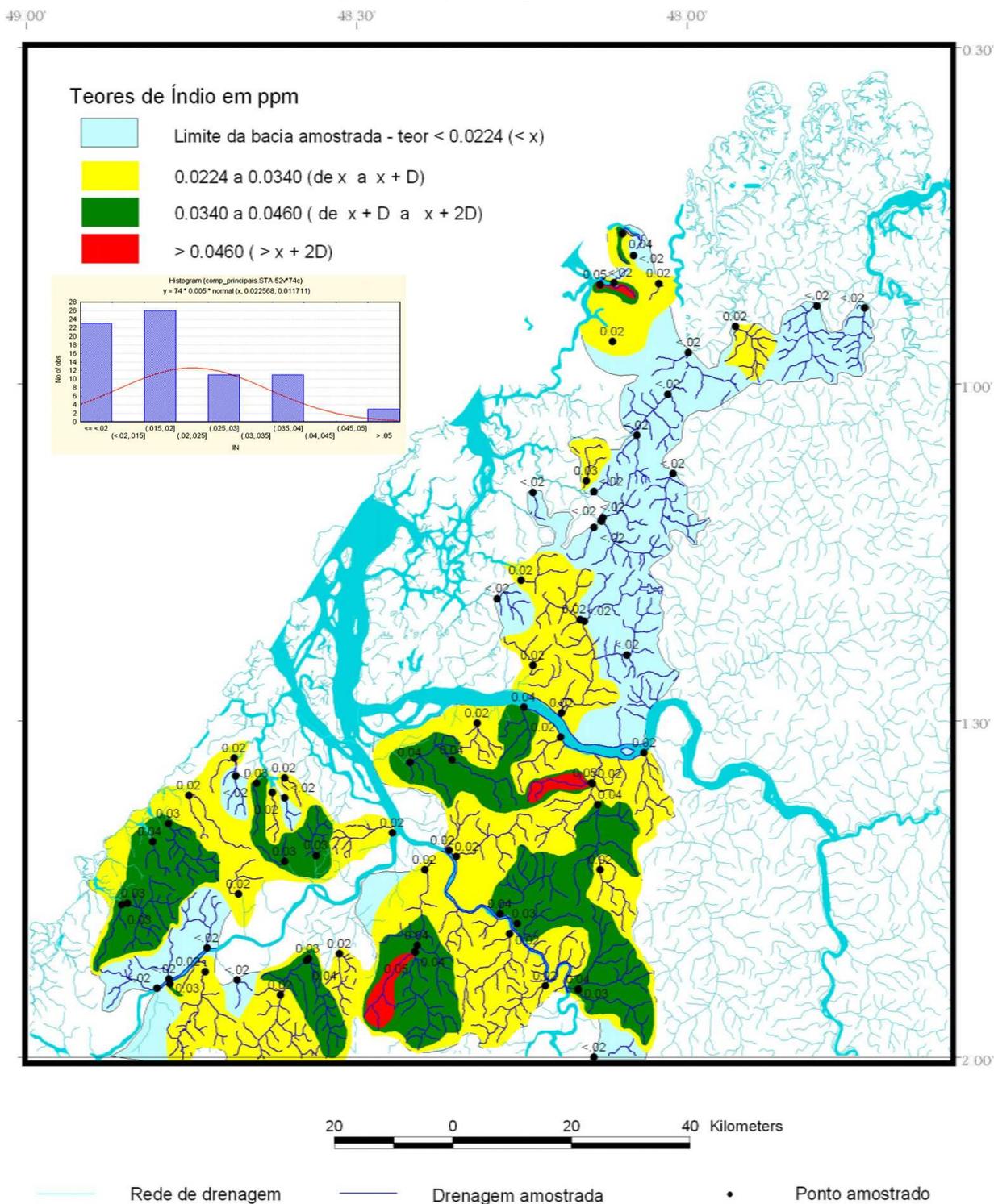
Mapa Geoquímico do Háfnio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 67: Mapa Geoquímico de Mercúrio



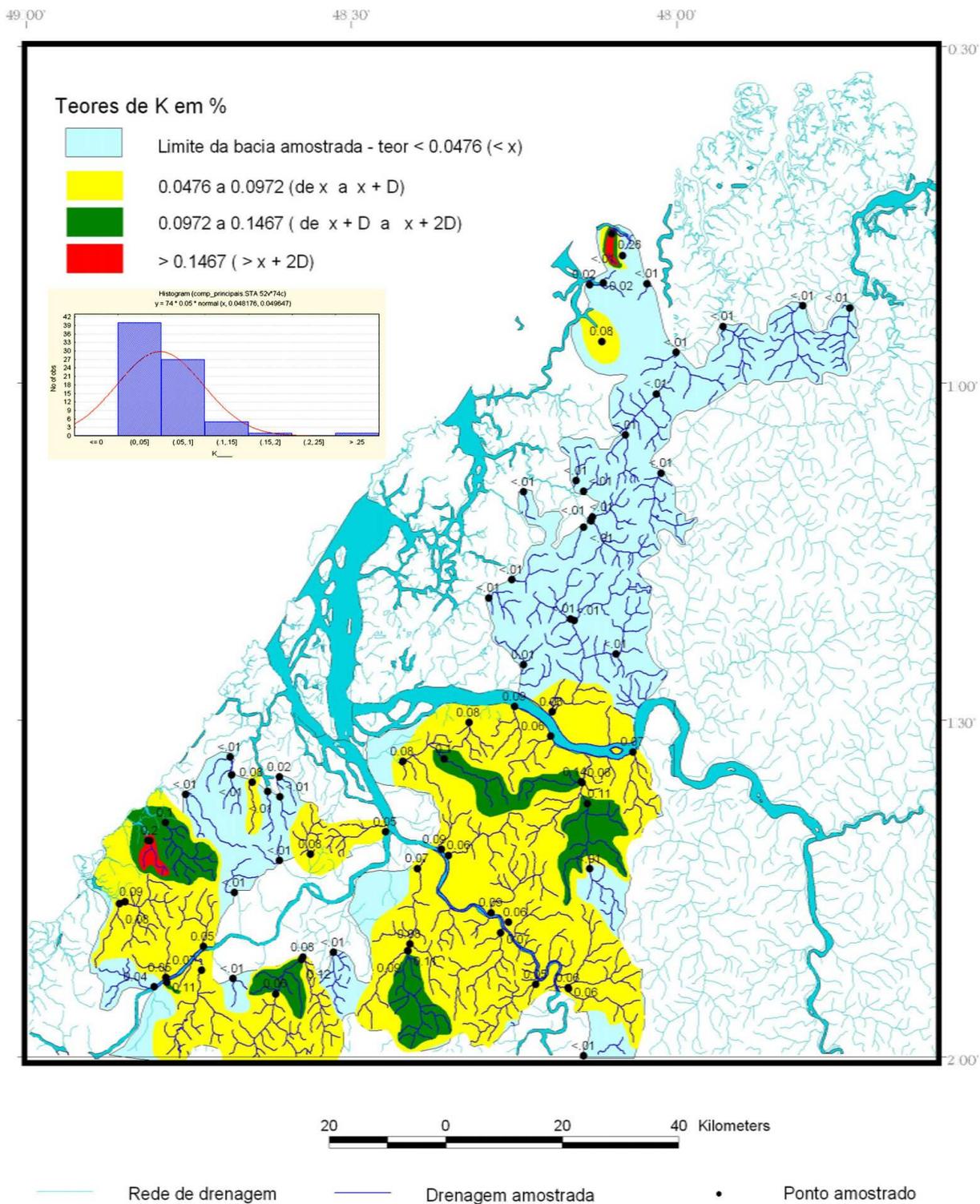
Mapa Geoquímico do Mercúrio (Sedimento de Corrente)

Mapa 68: Mapa Geoquímico de Índio



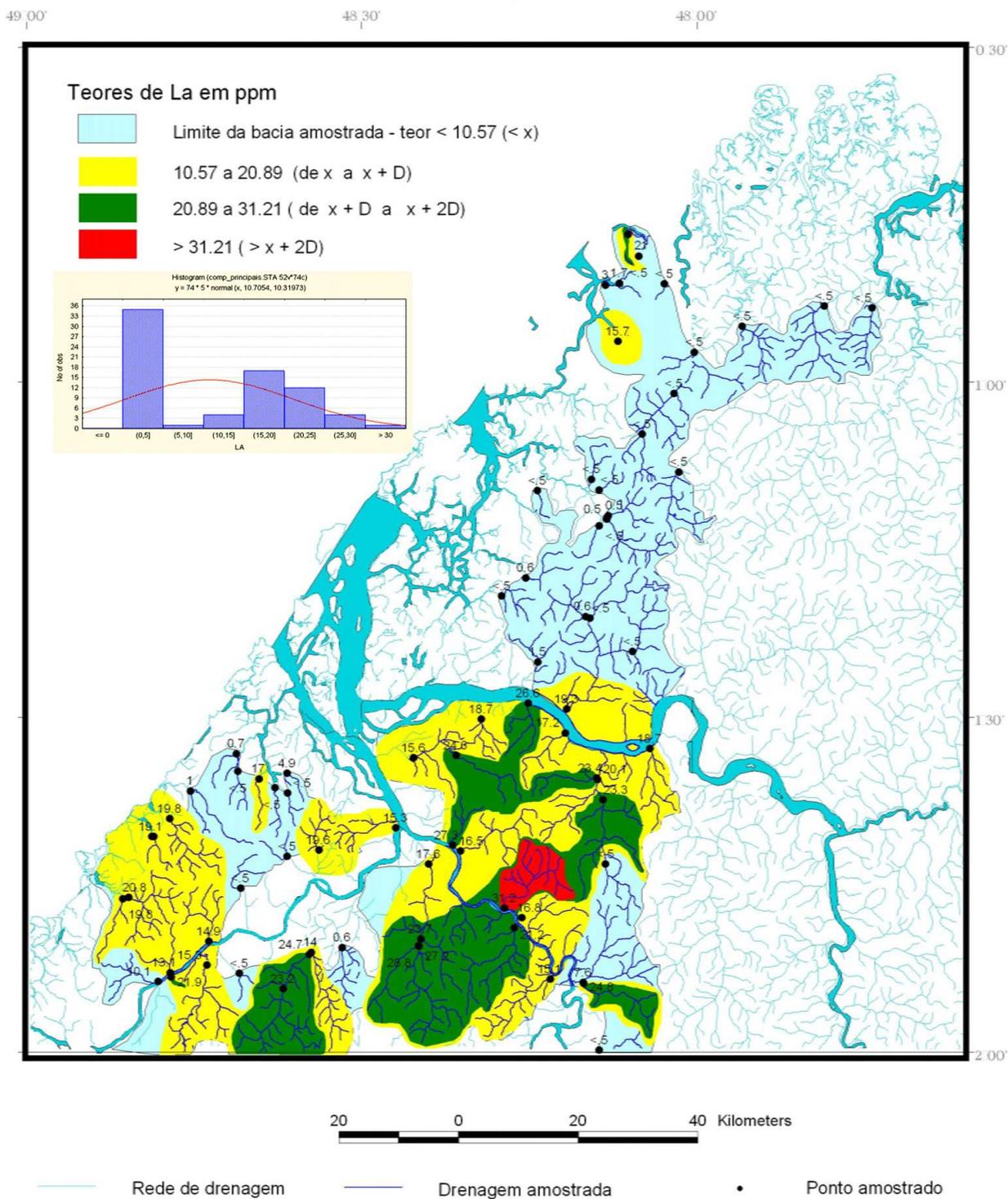
Mapa Geoquímico do Índio (Sedimento de Corrente)

Mapa 69: Mapa Geoquímico de Potássio



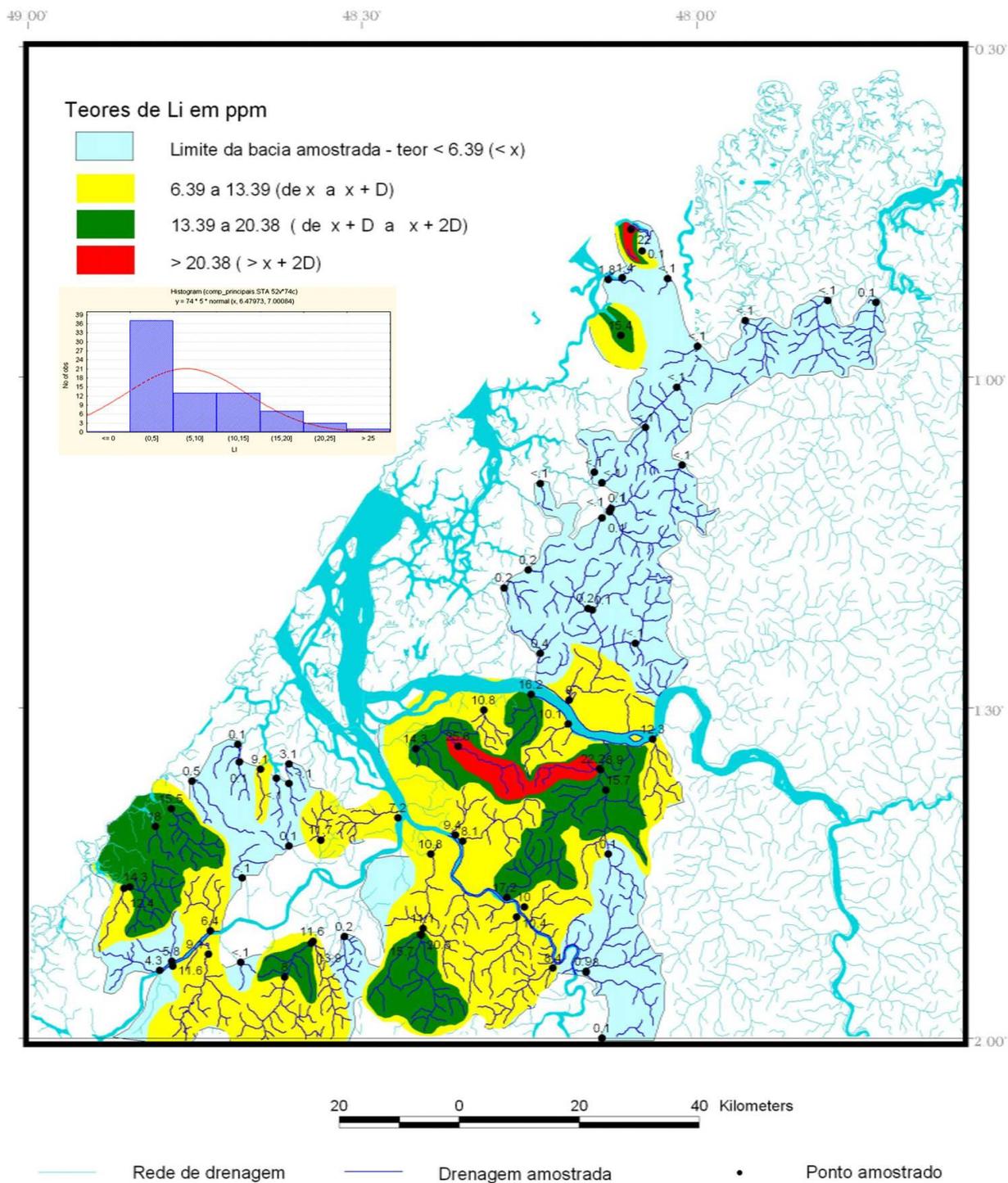
Mapa Geoquímico do Potássio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 70: Mapa Geoquímico do Lantânio



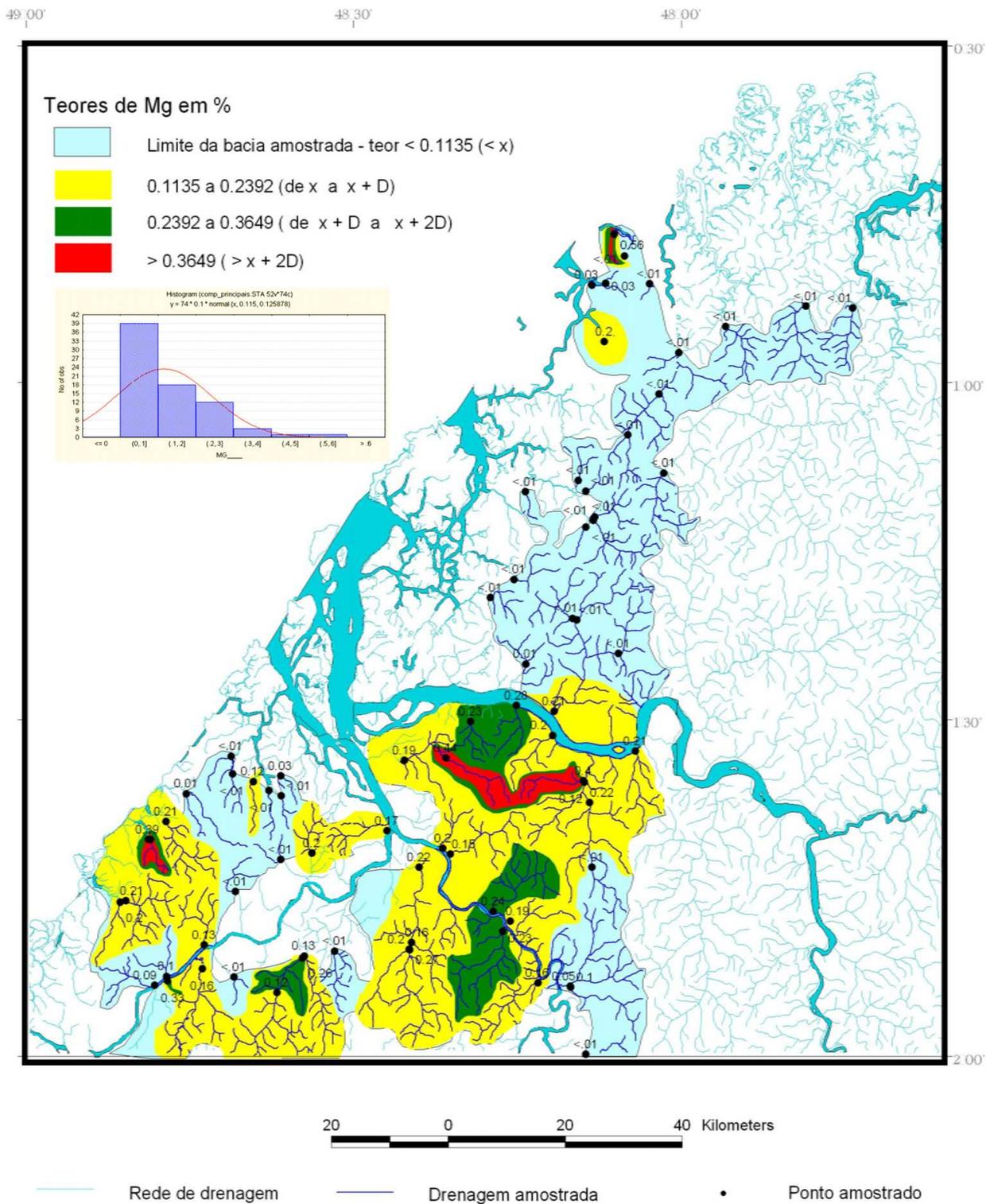
Mapa Geoquímico do Lantânio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 71: Mapa Geoquímico do Lítio



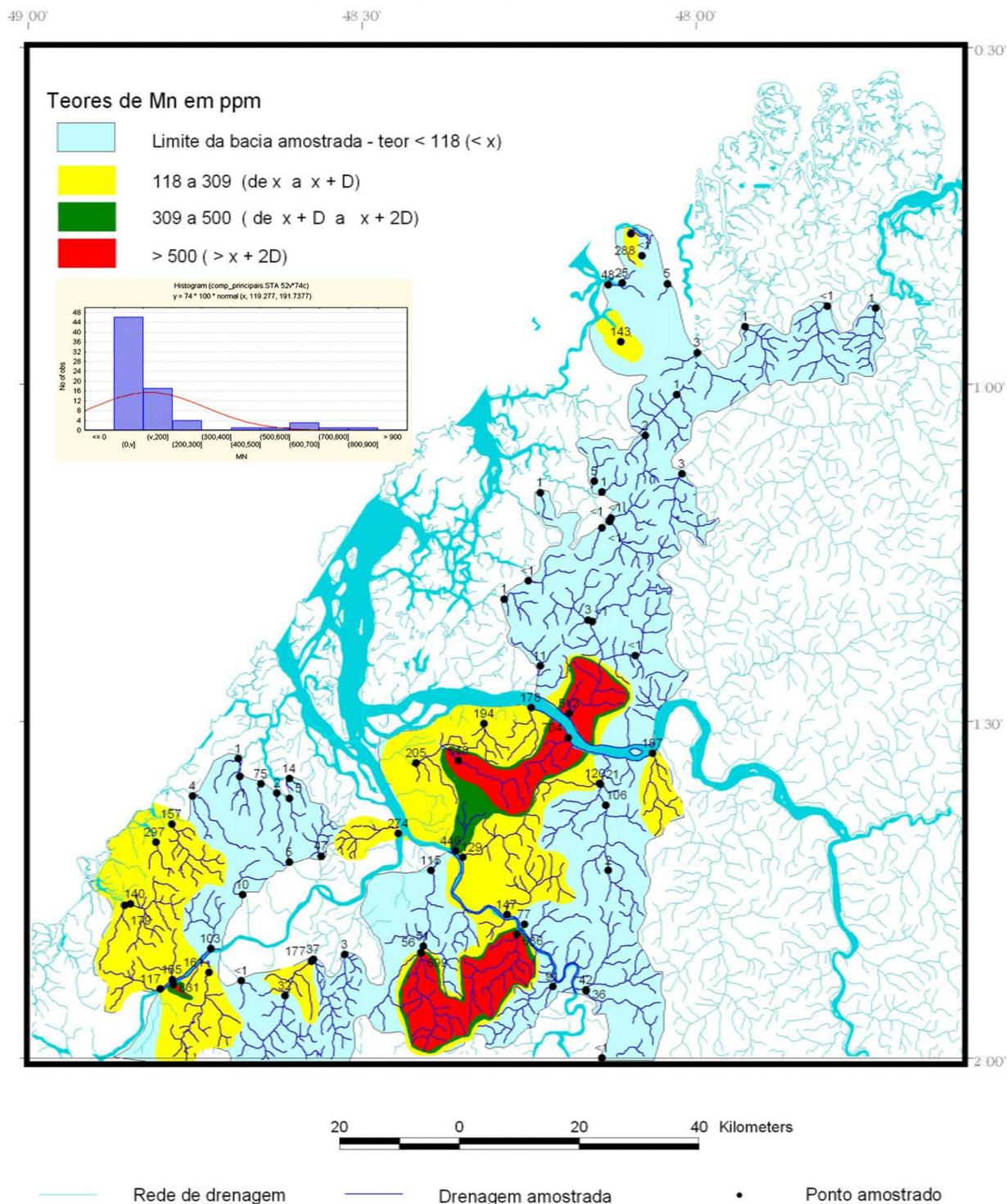
Mapa Geoquímico do Lítio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 72: Mapa Geoquímico do Magnésio



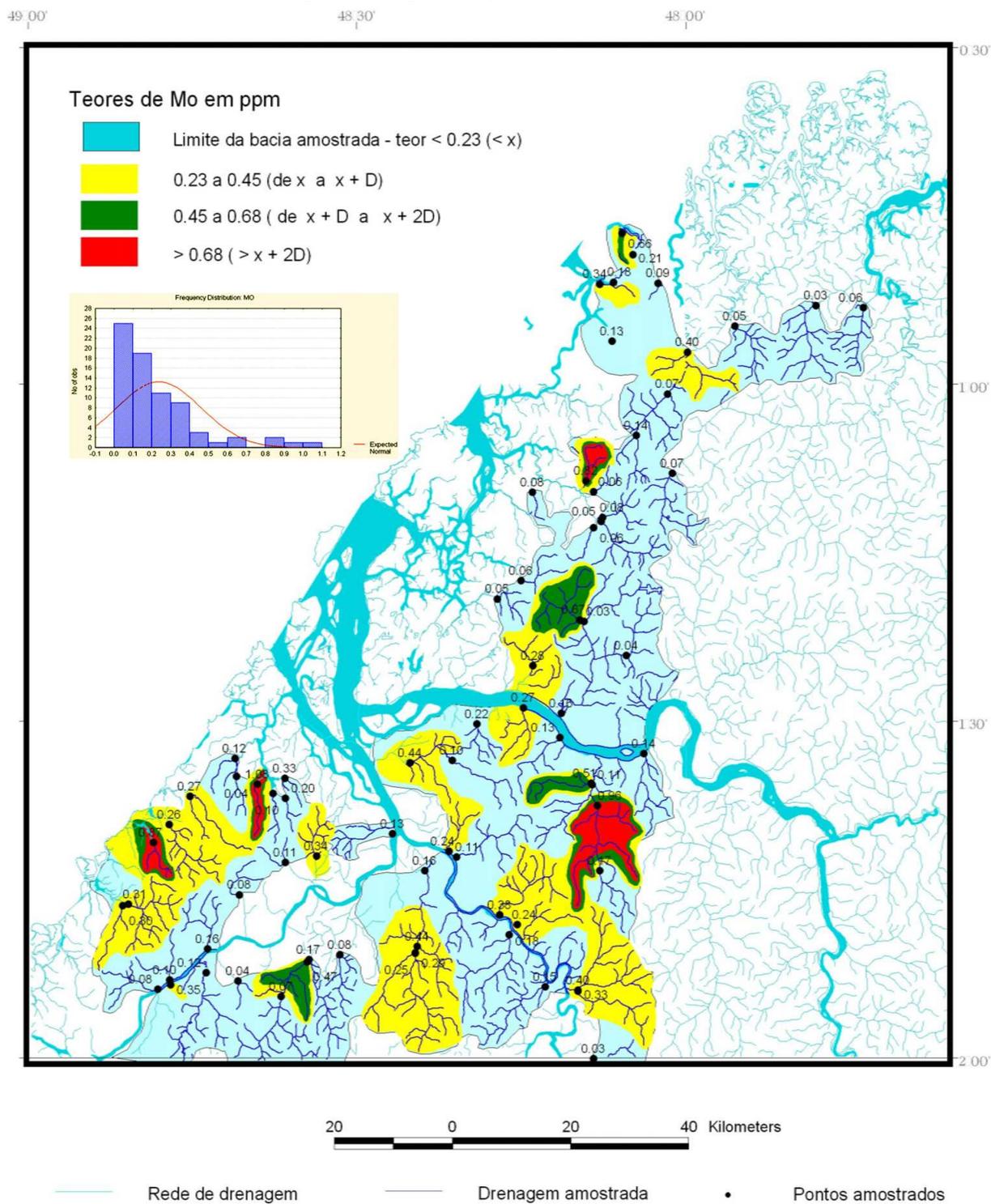
Mapa Geoquímico do Magnésio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 73: Mapa Geoquímico do Manganês



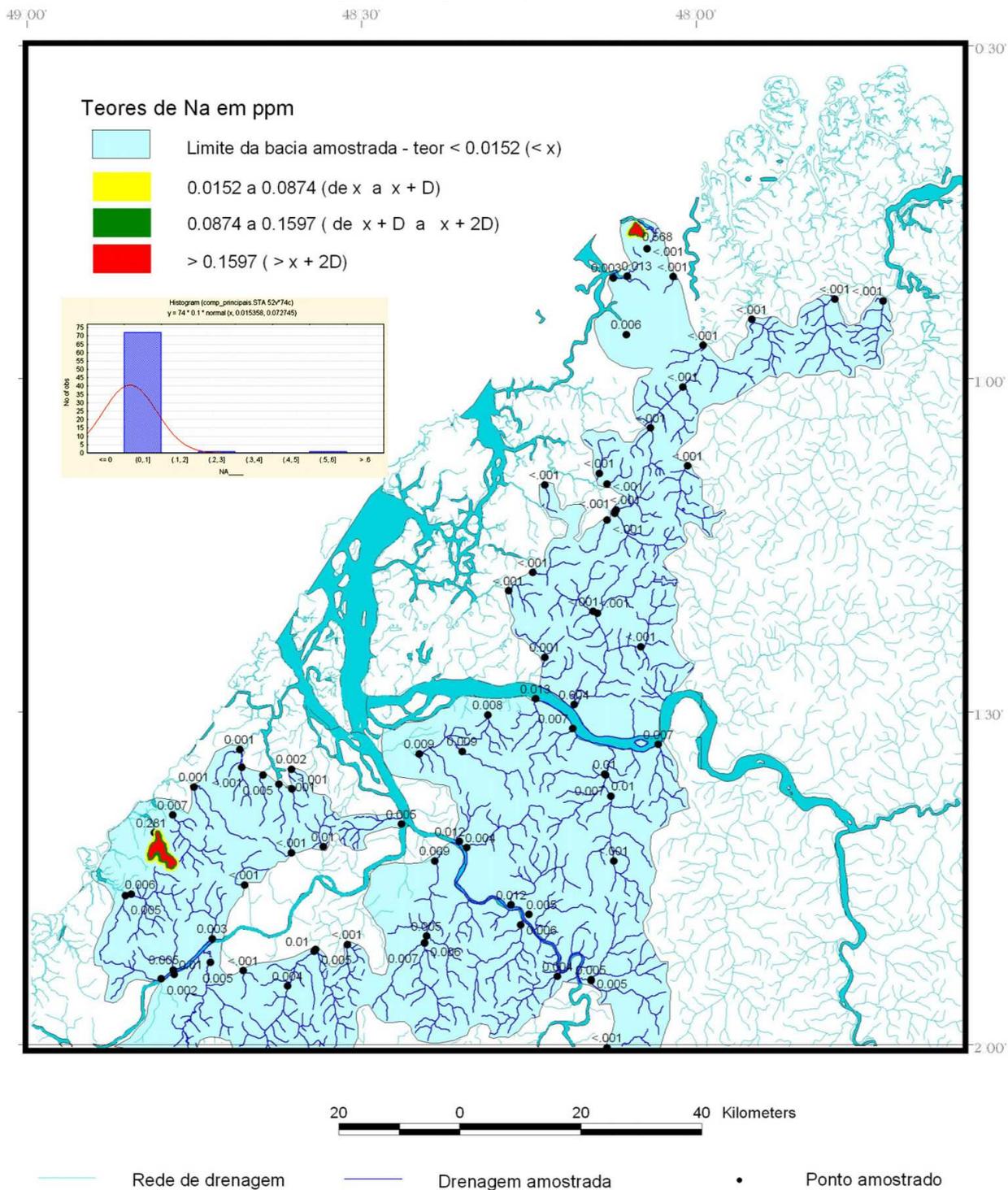
Mapa Geoquímico do Manganês (Sedimento de Corrente)

Mapa 74: Mapa Geoquímico do Molibdênio



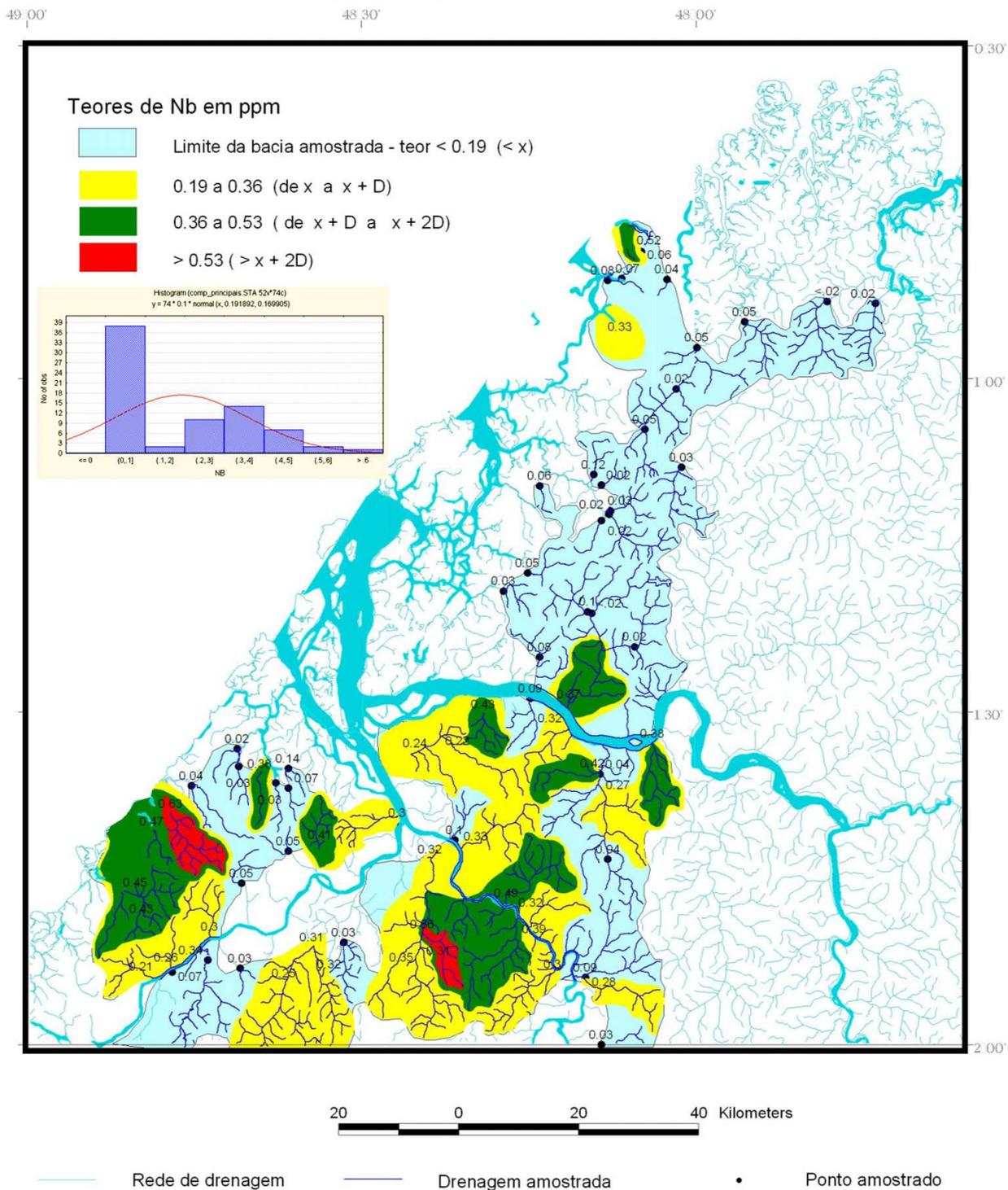
Mapa Geoquímico do Molibdênio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 75: Mapa Geoquímico do Sódio



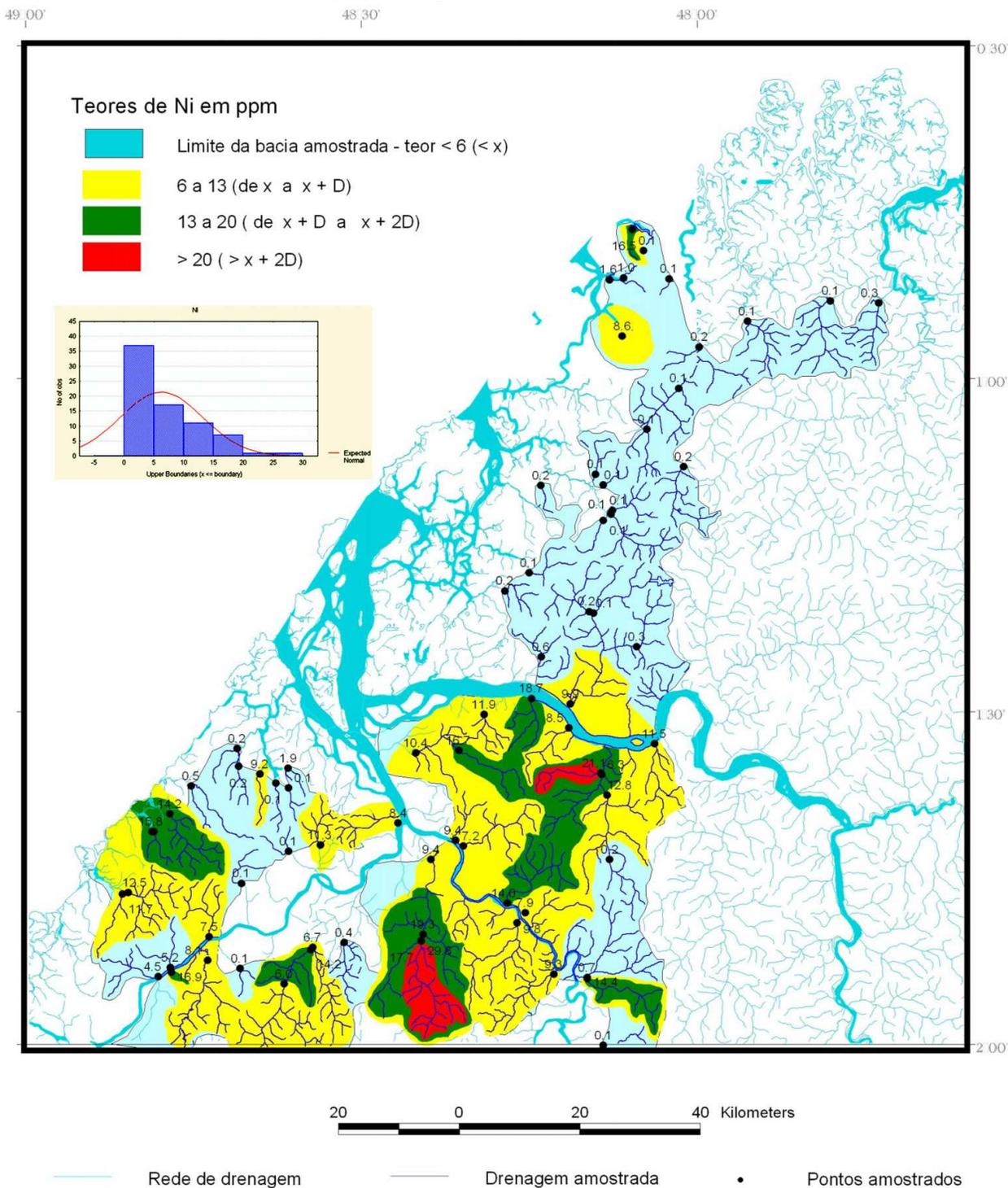
Mapa Geoquímico do Sódio (Sedimento de Corrente)

Mapa 76: Mapa Geoquímico do Nióbio



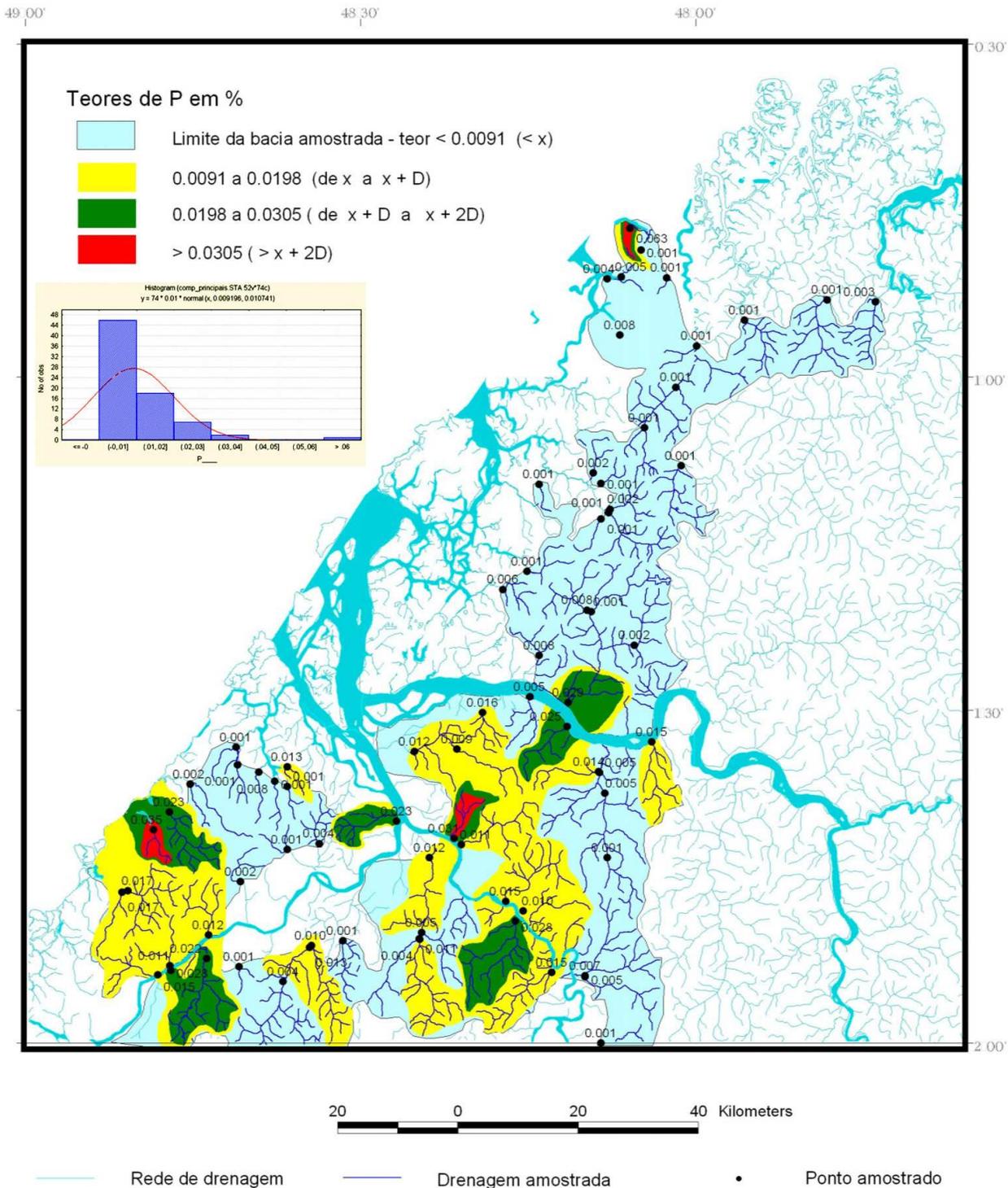
Mapa Geoquímico do Nióbio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 77: Mapa Geoquímico do Níquel



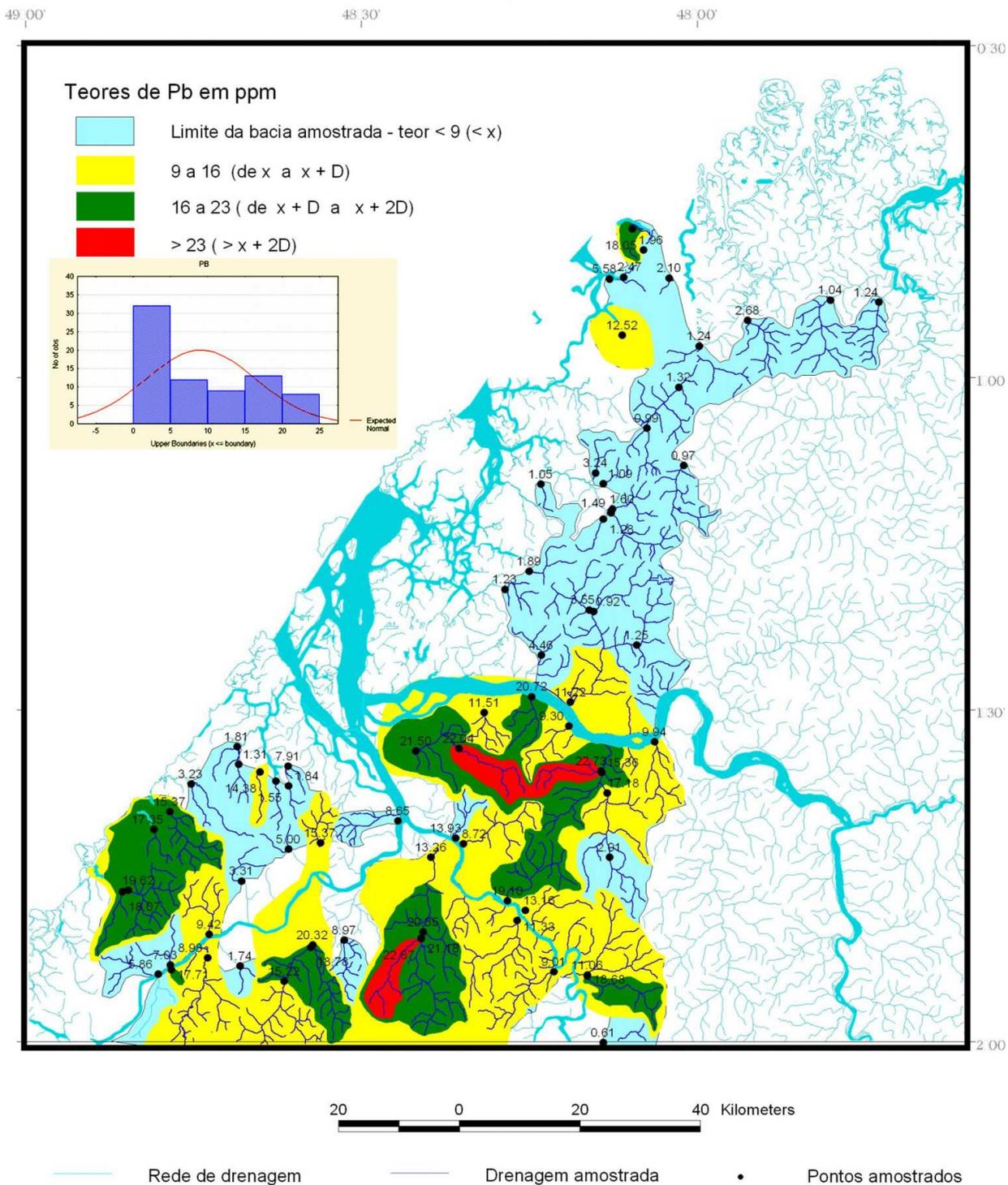
Mapa Geoquímico do Níquel (Sedimento de Corrente)

### Mapa 78: Mapa Geoquímico do Fósforo



Mapa Geoquímico do Fósforo (Sedimento de Corrente)

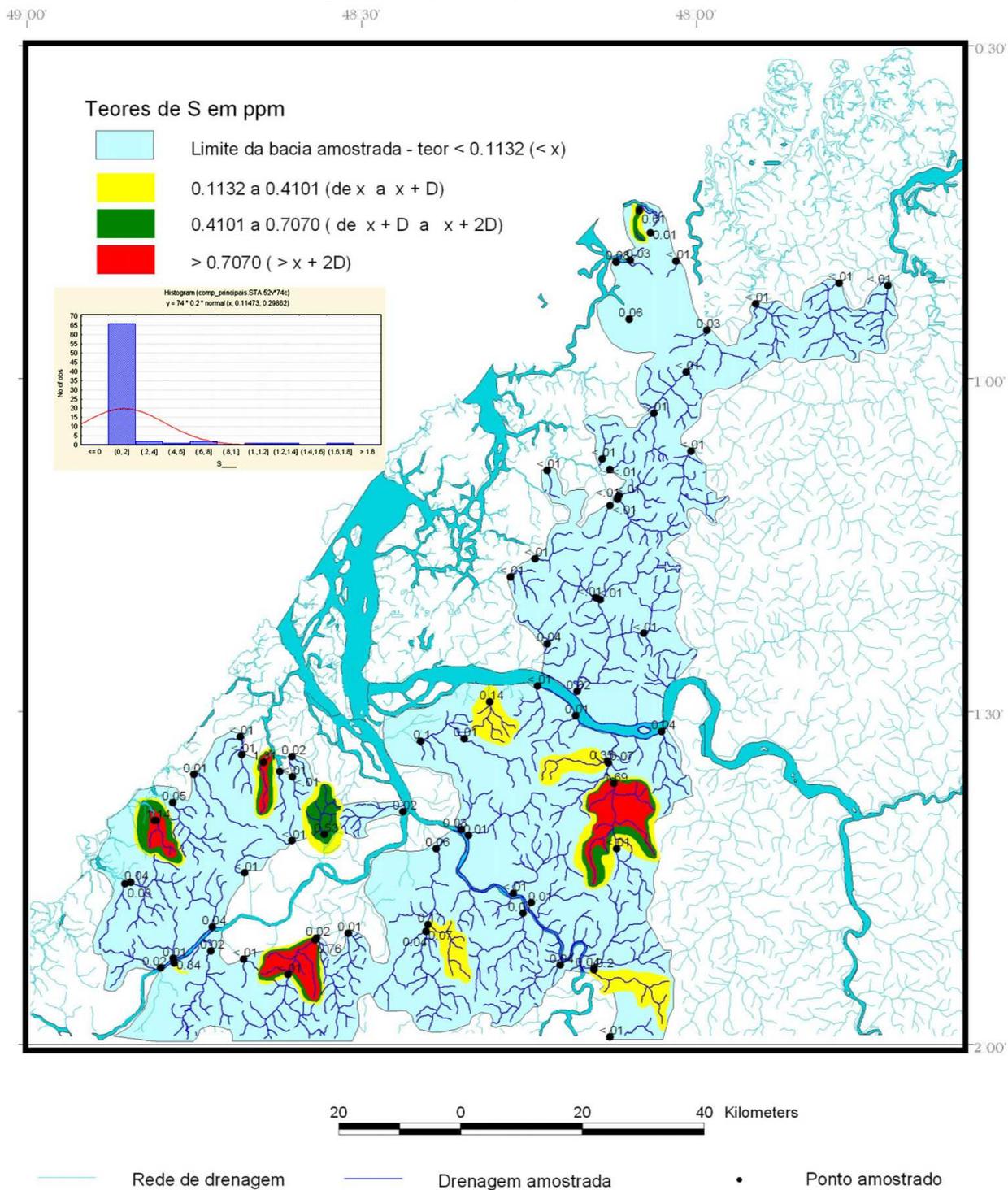
### Mapa 79: Mapa Geoquímico do Chumbo



Mapa Geoquímico do Chumbo (Sedimento de Corrente)

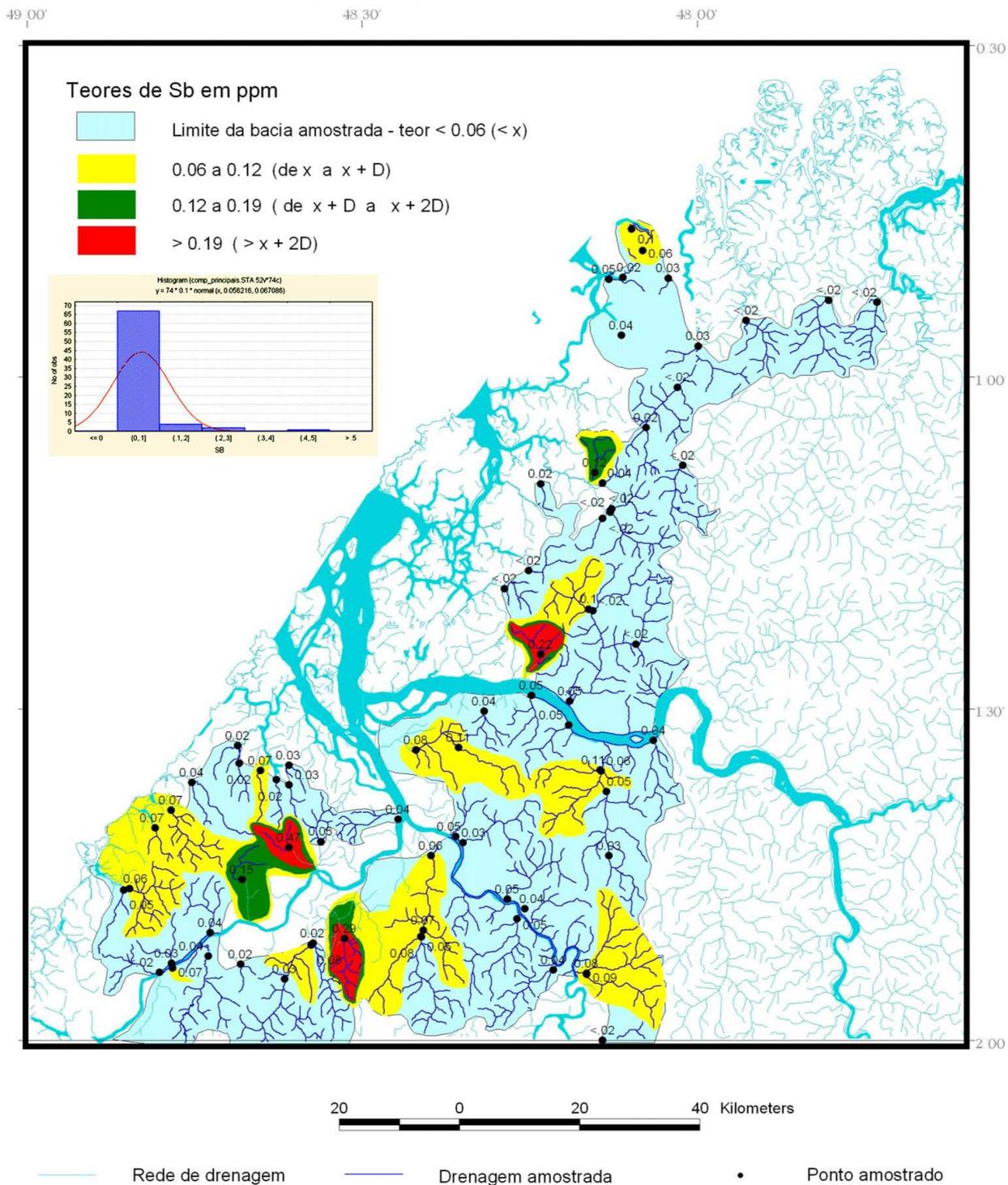


### Mapa 81: Mapa Geoquímico do Enxofre



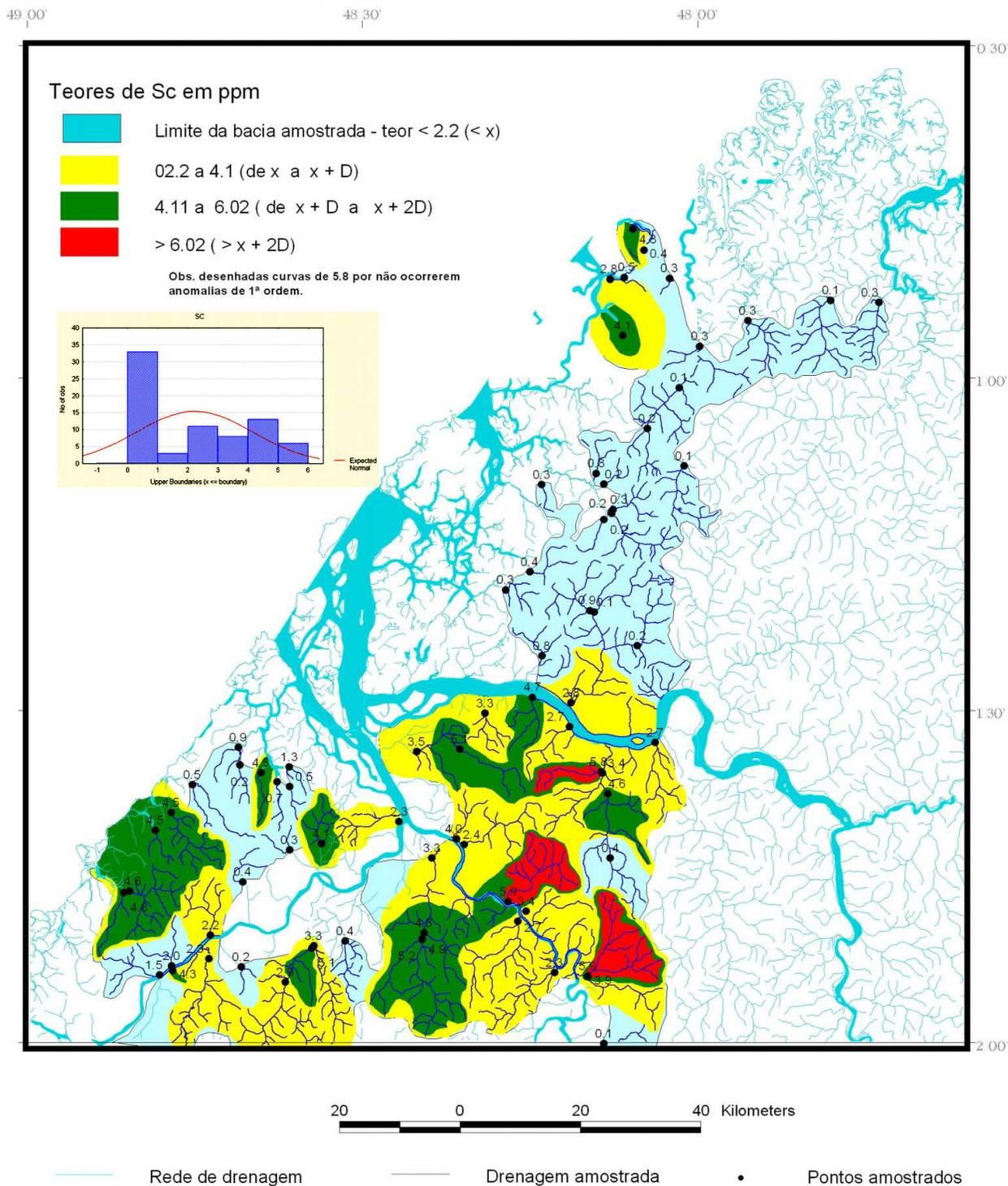
Mapa Geoquímico do Enxofre (Sedimento de Corrente)

## Mapa 82: Mapa Geoquímico do Antimônio



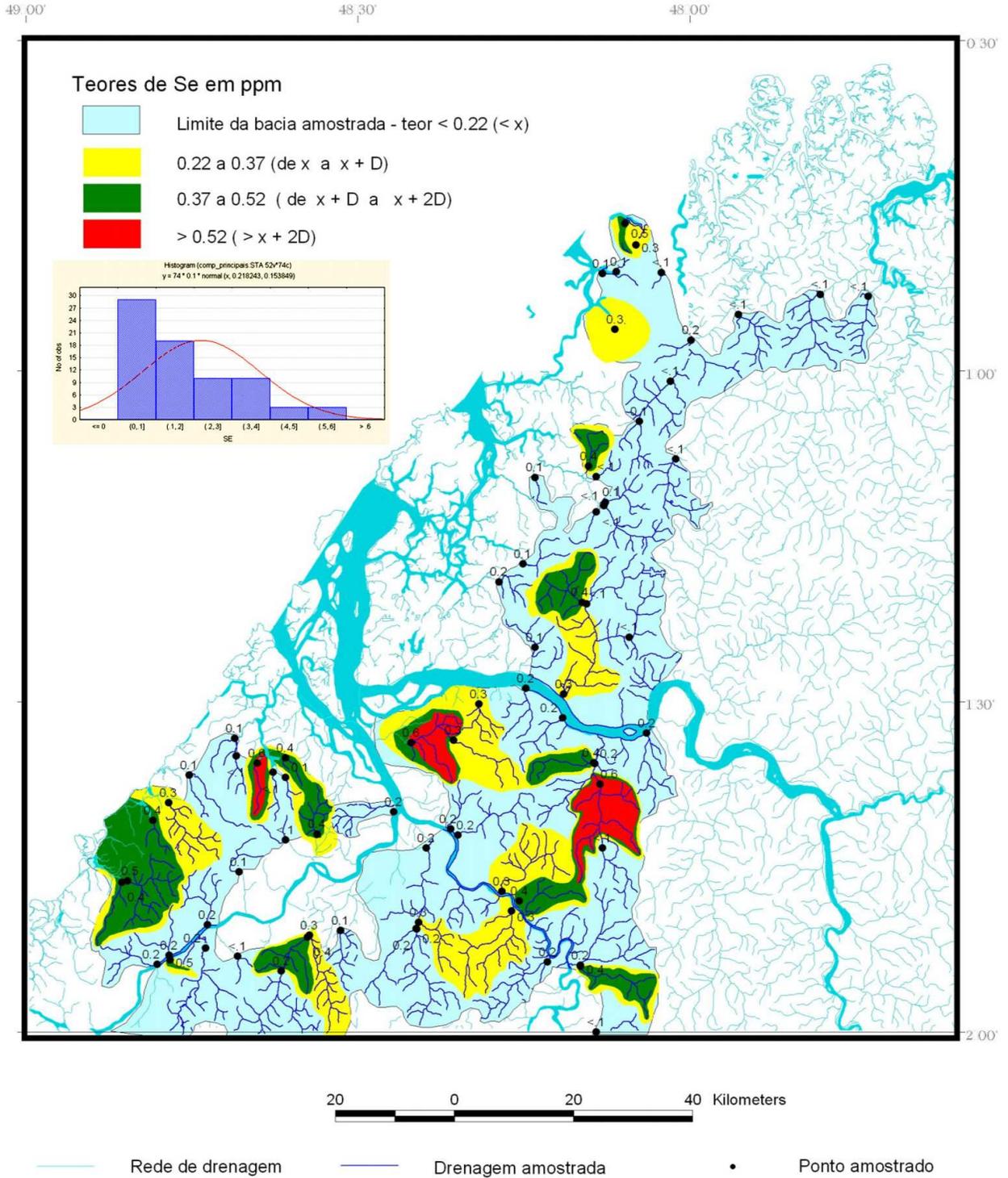
Mapa Geoquímico do Antimônio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 83: Mapa Geoquímico do Escândio



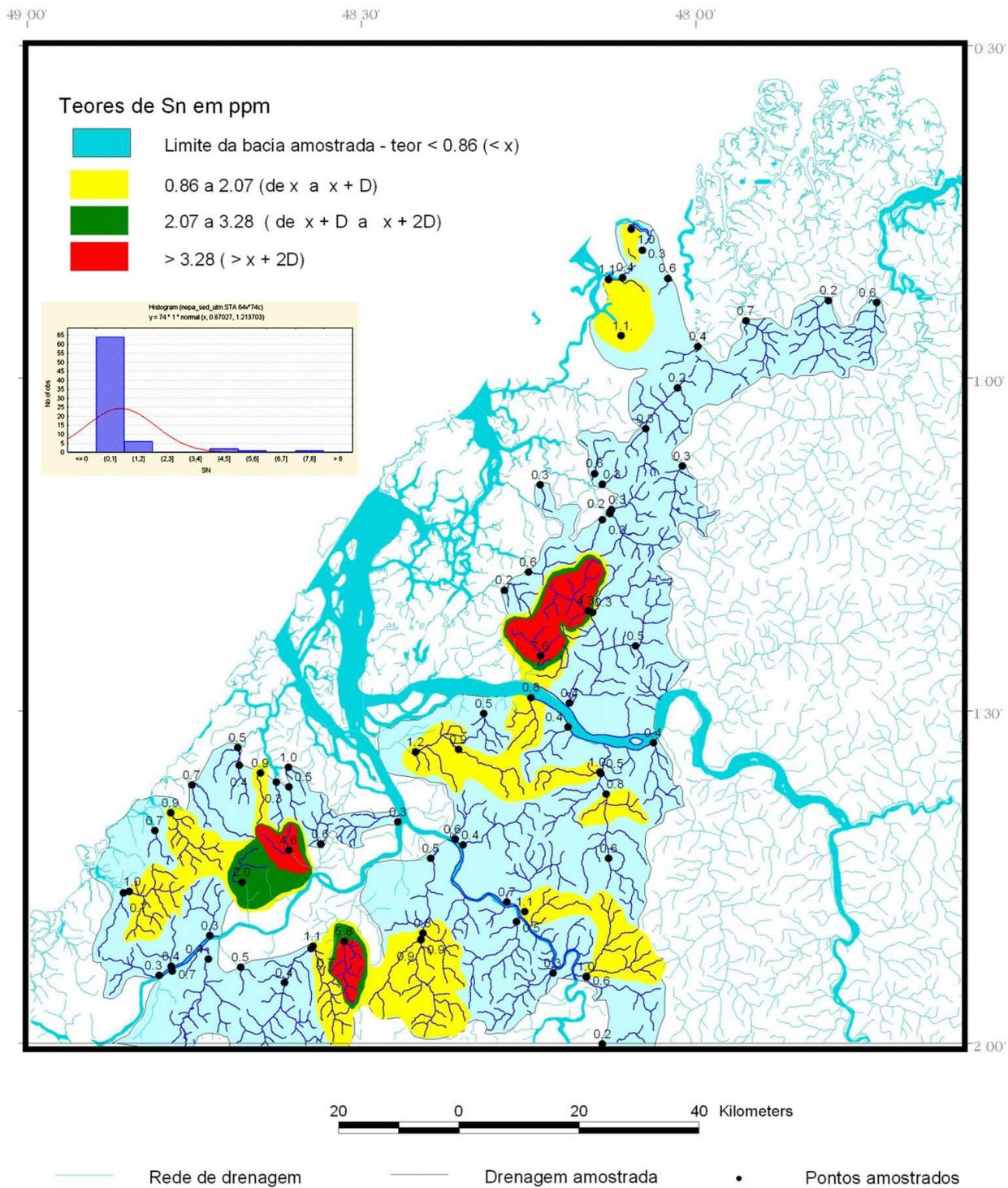
Mapa Geoquímico do Escândio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 84: Mapa Geoquímico do Selênio



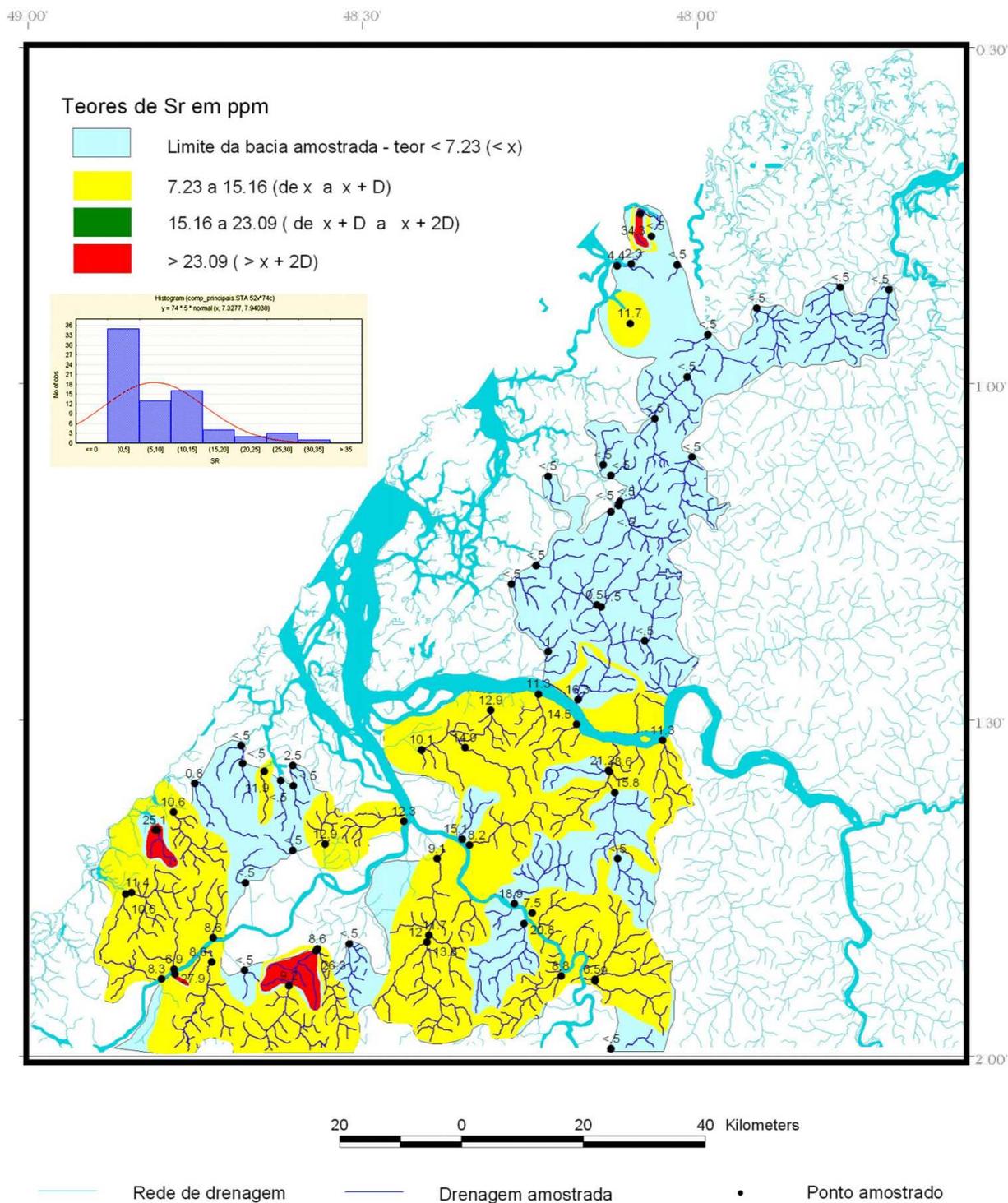
Mapa Geoquímico do Selênio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 85: Mapa Geoquímico do Estanho



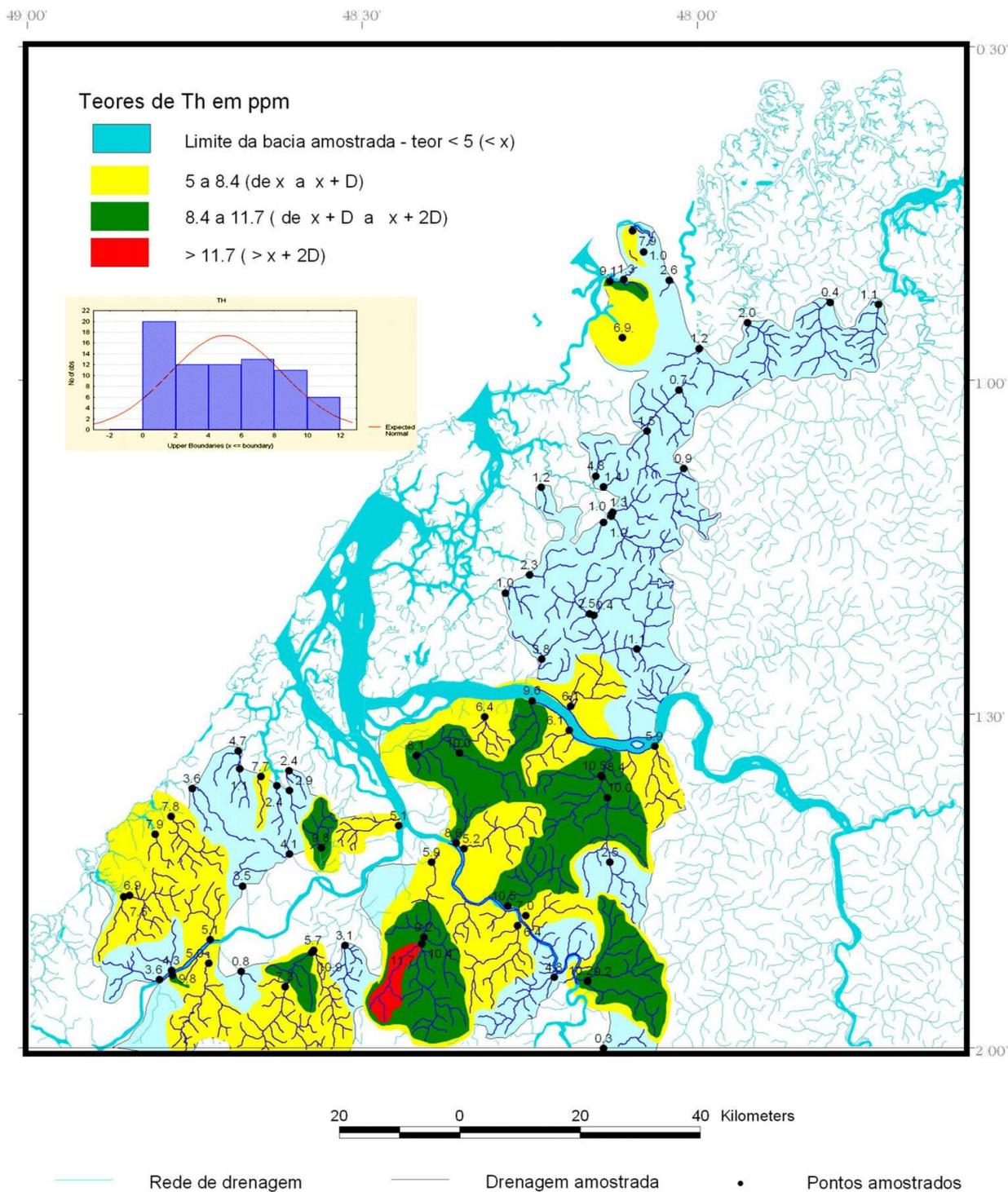
Mapa Geoquímico do Estanho (Sedimento de Corrente)

### Mapa 86: Mapa Geoquímico do Estrôncio



Mapa Geoquímico do Estrôncio (Sedimento de Corrente)

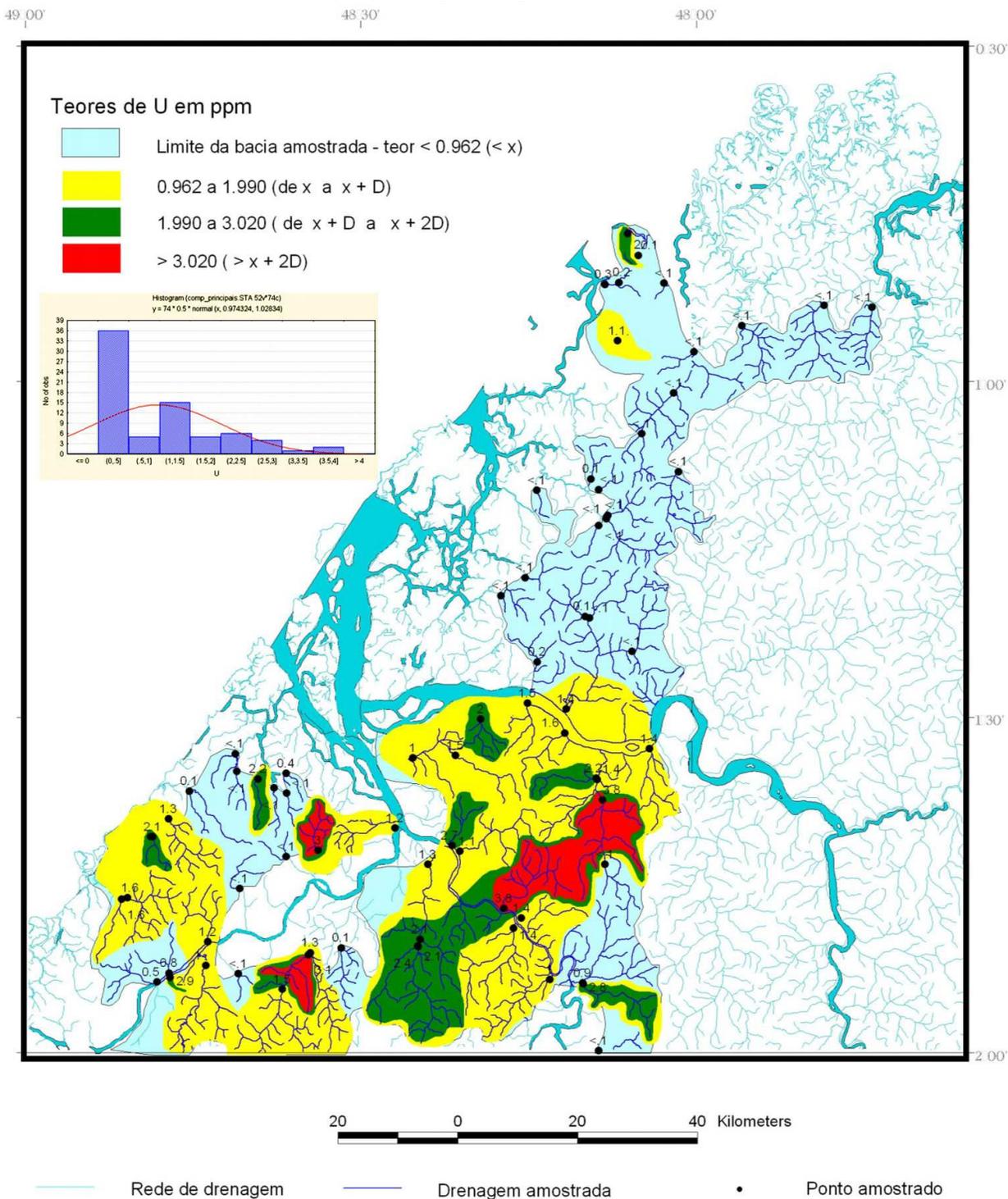
Mapa 87: Mapa Geoquímico do Thório



Mapa Geoquímico do Thório (Sedimento de Corrente)

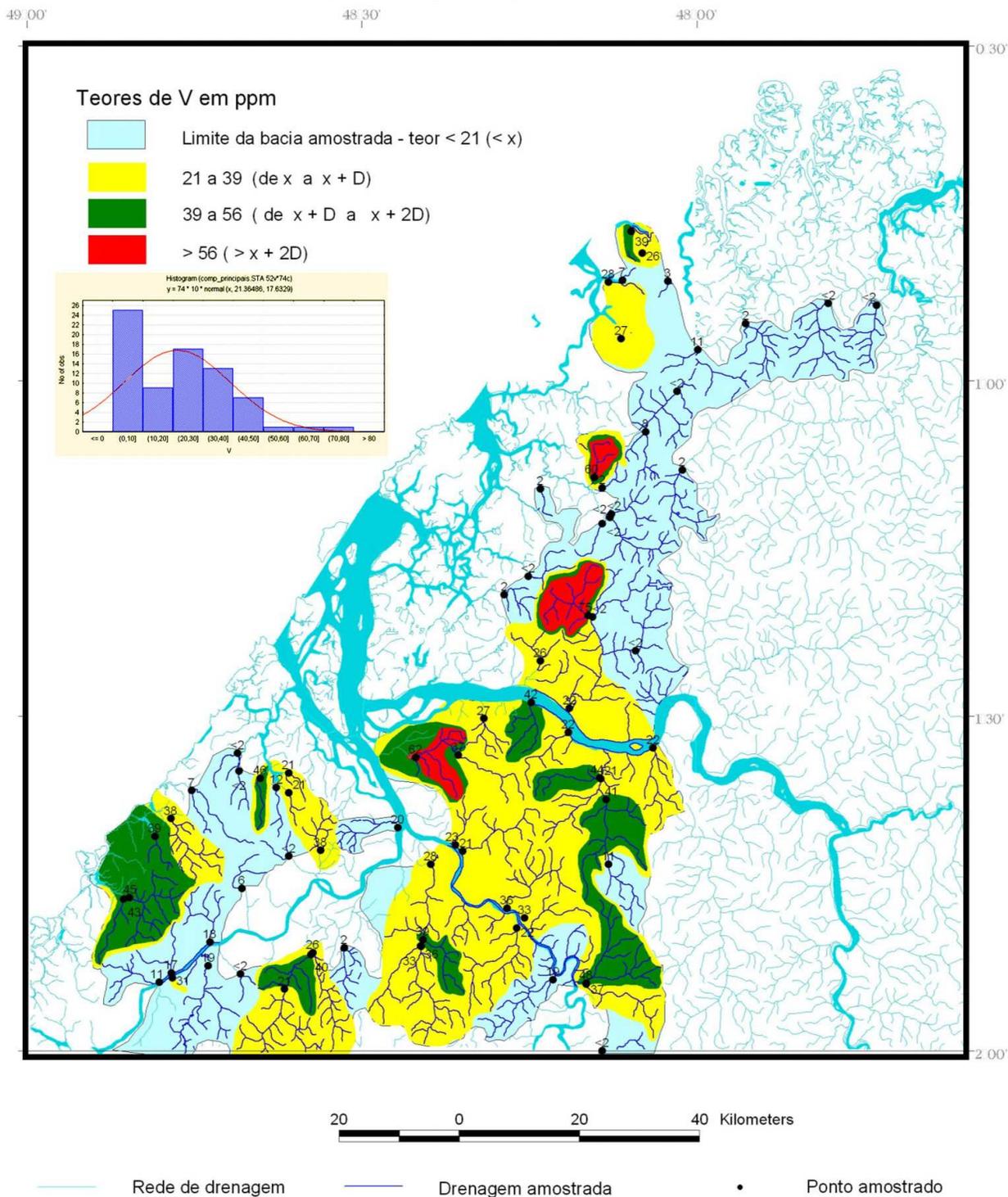


### Mapa 89: Mapa Geoquímico do Urânio



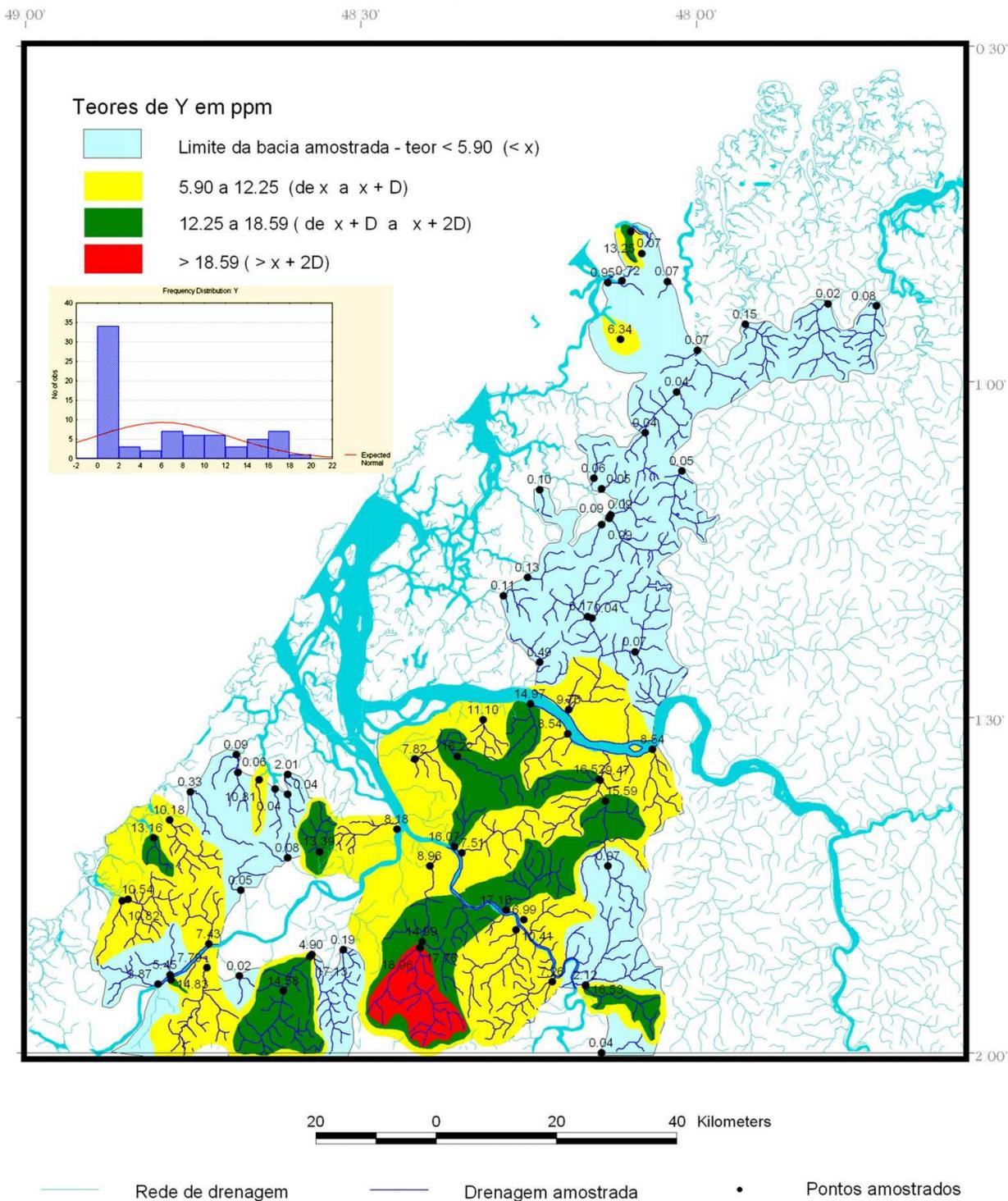
Mapa Geoquímico do Urânio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 90: Mapa Geoquímico do Vanádio



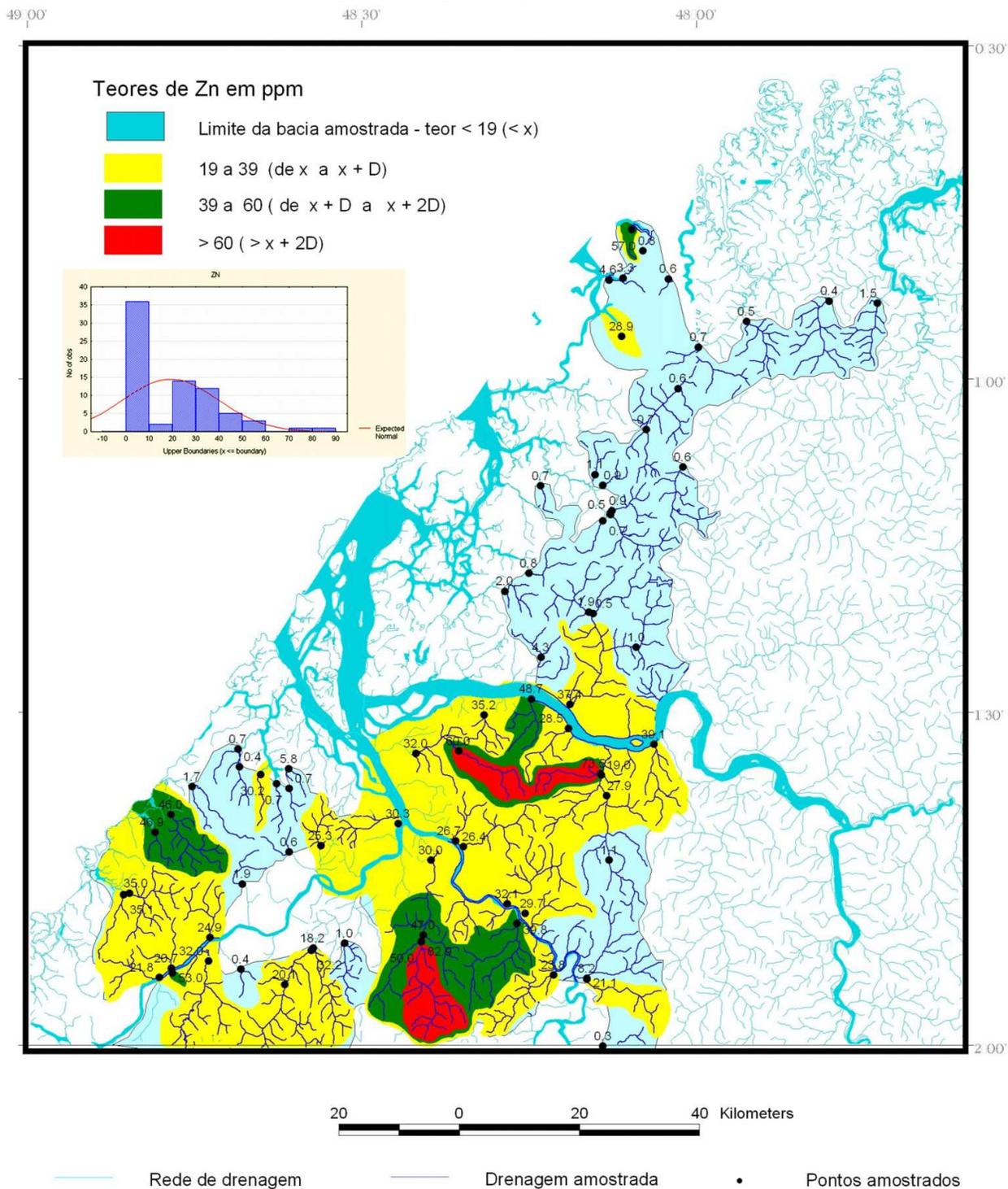
Mapa Geoquímico do Vanádio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 91: Mapa Geoquímico do Ítrio



Mapa Geoquímico do Ítrio (Sedimento de Corrente)

### Mapa 92: Mapa Geoquímico do Zinco



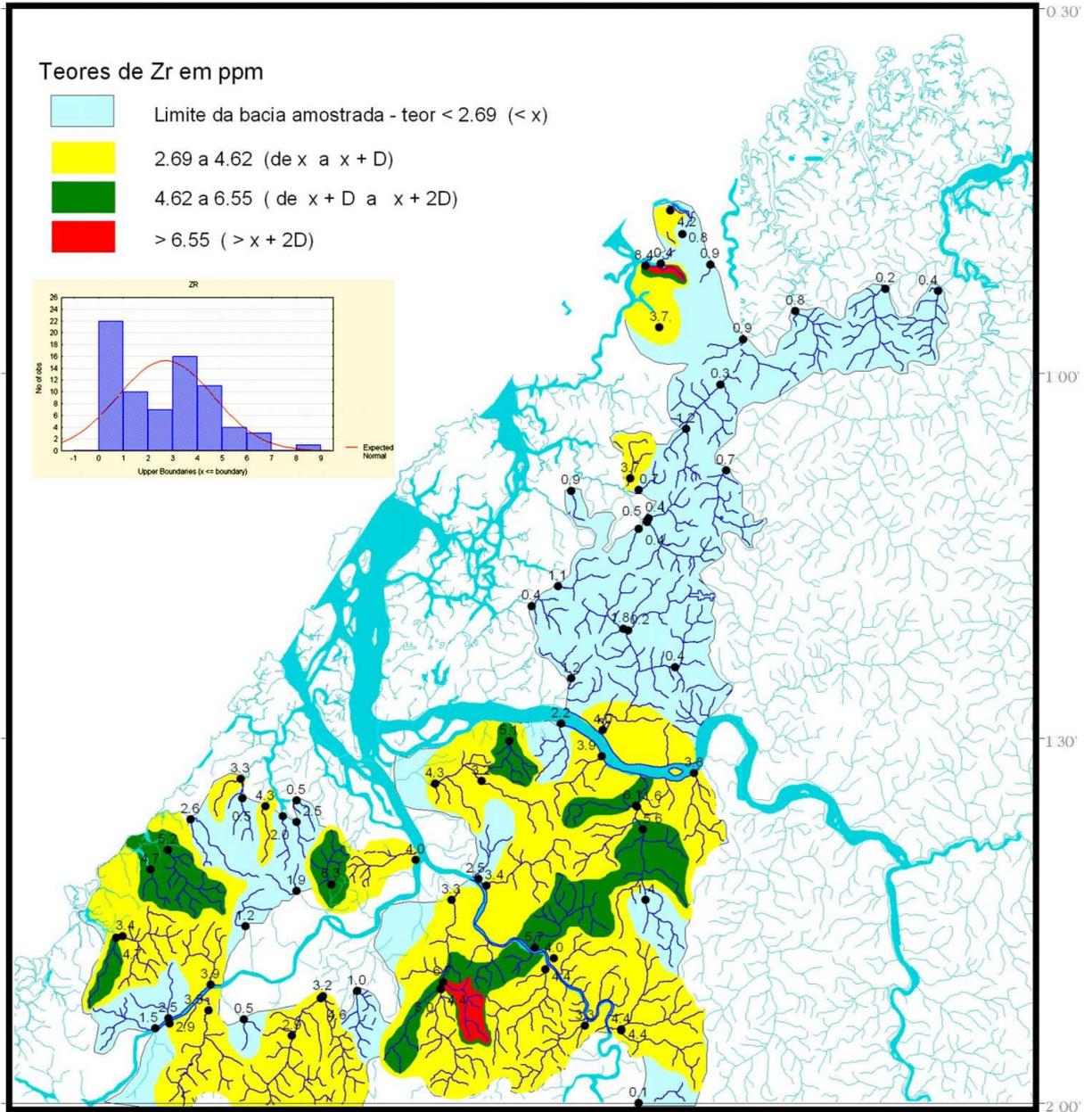
Mapa Geoquímico do Zinco (Sedimento de Corrente)

Mapa 93: Mapa Geoquímico do Zircônio

49 00'

48 30'

48 00'



20 0 20 40 Kilometers

— Rede de drenagem — Drenagem amostrada • Pontos amostrados

Mapa Geoquímico do Zircônio (Sedimento de Corrente)

## Anexo B: Água de Abastecimento – Localização e Caracterização dos Poços

Nº Amostra	Lat	Long	Data	Município	Ph	Prof. Poço	Ano Perfuração	Num de poços / Executor / Responsável pelo Abastecimento
MPEV-AB-01	-1,45222	-45,72799	02-dez-03	Cândido Mendes	4,5	21	1985	7 Poços / Caema
MPEV-AB-02	-1,42119	-45,77313	02-dez-03	Godofredo Viana	5,0	19		Caema
MPEV-AB-03	-1,33429	-45,88669	03-dez-03	Luis Domingues	4,5	20	1988	Cosanpa / Caema
MPEV-AB-04	-1,20361	-46,02089	03-dez-03	Carutapera	6,5	23	1983	3 Poços / Caema
MPEV-AB-05	-1,67265	-46,00846	03-dez-03	Amapá do Maranhão	6,0	43		
MPEV-AB-06	-1,79861	-46,31246	03-dez-03	Curupí do Maranhão	6,5	30	2002	Prefeitura
MPEV-AB-07	-1,87507	-46,07071	04-dez-03	Junco do Maranhão	4,5	20	1999	Poço Comunitário
MPEV-AB-08	-2,04203	-45,96362	04-dez-03	Miracaçumé	7,0	120	1985	Prefeitura
MPEV-AB-09	-1,65785	-45,46941	05-dez-03	Turipau	5,5	1		SAAE
MPEV-AB-12	-1,85021	-45,11394	05-dez-03	Serrano do Maranhão	5,5	20		Igreja
MPEV-AB-13	-1,53179	-45,08125	06-dez-03	Apicumãçu	7,0	60		Prefeitura
MPEV-AB-14	-1,72944	-45,14174	06-dez-03	Bacuri	5,5	135		Caema
PAAS-AB-01	-1,50668	-48,62083	25-nov-03	Barcarena	7,2	130	1983	SAAE / Geosar
PAAS-AB-02	-1,51439	-48,70741	26-nov-03	Barcarena	5,5	190	1999	SAAE / Geosar
PAAS-AB-03	-1,72118	-48,88199	27-nov-03	Abatetuba	4,7	150	1987	Cosanpa
PAAS-AB-04	-1,98308	-48,96132	28-nov-03	Igarapé Mri	5,0	100		Cosanpa
PAAS-AB-05	-1,89290	-48,77473	29-nov-03	Maju	6,2	120		Cosanpa
PAJS-AB-01	-1,36140	-48,24196	01-nov-03	Benevides	4,5	48	1988	
PAJS-AB-02	-1,22108	-48,29340	01-nov-03	Santa Bárbara	5,5	18	1994	
PAJS-AB-03	-1,29199	-48,16350	01-nov-03	Santa Isabel do Pará	6,0	40	1981	
PAJS-AB-04	-1,15589	-48,14221	01-nov-03	Santo Antônio do Tauá	4,5	36	2003	
PAJS-AB-05	-0,93048	-48,28701	19-nov-03	Colares	4,5	32	2001	
PAJS-AB-06	-0,85712	-48,13660	20-nov-03	Vigia	4,5	15		
PAJS-AB-07	-0,74597	-48,02031	21-nov-03	São Castano de Odivelas	4,0	15	1988	
PAJS-AB-08	-2,00289	-47,94741	24-nov-03	Concórdia do Pará	4,5	38		
PAJS-AB-09	-1,51666	-48,04398	25-nov-03	Bujaru	4,5	25		
PAJS-AB-10	-1,42847	-47,91283	26-nov-03	Inhangapi	7,0	160	1988	
PAJS-AB-11	-1,28915	-47,93193	27-nov-03	Castanhal	5,0	170		
PAJS-AB-12	-1,35767	-47,58851	28-nov-03	Santa Maria do Pará	4,5	10	1982	10 Poços
PAJS-AB-13	-0,77236	-47,17388	29-nov-03	São João de Pirabas	5,0	100	1980	
PAJS-AB-14	-0,61641	-47,35227	29-nov-03	Salinópolis	5,0	1		Fonte do Caraná
PAJS-AB-15	-1,12748	-47,62448	01-dez-03	Igarapé Açu	4,5	154	1989	
PAJS-AB-16	-1,16000	-47,79000	01-dez-03	São Francisco do Pará	4,5	12		
PAJS-AB-17	-0,79587	-47,60225	02-dez-03	Magalhães Barata	4,5	12	1983	
PAJS-AB-18	-0,78450	-47,44887	02-dez-03	Miracará	5,0	18	1988	
PAJS-AB-19	-0,73770	-47,85543	03-dez-03	Curuçá	4,5	24	1983	
PAJS-AB-20	-0,71317	-47,71087	03-dez-03	Marapanim	4,5	20	1984	
PAJS-AB-21	-0,85000	-47,92000	04-dez-03	São João da Ponta	5,5	48	1997	
PAJS-AB-22	-1,03696	-47,90774	04-dez-03	Terra Alta	5,0	30	1988	
PAJS-AB-23	-1,96081	-48,20233	05-dez-03	Acará	4,0	18	1989	
PAJS-AB-24	-1,68490	-47,76759	06-dez-03	São Domingos do Capim	4,5	18	1973	Prefeitura
PAJS-AB-25	-1,77382	-47,44042	08-dez-03	Irituia	4,5	12	1989	
PAJS-AB-26	-1,75000	-47,06000	08-dez-03	Capitão Poço	5,0	18	1987	12 Poços
PAJS-AB-27	-1,92377	-47,04930	09-dez-03	Garrafão do Norte	5,0	48	1999	
PAJS-AB-28	-1,54682	-47,11149	09-dez-03	Curém	4,5	40	1981	22 Poços / Cosanpa
PAJS-AB-29	-1,61750	-47,48191	10-dez-03	São Miguel do Guamá	5,0	16	1973	SAE
PAJS-AB-30	-1,08559	-46,79160	11-dez-03	Bragança	4,5	1		Ig. Chumucú
PAJS-AB-31	-1,02009	-46,63815	11-dez-03	Augusto Correa	5,0	10	1986	Cosanpa
PAJS-AB-32	-1,19908	-46,18258	12-dez-03	Viseu	6,0	1		Ig. Catequaira
PAJS-AB-33	-1,75972	-46,54389	13-dez-03	Cachoeira do Piriá	5,0	30		Prefeitura
PAJS-AB-34	-1,52269	-46,90123	15-dez-03	Santa Luzia do Pará	5,0	100		Cosanpa
PAJS-AB-35	-1,07492	-46,90326	15-dez-03	Tracuateua	5,0	9		27 poços / Cosanpa
PAJS-AB-36	-1,20430	-47,18450	16-dez-03	Capenema	6,0	15		18 Poços / Cosanpa
PAJS-AB-37	-0,93943	-47,11729	16-dez-03	Primavera	7,5	12		
PAJS-AB-38	-0,88533	-47,00780	16-dez-03	Quitipuru	6,5	58		5 Poços / Prefeitura
PAJS-AB-39	-1,18774	-47,31636	17-dez-03	Peixe-Boi	6,5	20		19 Poços / Cosanpa
PAJS-AB-40	-1,20110	-47,38604	17-dez-03	Nova Timboteua	5,0	20	1982	7 Poços / Cosanpa
PAJS-AB-41	-0,92669	-47,39910	17-dez-03	Santarém Novo	4,5	22	1980	6 Poços / Prefeitura
PAJS-AB-42	-1,36251	-47,30848	18-dez-03	Bonito	5,0	40		Prefeitura

### Anexo C: Água de Superfície – Localização e Parâmetros Físico-químicos

Amostra	Lat	Long	Data	Local	ph	Oxigênio Dissolvido	Condutividade	Temperatura
PAAS-S-082	-0,88392	-47,80138	17/dez	Rio Maú - balneário	5,4	4,3	18	26,0
PAAS-S-095	-1,13322	-48,02014	13/dez	Braço Esq. Do Marapanim	5,4	4,1	20	26,9
PAAS-S-096	-0,95320	-47,99685	15/dez	Ig.Mojuim - Guajará	4,3	3,5	34	26,5
PAAS-S-097	-0,85067	-48,04187	15/dez	Ig.Braço do Mojuim - Sítio T	5,1	4,2	15	25,9
PAAS-S-098	-1,07656	-48,07506	15/dez	Ig. Mojuim - Km 25	5,0	3,9	25	25,5
PAAS-S-099	-1,54886	-48,06361	15/dez	Ig.Açu / Rio Guamá	5,4	4,5	22	28,2
PAAS-S-100	-1,90015	-48,16358	16/dez	Ig. Mariquita - Rio Acará	3,6	3,4	31	25,7
PAAS-S-102	-1,72276	-48,13005	15/dez	Ig. Guajara Açu - próx.à loc	4,9	3,6	18	26,2
PAAS-S-103	-1,62615	-48,13380	15/dez	Ig. Guajará Açu	5,1	3,9	20	27,0
PAAS-S-104	-1,40320	-48,08973	11/dez	Rio Itá - Vila do Carmo	5,8	4,9	13	28,3
PAAS-S-105	-1,35286	-48,15399	11/dez	Rio Carapuru - Porto de Mina	5,7	4,8	48	28,7
PAAS-S-106	-1,20420	-48,12856	11/dez	Rio Tauá - Km 10	5,6	4,3	16	27,6
PAAS-S-109	-0,93697	-48,11143	17/dez	Braço do Guarimã	5,2	4,4	68	28,6
PAAS-S-110	-1,14431	-48,15113	13/dez	Ig. Araxiteua - balneário	5,3	4,1	21	28,2
PAAS-S-111	-1,35048	-48,16043	11/dez	Rio Maguari - Estrada p/Cara	6,1	1,9	54	28,9
PAAS-S-112	-1,52533	-48,19069	12/dez	Ig.Guajará-Miri / Guamá	5,2	4,0	25	27,6
PAAS-S-113	-1,81845	-48,26787	24/nov	Ig. Itapicoba	4,7	3,2	31	27,4
PAAS-S-114	-1,78861	-48,28223	24/nov	Ig. Araxiteua	5,4	4,3	17	28,9
PAAS-S-115	-1,48096	-48,24632	12/dez	Ig. Itaperaçu / Guamá	6,1	4,4	53	28,1
PAAS-S-120	-1,50488	-48,31685	17/nov	Ig. Jacarequara	5,7	4,4	26	29,7
PAAS-S-121	-1,55935	-48,35503	17/nov	Ig. Genipáuba / V. Baltazar	5,9	4,2	18	28,7
PAAS-S-122	-1,70307	-48,34836	20/nov	Ig. Castanhal	5,3	3,8	21	28,0
PAAS-S-123	-1,83517	-48,40803	18/nov	Ig. Pajuquara	5,4	4,4	17	27,2
PAAS-S-124	-1,84547	-48,41090	18/nov	Ig. Itapicuru	5,4	4,4	15	27,7
PAAS-S-125	-1,84503	-48,41121	18/nov	Ig. Progresso	5,3	4,6	14	28,5
PAAS-S-126	-1,84769	-48,52577	29/nov	Ig. Mirindeua / Ipitanga	4,9	4,9	19	29,0
PAAS-S-127	-1,70149	-48,56123	19/nov	Ig. Jaguaraúna	4,9	3,9	16	28,1
PAAS-S-128	-1,71076	-48,60876	19/nov	Ig. Caeté c/Curuperé	5,0	4,9	16	28,3
PAAS-S-129	-1,85497	-48,57281	29/nov	Ig. Tracuateua	5,0	5,1	15	28,6
PAAS-S-130	-1,90951	-48,61489	22/nov	Ig. Jambuaçu	5,1	3,9	17	29,5
PAAS-S-131	-1,58598	-48,60895	20/nov	Ig. Bacuri	4,9	3,4	21	29,4
PAAS-S-132	-1,59436	-48,65120	21/nov	Ig. Guajará da Serrana	5,2	3,8	28	29,5
PAAS-S-133	-1,58301	-48,68291	25/nov	Ig. Cabeceira Grande	4,5	3,9	31	27,3
PAAS-S-134	-1,55651	-48,68524	25/nov	Ig. Tauá	5,6	3,8	64	26,8
PAAS-S-135	-1,88655	-48,68052	14/nov	Ig. Puacê	5,4	4,3	16	28,8
PAAS-S-136	-1,87429	-48,72904	14/nov	Rio Ubá	5,5	3,9	19	31,3
PAAS-S-137	-1,61249	-48,75384	28/nov	Rio Arienga	5,7	4,1	27	26,7
PAAS-S-138	-1,65441	-48,78511	26/nov	Ig. Arapiranga	5,4	3,6	16	26,7
PAAS-S-139	-1,88542	-48,78429	15/nov	Ig. Piratuba (Cajuzinho)	5,6	4,2	19	29,1
PAAS-S-140	-1,68082	-48,80904	26/nov	Ig. Guajará do Béja	5,9	3,8	32	27,1
PAAS-S-141	-1,77249	-48,84714	27/nov	Ig. Abaeté	5,9	3,9	26	27,6
PAAS-S-142	-1,89901	-48,80253	15/nov	Ig. Pontilhão (Castanhal)	5,2	4,5	18	28,4
PAAS-S-143	-1,77480	-48,85577	27/nov	Ig. Curuperé/Cataiandeua	5,5	4,5	30	29,0
PAEV-S-001	-1,89220	-48,78301	15/nov	Ig. Icanhuçu	5,1	4,4	24	28,5
PAEV-S-002	-1,56288	-48,41872	18/nov	Ig. Genipáuba / Samaumeira	5,4	3,3	18	26,6
PAEV-S-003	-1,72266	-48,39617	18/nov	ig. Itapicuru / Vila Vinagre	5,5	4,1	17	29,6
PAEV-S-004	-1,66793	-48,44527	19/nov	Ig. Cabresto	5,5	5,1	19	29,9
PAEV-S-005	-1,69388	-48,35948	20/nov	Ig. Baiaquara	5,4	4,1	17	29,1
PAEV-S-006	-1,60801	-48,62722	20/nov	Ig. Tauaporanga	4,9	4,9	20	29,2
PAEV-S-007	-1,61573	-48,60830	21/nov	Ig. Turuí	4,7	3,5	19	27,8
PAEV-S-008	-1,80278	-48,25599	16/dez	Igarapé Bucaia - só água	4,8	3,4	21	26,9
PAEV-S-009	-1,75863	-48,67867	27/nov	Ig. Camurituba	5,2	4,6	17	27,6
PAEV-S-010	-1,83881	-48,72651	28/nov	Ig. Urubuputanga/Faz. Moju	5,4	5,2	15	28,1
PAEV-S-011	-1,85816	-48,57527	29/nov	Ig. Jambuaçu	5,0	4,6	21	28,1
PAEV-S-012	-1,48937	-48,18855	12/dez	Foz do Rio Caracuru / Guamá	5,8	3,8	26	28,8
PAEV-S-013	-1,19876	-48,12637	11/dez	Ig.S.Francisco - Dendê do Ta	4,9	4,2	42	28,0
PAEV-S-014	-1,21382	-48,13962	11/dez	Ig. São José	5,4	4,5	23	27,7
PAEV-S-015	-1,42763	-48,01897	12/dez	Ig. Apeteua / S.João	4,9	2,0	17	28,9
PAEV-S-016	-1,16032	-48,13976	13/dez	Ig. Tauá / Araxiteua	5,4	4,3	21	29,2
PAEV-S-017	-1,01525	-48,02746	14/dez	Rio Mojuim / Perseverança	5,1	4,5	17	26,3
PAEV-S-018	-0,84939	-48,10957	15/dez	Ig. Açai - nascente	4,9	3,9	15	27,5
PAEV-S-019	-1,59500	-48,14223	15/dez	Ig. Guajará-Açu / Porto das	5,1	3,4	20	28,3
PAEV-S-020	-1,59336	-48,14323	15/dez	Igarapezinho	4,7	4,0	19	27,9
PAEV-S-021	-1,90189	-48,16328	16/dez	Ig. Belém - Rio Acará	4,7	3,3	26	26,6
PAEV-S-022	-1,89517	-48,21335	16/dez	Igarapé Açu	4,9	3,6	21	27,2
PAEV-S-023	-2,00170	-48,13962	16/dez	Ig. Jupuíba	4,7	4,7	20	27,6
PAEV-S-024	-0,80874	-48,08005	17/dez	Ig. Barreto - cabeceira	5,0	1,9	19	28,2
PAEV-S-025	-0,91444	-47,92496	17/dez	Rio Mocajuba - Vila Nova	5,2	4,2	17	27,0
PAEV-S-026	-0,88703	-47,72938	17/dez	Rio Paramaú - Maranhãozinho	5,4	4,3	20	26,1
PAJS-S-116	-1,41875	-48,23233	1/nov	Rio Tauassuí	6,5	3,9	14	24,5
PAJS-S-117	-1,29226	-48,25043	1/nov	Rio Paricatuba	6,0	4,1	14	23,5
PAJS-S-118	-1,16121	-48,23261	1/nov	Balneário Ki-Legal	6,5	3,7	20	26,5
PAJS-S-119	-1,31941	-48,28632	1/nov	Rio Benfica	6,0	2,8	12	24,5

**Anexo D:** Sedimento de Corrente – Localização e Características Físicas

Num Am	Lat	Long	Data	Local	Cor	% Casc	% Areia	% silte	% Argila	% Mat. Org	Tipo
PAAS-S-082	-0.88392	-47.80138	17/dez	Rio Maú - balneário	Clara		90	10			Arenosa
PAAS-S-095	-1.13322	-48.02014	13/dez	Braço Esq. Do Marapanim	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-096	-0.95320	-47.99685	15/dez	Ig. Mojuim - Guajará	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-097	-0.85067	-48.04187	15/dez	Ig. Braço do Mojuim - Sítio T	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-098	-1.07656	-48.07506	15/dez	Ig. Mojuim - Km 25	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-099	-1.54886	-48.06361	15/dez	Ig. Açú / Rio Guamá	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-100	-1.90015	-48.16358	16/dez	Ig. Mariquita - Rio Acará	Marrom		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-102	-1.72276	-48.13005	15/dez	Ig. Guajara Açú - próx. à loc	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-103	-1.62615	-48.13380	15/dez	Ig. Guajará Açú	Vermelha		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-104	-1.40320	-48.08973	11/dez	Rio Itá - Vila do Carmo	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-105	-1.35286	-48.15399	11/dez	Rio Caraparu - Porto de Mina	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-106	-1.20420	-48.12856	11/dez	Rio Tauá - Km 10	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-107	-0.77633	-48.09636	17/dez	Ig. Jardim (água salgada)	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-108	-0.85224	-48.13074	13/dez	Ig. Triste (água salgada)	Cinza				90	10	Argilosa
PAAS-S-109	-0.93697	-48.11143	17/dez	Braço do Guarimã	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-110	-1.14431	-48.15113	13/dez	Ig. Araxiteua - balneário	Marrom		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-111	-1.35048	-48.16043	11/dez	Rio Maguari - Estrada p/Cara	Clara		90	10			Arenosa
PAAS-S-112	-1.52533	-48.19069	12/dez	Ig. Guajará-Miri / Guamá	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-113	-1.81845	-48.26787	24/nov	Ig. Itapiocaba	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-114	-1.78861	-48.28223	24/nov	Ig. Araxiteua	Cinza			10	90		Argilosa
PAAS-S-115	-1.48096	-48.24632	12/dez	Ig. Itaperaçu / Guamá	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-120	-1.50488	-48.31685	17/nov	Ig. Jacarequara	Cinza			20	80		Argilosa
PAAS-S-121	-1.55935	-48.35503	17/nov	Ig. Genipaúba / V. Baltazar	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-122	-1.70307	-48.34836	20/nov	Ig. Castanhal	Marrom		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-123	-1.83517	-48.40803	18/nov	Ig. Papuquara	Cinza			10	90		Argilosa
PAAS-S-124	-1.84547	-48.41090	18/nov	Ig. Itapicuru	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-125	-1.84503	-48.41121	18/nov	Ig. Progresso	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-126	-1.84769	-48.52577	29/nov	Ig. Mirindeua / Ipitinga	Clara		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-127	-1.70149	-48.56123	19/nov	Ig. Jaguarauína	Marrom			10	90		Argilosa
PAAS-S-128	-1.71076	-48.60876	19/nov	Ig. Caeté c/ Curuperé	Clara		10	90			Siltosa
PAAS-S-129	-1.85497	-48.57281	29/nov	Ig. Tracuateua	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-130	-1.90951	-48.61489	22/nov	Ig. Jambuaçu	Cinza			10	90		Argilosa
PAAS-S-131	-1.58598	-48.60895	20/nov	Ig. Bacuri	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-132	-1.59436	-48.65120	21/nov	Ig. Guajará da Serrana	Cinza			10	90		Argilosa
PAAS-S-133	-1.58301	-48.68291	25/nov	Ig. Cabeceira Grande	Clara		10	90			Siltosa
PAAS-S-134	-1.55651	-48.68524	25/nov	Ig. Tauá	Marrom		80	10	10		Arenosa
PAAS-S-135	-1.88655	-48.68052	14/nov	Ig. Puacê	Clara		80	20			Arenosa
PAAS-S-136	-1.87429	-48.72904	14/nov	Rio Ubá	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-137	-1.61249	-48.75384	28/nov	Rio Arienga	Clara		80	10	10		Arenosa

Num Am	Lat	Long	Data	Local	Cor	% Casc	% Areia	% silte	% Argila	% Mat. Org	Tipo
PAAS-S-138	-1.65441	-48.78511	26/nov	Ig. Arapiranga	Marrom		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-139	-1.88542	-48.78429	15/nov	Ig. Piratuba (Cajuzinho)	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-140	-1.68082	-48.80904	26/nov	Ig. Guajará do Béja	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-141	-1.77249	-48.84714	27/nov	Ig. Abaeté	Marrom		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-142	-1.89901	-48.80253	15/nov	Ig. Pontilhão (Castanhal)	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAAS-S-143	-1.77480	-48.85577	27/nov	Ig. Curuperé/Cataiandeuá	Marrom		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-001	-1.89220	-48.78301	15/nov	Ig. Icanhuçu	Cinza			10	90		Argilosa
PAEV-S-002	-1.56288	-48.41872	18/nov	Ig. Genipaúba / Samaumeira	Cinza			10	90		Argilosa
PAEV-S-003	-1.72266	-48.39617	18/nov	ig. Itapicuru / Vila Vinagre	Cinza			10	90		Argilosa
PAEV-S-004	-1.66793	-48.44527	19/nov	Ig. Cabresto	Clara			20	80		Argilosa
PAEV-S-005	-1.69388	-48.35948	20/nov	Ig. Baiaquara	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-006	-1.60801	-48.62722	20/nov	Ig. Tauaporanga	Clara		10	80	10		Siltosa
PAEV-S-007	-1.61573	-48.60830	21/nov	Ig. Turuí	Clara			90	10		Siltosa
PAEV-S-008	-1.80278	-48.25599	16/dez	Igarapé Bucaia - só água	Cinza			10	90		Argilosa
PAEV-S-009	-1.75863	-48.67867	27/nov	Ig. Camurituba	Clara		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-010	-1.83881	-48.72651	28/nov	Ig. Urubuputanga/Faz. Moju	Marrom		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-011	-1.85816	-48.57527	29/nov	Ig. Jambuaçu	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-012	-1.48937	-48.18855	12/dez	Foz do Rio Caracuru / Guamá	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-013	-1.19876	-48.12637	11/dez	Ig.S.Francisco - Dendê do Ta	Clara		80	10	10		Arenosa
PAEV-S-014	-1.21382	-48.13962	11/dez	Ig. São José	Clara		80	10	10		Arenosa
PAEV-S-015	-1.42763	-48.01897	12/dez	Ig. Apeteua / S.João	Marrom		80	10	10		Arenosa
PAEV-S-016	-1.16032	-48.13976	13/dez	Ig. Tauá / Araxiteua	Clara		90	10			Arenosa
PAEV-S-017	-1.01525	-48.02746	14/dez	Rio Mojuim / Perseverança	Clara		80	10	10		Arenosa
PAEV-S-018	-0.84939	-48.10957	15/dez	Ig. Açaí - nascente	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-019	-1.59500	-48.14223	15/dez	Ig. Guajará-Açu / Porto das	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-020	-1.59336	-48.14323	15/dez	Igarapezinho	Cinza		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-021	-1.90189	-48.16328	16/dez	Ig. Belém - Rio Acará	Marrom		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-022	-1.89517	-48.21335	16/dez	Igarapé Açu	Marrom		10	10	80		Argilosa
PAEV-S-023	-2.00170	-48.13962	16/dez	Ig. Jupuúba	Clara		80	10	10		Arenosa
PAEV-S-024	-0.80874	-48.08005	17/dez	Ig. Barreto - cabeceira	Clara		80	10	10		Arenosa
PAEV-S-025	-0.91444	-47.92496	17/dez	Rio Mocajuba - Vila Nova	Clara		90	10			Arenosa
PAEV-S-026	-0.88703	-47.72938	17/dez	Rio Paramaú - Maranhãozinho	Clara		90	10			Arenosa
PAJS-S-116	-1.41875	-48.23233	1/nov	Rio Tauassuí	Cinza		30	30	30	10	Arenoarg
PAJS-S-117	-1.29226	-48.25043	1/nov	Rio Paricatuba	Cinza		20	40	30	10	Argiloare
PAJS-S-118	-1.16121	-48.23261	1/nov	Balneário Ki-Legal	Cinza		20	40	30	10	Argiloare
PAJS-S-119	-1.31941	-48.28632	1/nov	Rio Benfica	Cinza		10	10	50	10	Argiloare

**Anexo E: Água de Abastecimento – Resultados Analíticos**

n° Amostra	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Ni
MAEV-AB-01	1.0	0.005	0.034	0.036	3.34	0.001	0.001	0.01	0.03	0.112	0.002	2.37	0.014	0.0025	0.002
MAEV-AB-02	0.05	0.005	0.001	0.005	0.41	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.006	0.001	0.56	0.013	0.0025	0.002
MAEV-AB-03	0.05	0.005	0.001	0.023	6.44	0.0005	0.001	0.01	0.02	0.005	0.001	2.57	0.035	0.0025	0.002
MAEV-AB-04	0.05	0.005	0.001	0.008	21.1	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.014	0.002	9.24	0.021	0.0025	0.002
MAEV-AB-05	0.05	0.005	0.001	0.097	1.99	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.002	0.001	2.28	0.009	0.0025	0.005
MAEV-AB-06	0.05	0.005	0.001	0.147	15.1	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.102	0.015	4.89	0.223	0.0025	0.002
MAEV-AB-07	0.5	0.005	0.011	0.027	0.67	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.168	0.001	1.06	0.009	0.0025	0.002
MAEV-AB-08	0.05	0.005	0.032	0.025	6.46	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.006	0.02	2.52	0.016	0.0025	0.002
MAEV-AB-09	0.05	0.005	0.001	0.001	3.81	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.29	0.001	1.06	0.005	0.0025	0.002
MAEV-AB-10	0.8	0.005	0.001	0.068	1.67	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.013	0.001	2.89	0.018	0.0025	0.002
MAEV-AB-11	0.3	0.005	0.001	0.129	18.7	0.001	0.001	0.01	0.03	0.063	0.008	10.1	0.013	0.0025	0.002
MAEV-AB-12	0.05	0.005	0.024	0.007	3.00	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.012	0.011	1.76	0.018	0.0025	0.015
MAEV-AB-13	0.05	0.005	0.001	0.021	46.2	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.017	0.004	10.2	0.004	0.0025	0.002
MAEV-AB-14	0.05	0.005	0.015	0.013	6.72	0.0005	0.001	0.01	0.03	0.007	0.001	2.2	0.002	0.0025	0.002
PAAS-AB-01	0.05	0.005	0.003	0.163	35.1	0.0005	0.001	0.01	0.001	0.188	0.001	9.31	0.19	0.0025	0.002
PAAS-AB-02	0.05	0.005	0.001	0.102	0.3	0.0005	0.001	0.01	0.001	4.3	0.01	0.85	0.191	0.0025	0.002
PAAS-AB-03	0.2	0.005	0.001	0.015	1.95	0.0005	0.001	0.01	0.002	0.161	0.001	0.69	0.011	0.0025	0.002
PAAS-AB-04	0.05	0.005	0.001	0.012	0.37	0.0005	0.001	0.01	0.001	0.548	0.001	0.38	0.009	0.0025	0.002
PAAS-AB-05	0.05	0.005	0.009	0.141	2.34	0.0005	0.001	0.01	0.001	6.66	0.007	1.67	0.145	0.0025	0.002
PAJS-AB-01	0.05	0.005	0.001	0.001	0.93	0.0005	0.001	0.01	0.02	0.01	0.001	0.38	0.005	0.0025	0.002
PAJS-AB-02	0.2	0.005	0.001	0.004	0.81	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.302	0.001	0.41	0.005	0.0025	0.002
PAJS-AB-03	0.05	0.005	0.001	0.031	26.27	0.0005	0.002	0.01	0.005	0.115	0.003	3.82	0.039	0.0025	0.002
PAJS-AB-04	0.05	0.005	0.001	0.001	0.1	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.002	0.001	0.18	0.001	0.0025	0.002
PAJS-AB-05	0.4	0.005	0.001	0.005	1.44	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.007	0.001	0.59	0.004	0.0025	0.002
PAJS-AB-06	0.4	0.005	0.012	0.021	4.96	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.002	0.001	3.4	0.026	0.0025	0.002
PAJS-AB-07	0.1	0.005	0.001	0.003	0.36	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.01	0.001	0.32	0.002	0.0025	0.002
PAJS-AB-08	0.1	0.005	0.001	0.004	0.8	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.005	0.001	0.53	0.004	0.0025	0.002
PAJS-AB-09	0.2	0.005	0.001	0.008	0.39	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.129	0.001	0.44	0.009	0.0025	0.002
PAJS-AB-10	0.05	0.005	0.001	0.081	48.87	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.292	0.002	6.77	0.056	0.0025	0.002
PAJS-AB-11	0.3	0.005	0.001	0.028	5.32	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.256	0.004	1.22	0.056	0.0025	0.007
PAJS-AB-12	0.1	0.005	0.001	0.001	0.87	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.113	0.001	0.43	0.007	0.0025	0.002
PAJS-AB-13	0.8	0.005	0.024	0.018	12.72	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.206	0.001	15.27	0.034	0.0025	0.002
PAJS-AB-14	0.05	0.005	0.037	0.005	5.93	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.005	0.001	1.77	0.035	0.0025	0.002
PAJS-AB-15	0.05	0.005	0.001	0.04	23.4	0.0005	0.001	0.01	0.001	1.31	0.005	5.05	0.179	0.0025	0.002
PAJS-AB-16	0.1	0.005	0.001	0.001	0.79	0.0005	0.001	0.01	0.004	0.029	0.001	0.4	0.004	0.0025	0.002
PAJS-AB-17	0.05	0.005	0.001	0.001	0.28	0.0005	0.001	0.01	0.004	0.014	0.001	0.32	0.001	0.0025	0.002
PAJS-AB-18	0.05	0.005	0.001	0.005	0.89	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.218	0.002	0.39	0.01	0.0025	0.007
PAJS-AB-19	0.2	0.005	0.307	0.004	0.95	0.001	0.001	0.01	0.01	0.143	0.002	0.36	0.008	0.0025	0.005
PAJS-AB-20	0.1	0.005	0.434	0.002	5.8	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.052	0.001	7.66	0.009	0.0025	0.002
PAJS-AB-21	0.005	0.005	0.201	0.014	7.58	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.055	0.001	2.36	0.15	0.0025	0.002
PAJS-AB-22	0.1	0.005	2.000	0.003	2.54	0.0005	0.001	0.01	0.02	2.14	0.001	0.75	0.021	0.0025	0.002
PAJS-AB-23	0.1	0.005	0.001	0.003	0.24	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.075	0.001	0.18	0.003	0.0025	0.002
PAJS-AB-24	0.1	0.005	0.293	0.004	1.75	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.14	0.001	0.57	0.028	0.0025	0.002
PAJS-AB-25	0.8	0.005	0.504	0.044	60.05	0.002	0.004	0.02	0.01	0.201	0.002	2.21	0.201	0.0025	0.009
PAJS-AB-26	0.4	0.005	0.352	0.006	3.54	0.001	0.001	0.01	0.01	0.215	0.001	0.81	0.009	0.0025	0.006
PAJS-AB-27	0.1	0.005	0.001	0.002	0.29	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.018	0.001	0.26	0.002	0.0025	0.002
PAJS-AB-28	0.3	0.005	0.312	0.008	1.01	0.001	0.001	0.01	0.01	0.258	0.003	0.32	0.005	0.0025	0.004
PAJS-AB-29	0.8	0.005	0.822	0.063	5.56	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.538	0.002	2.37	0.164	0.0025	0.002
PAJS-AB-30	0.3	0.005	0.001	0.004	0.63	0.0005	0.001	0.01	0.02	0.102	0.003	0.17	0.004	0.0025	0.002
PAJS-AB-31	1.8	0.005	0.746	0.034	8.65	0.002	0.001	0.03	0.05	0.392	0.006	2.87	0.028	0.0025	0.013
PAJS-AB-32	0.05	0.005	0.093	0.001	1.1	0.0005	0.001	0.02	0.005	0.009	0.001	0.24	0.001	0.0025	0.002
PAJS-AB-33	0.4	0.005	0.489	0.012	4.1	0.002	0.001	0.01	0.03	0.273	0.007	3.32	0.016	0.0025	0.008
PAJS-AB-34	0.05	0.005	0.001	0.001	0.16	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.011	0.001	0.09	0.002	0.0025	0.002
PAJS-AB-35	0.1	0.005	0.001	0.007	4.73	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.04	0.002	0.97	0.02	0.0025	0.002
PAJS-AB-36	0.05	0.005	0.001	0.003	4.8	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.223	0.001	0.49	0.019	0.0025	0.002
PAJS-AB-37	0.1	0.005	0.138	0.009	15.4	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.049	0.003	5.99	0.002	0.0025	0.002
PAJS-AB-38	0.05	0.005	0.001	0.004	13.2	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.019	0.001	2.55	0.004	0.0025	0.002
PAJS-AB-39	0.05	0.005	0.326	0.006	18.1	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.243	0.002	1.86	0.128	0.0025	0.002
PAJS-AB-40	0.2	0.005	0.368	0.003	1.72	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.318	0.001	0.49	0.012	0.0025	0.002
PAJS-AB-41	0.1	0.005	0.234	0.003	0.72	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.065	0.002	0.22	0.006	0.0025	0.002
PAJS-AB-42	0.3	0.005	0.001	0.005	4.3	0.001	0.001	0.02	0.02	0.121	0.006	1.02	0.009	0.0025	0.004

n° Amostra	Pb	Se	Sr	V	Zn	Be	Ti	F	Cl	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Na	K
MAEV-AB-O1	0.189	0.01	0.035	0.01	0.199	0.0005	0.025	0.07	32.2	0.05	0.06	36.0	0.1	2.6	25.0	2.2
MAEV-AB-O2	0.0025	0.01	0.004	0.01	0.017	0.0005	0.025	0.03	4.53	0.05	0.025	4.4	0.1	1.5	3.4	0.4
MAEV-AB-O3	0.0025	0.01	0.054	0.01	0.069	0.0005	0.025	0.03	33.8	0.05	0.025	45.2	0.1	2.0	29.0	3.9
MAEV-AB-O4	0.059	0.01	0.041	0.01	0.018	0.0005	0.025	0.13	9.22	0.05	0.025	0.1	0.7	14.4	6.8	0.8
MAEV-AB-O5	0.0025	0.01	0.046	0.01	0.01	0.0005	0.025	0.06	6.08	0.05	0.025	9.4	0.1	0.8	10.2	1.6
MAEV-AB-O6	0.0025	0.01	0.135	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.19	12.84	0.05	0.05	0.1	0.9	5.5	32.0	1.2
MAEV-AB-O7	0.387	0.01	0.008	0.01	0.274	0.0005	0.025	0.01	6.56	0.05	0.06	11.4	0.1	1.8	4.9	1.2
MAEV-AB-O8	0.0025	0.01	0.074	0.01	0.006	0.0005	0.025	0.04	6.82	0.05	0.025	0.1	1.4	1.0	30.0	1.7
MAEV-AB-O9	0.022	0.01	0.011	0.01	0.006	0.0005	0.025	0.05	4.7	0.05	0.025	0.1	0.1	0.6	3.6	0.2
MAEV-AB-10	0.0025	0.01	0.017	0.01	0.042	0.0005	0.025	0.03	15.48	0.05	0.025	42.8	0.1	1.3	17.0	1.4
MAEV-AB-11	0.83	0.01	0.184	0.01	0.309	0.0005	0.025	0.06	19.51	0.05	0.025	0.05	0.3	6.5	28.0	1.2
MAEV-AB-12	0.117	0.01	0.019	0.01	0.261	0.0005	0.025	0.02	13.97	0.05	0.025	1.4	0.1	13.5	17.0	1.8
MAEV-AB-13	0.129	0.01	0.652	0.01	0.142	0.0005	0.025	0.13	12.85	0.05	0.07	0.05	0.1	3.6	7.9	1.4
MAEV-AB-14	0.0025	0.01	0.03	0.01	0.02	0.0005	0.025	0.02	18.43	0.05	0.08	31.6	0.1	2.8	21.0	1.2
PAAS-AB-01	0.0025	0.01	0.506	0.01	0.051	0.0005	0.025	0.09	1.61	0.05	0.025	0.05	0.1	4.8	5.9	4.9
PAAS-AB-02	0.0025	0.01	0.011	0.01	0.032	0.0005	0.025	0.06	2.4	0.05	0.025	0.1	0.1	6.0	3.6	1.7
PAAS-AB-03	0.0025	0.01	0.013	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.01	27.12	0.05	0.1	23.0	0.1	7.0	5.4	22.5
PAAS-AB-04	0.0025	0.01	0.003	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.01	29.27	0.05	0.12	5.0	0.1	4.4	3.9	22.5
PAAS-AB-05	0.071	0.01	0.078	0.01	0.04	0.0005	0.025	0.05	3.79	0.05	0.025	77.5	0.1	5.3	5.3	3.1
PAJS-AB-01	0.005	0.01	0.007	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	8.66	0.05	0.025	12.4	0.1	2.8	8.0	1.0
PAJS-AB-02	0.0025	0.01	0.007	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	9.33	0.05	0.025	8.9	0.1	1.3	6.8	0.9
PAJS-AB-03	0.006	0.01	0.115	0.01	0.006	0.0005	0.025	0.05	2.54	0.05	0.025	0.2	0.1	5.7	2.3	1.7
PAJS-AB-04	0.0025	0.01	0.001	0.01	0.025	0.0005	0.025	0.025	1.91	0.05	0.025	4.3	0.1	0.4	2.2	0.2
PAJS-AB-05	0.0025	0.01	0.012	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	9.5	0.05	0.025	18.8	0.1	0.6	8.6	1.0
PAJS-AB-06	0.0025	0.01	0.043	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	54.6	0.05	0.21	29.2	0.1	12.	39.0	3.9
PAJS-AB-07	0.0025	0.01	0.004	0.01	0.001	0.0005	0.025	0.025	2.73	0.05	0.025	4.2	0.1	0.6	1.5	0.4
PAJS-AB-08	0.006	0.01	0.011	0.01	0.024	0.0005	0.025	0.025	12.72	0.05	0.025	19.2	0.1	0.8	12.0	1.4
PAJS-AB-09	0.006	0.01	0.004	0.01	0.009	0.0005	0.025	0.025	12.84	0.05	0.025	9.1	0.1	1.8	9.1	0.7
PAJS-AB-10	0.0025	0.01	0.232	0.01	0.01	0.0005	0.025	0.13	5.52	0.05	0.025	26.0	0.1	6.6	5.6	4.0
PAJS-AB-11	0.269	0.01	0.027	0.01	0.052	0.0005	0.025	0.025	7.03	0.05	0.025	24.5	0.1	5.6	5.3	1.6
PAJS-AB-12	0.0025	0.01	0.006	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	6.13	0.05	0.025	7.8	0.1	1.5	4.5	1.0
PAJS-AB-13	0.006	0.01	0.134	0.01	0.01	0.0005	0.025	0.025	262.5	0.05	0.81	43.7	0.1	29.9	152.0	6.8
PAJS-AB-14	0.019	0.01	0.097	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.025	20.4	0.05	0.07	26.2	0.1	38.4	42.0	3.1
PAJS-AB-15	0.0025	0.01	0.105	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.15	8.06	0.05	0.05	0.4	0.1	6.4	2.7	9.9
PAJS-AB-16	0.07	0.01	0.005	0.01	0.029	0.0005	0.025	0.01	3.61	0.05	0.025	5.0	0.1	1.5	1.3	2.1
PAJS-AB-17	0.096	0.01	0.002	0.01	0.01	0.0005	0.025	0.005	4.09	0.05	0.025	3.9	0.1	0.6	0.3	3.0
PAJS-AB-18	0.224	0.01	0.003	0.01	0.035	0.0005	0.025	0.01	3.04	0.05	0.025	0.4	0.1	1.6	0.1	2.0
PAJS-AB-19	0.374	0.01	0.005	0.01	0.038	0.0005	0.025	0.06	7.87	0.05	0.05	496.3	0.1	1.2	6.2	1.2
PAJS-AB-20	0.0025	0.01	0.055	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.02	61.63	0.05	0.19	1.0	0.1	7.9	36.0	1.5
PAJS-AB-21	0.095	0.01	0.046	0.01	0.005	0.0005	0.025	0.04	2.49	0.05	0.05	1.8	0.1	3.7	2.2	1.1
PAJS-AB-22	0.051	0.01	0.014	0.01	0.011	0.0005	0.025	0.02	7.19	0.05	0.07	12.8	0.1	5.7	7.0	1.6
PAJS-AB-23	0.067	0.01	0.004	0.01	0.007	0.0005	0.025	0.04	22.93	0.05	0.07	1936.2	0.1	1.6	15.0	1.2
PAJS-AB-24	0.006	0.01	0.006	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.02	6.84	0.05	0.05	202.3	0.1	1.5	5.6	1.3
PAJS-AB-25	0.709	0.01	0.029	0.01	0.051	0.0005	0.025	0.14	31.11	0.05	0.05	108.4	0.1	15.9	25.	2.9
PAJS-AB-26	0.542	0.01	0.014	0.01	0.041	0.0005	0.025	0.01	5.47	0.05	0.05	303.4	0.1	1.9	3.8	1.3
PAJS-AB-27	0.073	0.01	0.002	0.01	0.008	0.0005	0.025	0.01	2.33	0.05	0.05	49.1	0.1	1.6	2.9	0.7
PAJS-AB-28	0.85	0.01	0.006	0.01	0.05	0.0005	0.025	0.01	3.26	0.05	0.05	779.5	0.1	0.5	1.8	0.6
PAJS-AB-29	0.0025	0.01	0.035	0.01	0.011	0.0005	0.025	0.05	24.59	0.05	0.07	39.1	0.1	1.6	21.0	3.3
PAJS-AB-30	0.349	0.01	0.003	0.01	0.085	0.0005	0.025	0.2	8.17	0.05	0.05	3.5	0.1	3.7	2.2	0.2
PAJS-AB-31	1.45	0.01	0.047	0.01	0.254	0.0005	0.06	0.02	13.34	0.05	0.05	631.6	0.1	0.5	1.5	1.5
PAJS-AB-32	0.091	0.01	0.003	0.01	0.011	0.0005	0.025	0.75	7.89	0.05	0.05	2072.6	0.1	8.6	6.1	0.7
PAJS-AB-33	1.36	0.01	0.019	0.01	0.202	0.0005	0.025	0.01	6.38	0.05	0.05	973.0	0.1	0.4	4.7	0.8
PAJS-AB-34	0.019	0.01	0.001	0.01	0.001	0.0005	0.025	0.03	3.2	0.05	0.05	226.8	0.1	1.5	2.3	0.6
PAJS-AB-35	0.387	0.01	0.02	0.01	0.099	0.0005	0.025									
PAJS-AB-36	0.055	0.01	0.012	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.05	10.14	0.05	0.05	416.9	0.1	7.3	8.3	1.1
PAJS-AB-37	0.249	0.01	0.177	0.01	0.058	0.0005	0.025	0.14	1.58	0.05	0.05	85.1	0.1	6.1	2.8	0.4
PAJS-AB-38	0.0025	0.01	0.091	0.01	0.014	0.0005	0.025	0.06	2.2	0.05	0.05	20.6	0.1	0.4	1.3	0.1
PAJS-AB-39	0.0025	0.01	0.061	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.07	2.72	0.05	0.05	168.5	0.1	3.1	2.6	0.7
PAJS-AB-40	0.271	0.01	0.01	0.01	0.04	0.0005	0.025	0.01	11.58	0.05	0.05	1227.1	0.1	3.5	8.4	2.8
PAJS-AB-41	0.337	0.01	0.002	0.01	0.074	0.0005	0.025	0.02	5.66	0.05	0.05	12.9	0.1	1.7	4.5	0.4
PAJS-AB-42	0.958	0.01	0.016	0.01	0.144	0.0005	0.025	0.01	2.9	0.05	0.05	343.5	0.1	0.7	1.6	0.5

**Anexo F: Água de Superfície – Resultados Analíticos**

Amostra	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Ni
PAAS-S-082	0.1	0.005	0.471	0.003	0.74	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.164	0.002	0.37	0.005	0.0025	0.002
PAAS-S-095	0.2	0.005	0.496	0.004	0.88	0.001	0.001	0.01	0.02	0.255	0.002	0.33	0.005	0.0025	0.002
PAAS-S-096	0.2	0.005	0.511	0.007	0.99	0.001	0.001	0.01	0.02	0.203	0.002	0.68	0.009	0.0025	0.002
PAAS-S-097	0.1	0.005	0.42	0.003	0.57	0.002	0.001	0.01	0.01	0.084	0.002	0.19	0.002	0.0025	0.002
PAAS-S-098	0.2	0.005	0.489	0.005	0.85	0.002	0.001	0.01	0.01	0.194	0.002	0.33	0.006	0.0025	0.002
PAAS-S-099	0.05	0.005	0.299	0.004	0.35	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.095	0.002	0.32	0.009	0.0025	0.002
PAAS-S-100	0.2	0.005	0.642	0.012	0.91	0.001	0.001	0.01	0.01	0.272	0.002	0.66	0.035	0.0025	0.004
PAAS-S-102	0.3	0.005	0.771	0.006	0.91	0.004	0.001	0.01	0.04	0.349	0.002	0.39	0.007	0.0025	0.005
PAAS-S-103	0.05	0.005	0.425	0.005	0.33	0.001	0.001	0.01	0.005	0.133	0.002	0.39	0.013	0.0025	0.002
PAAS-S-104	0.4	0.005	0.624	0.006	1.07	0.002	0.001	0.04	0.02	0.256	0.002	0.32	0.006	0.0025	0.002
PAAS-S-105	0.05	0.005	0.001	0.002	0.51	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.112	0.002	0.22	0.003	0.0025	0.002
PAAS-S-106	0.1	0.005	0.001	0.002	0.57	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.119	0.002	0.26	0.004	0.0025	0.002
PAAS-S-109	0.1	0.005	0.406	0.003	0.86	0.0005	0.001	0.01	0.01	0.198	0.002	1.26	0.032	0.0025	0.002
PAAS-S-110	0.1	0.005	0.446	0.003	0.74	0.0005	0.001	0.01	0.03	0.153	0.002	0.28	0.004	0.0025	0.002
PAAS-S-111	0.05	0.005	0.577	0.004	2.39	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.432	0.002	0.58	0.028	0.0025	0.002
PAAS-S-112	0.1	0.005	0.44	0.003	0.35	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.322	0.002	0.29	0.019	0.0025	0.002
PAAS-S-113	0.1	0.005	0.446	0.008	0.58	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.215	0.002	0.82	0.018	0.0025	0.002
PAAS-S-114	0.1	0.005	0.002	0.002	0.319	0.001	0.001	0.02	0.01	0.098	0.001	0.24	0.012	0.0025	0.002
PAAS-S-115	0.05	0.005	0.374	0.011	1.29	0.0005	0.001	0.01	0.005	0.188	0.002	1.25	0.164	0.0025	0.002
PAAS-S-120	0.05	0.005	0.002	0.004	0.406	0.001	0.211	0.02	0.01	0.333	0.001	0.44	0.022	0.0025	0.004
PAAS-S-121	0.05	0.005	0.002	0.002	0.211	0.001	0.001	0.02	0.01	0.146	0.001	0.24	0.033	0.0025	0.004
PAAS-S-122	0.05	0.005	0.002	0.002	0.241	0.001	0.001	0.02	0.01	0.241	0.001	0.29	0.011	0.0025	0.004
PAAS-S-123	0.1	0.005	0.002	0.002	0.158	0.001	0.001	0.02	0.01	0.088	0.001	0.2	0.002	0.0025	0.004
PAAS-S-124	0.05	0.005	0.002	0.002	0.247	0.001	0.001	0.02	0.01	0.107	0.001	0.22	0.002	0.0025	0.004
PAAS-S-125	0.1	0.005	0.002	0.002	0.178	0.001	0.001	0.02	0.01	0.077	0.001	0.22	0.002	0.0025	0.004
PAAS-S-126	0.05	0.005	0.002	0.002	0.168	0.001	0.001	0.02	0.01	0.087	0.001	0.23	0.003	0.0025	0.004
PAAS-S-127	0.1	0.005	0.002	0.002	0.164	0.001	0.001	0.02	0.01	0.054	0.001	0.23	0.002	0.0025	0.004
PAAS-S-128	0.05	0.005	0.002	0.002	0.122	0.001	0.001	0.02	0.01	0.034	0.001	0.18	0.002	0.0025	0.004
PAAS-S-129	0.05	0.005	0.002	0.002	0.142	0.001	0.001	0.02	0.01	0.107	0.001	0.2	0.002	0.0025	0.004
PAAS-S-130	0.05	0.005	0.002	0.002	0.197	0.001	0.001	0.02	0.01	0.091	0.001	0.27	0.003	0.0025	0.004
PAAS-S-131	0.05	0.005	0.002	0.002	0.304	0.001	0.001	0.02	0.01	0.108	0.001	0.34	0.007	0.0025	0.004
PAAS-S-132	0.4	0.005	0.002	0.008	1.008	0.003	0.001	0.02	0.02	0.227	0.002	0.47	0.01	0.0025	0.005
PAAS-S-133	0.1	0.005	0.002	0.005	0.377	0.001	0.001	0.02	0.01	0.115	0.001	0.47	0.01	0.0025	0.004
PAAS-S-134	0.1	0.005	0.002	0.009	0.987	0.001	0.001	0.02	0.01	0.17	0.001	1.05	0.025	0.0025	0.004
PAAS-S-135	0.1	0.005	0.002	0.003	0.197	0.001	0.001	0.02	0.01	0.089	0.001	0.21	0.002	0.0025	0.004
PAAS-S-136	0.05	0.005	0.002	0.002	0.165	0.001	0.001	0.02	0.01	0.099	0.001	0.22	0.004	0.0025	0.004
PAAS-S-137	0.1	0.005	0.002	0.009	0.964	0.001	0.001	0.02	0.01	0.169	0.001	0.54	0.01	0.0025	0.004
PAAS-S-138	0.2	0.005	0.002	0.002	0.656	0.001	0.001	0.02	0.01	0.405	0.001	0.43	0.015	0.0025	0.004
PAAS-S-139	0.1	0.005	0.002	0.013	0.425	0.001	0.001	0.02	0.01	0.315	0.001	0.41	0.022	0.0025	0.004
PAAS-S-140	0.1	0.005	0.002	0.013	1.266	0.001	0.001	0.02	0.01	0.233	0.001	0.68	0.02	0.0025	0.004
PAAS-S-141	0.05	0.005	0.002	0.01	0.968	0.001	0.001	0.02	0.01	0.204	0.001	0.59	0.013	0.0025	0.004
PAAS-S-142	0.05	0.005	0.002	0.012	0.398	0.001	0.001	0.02	0.01	0.116	0.001	0.33	0.017	0.0025	0.004
PAAS-S-143	0.05	0.005	0.002	0.01	1.09	0.001	0.001	0.02	0.01	0.147	0.001	0.64	0.011	0.0025	0.004
PAEV-S-001	0.1	0.005	0.002	0.002	0.22	0.001	0.001	0.02	0.01	0.322	0.001	0.25	0.007	0.0025	0.004
PAEV-S-002	0.1	0.005	0.002	0.002	0.22	0.001	0.001	0.02	0.01	0.16	0.001	0.28	0.012	0.0025	0.004
PAEV-S-003	0.05	0.005	0.002	0.001	0.21	0.001	0.001	0.02	0.01	0.115	0.001	0.23	0.005	0.0025	0.004
PAEV-S-004	0.1	0.005	0.002	0.004	0.28	0.001	0.001	0.02	0.01	0.165	0.001	0.37	0.025	0.0025	0.004
PAEV-S-005	0.05	0.005	0.002	0.001	0.19	0.001	0.001	0.02	0.01	0.129	0.001	0.25	0.012	0.0025	0.004
PAEV-S-006	0.1	0.005	0.002	0.003	0.26	0.001	0.001	0.02	0.01	0.164	0.001	0.31	0.005	0.0025	0.004
PAEV-S-007	0.1	0.005	0.002	0.001	0.18	0.001	0.001	0.02	0.01	0.135	0.001	0.24	0.003	0.0025	0.004
PAEV-S-008	0.1	0.005	0.001	0.005	0.32	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.191	0.001	0.41	0.011	0.0025	0.002
PAEV-S-009	0.05	0.005	0.002	0.009	0.38	0.001	0.001	0.02	0.01	0.09	0.001	0.24	0.012	0.0025	0.004
PAEV-S-010	0.05	0.005	0.002	0.001	0.18	0.001	0.001	0.02	0.01	0.083	0.001	0.24	0.004	0.0025	0.004
PAEV-S-011	0.05	0.005	0.001	0.004	0.61	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.19	0.001	0.36	0.009	0.0025	0.002

Amostra	Pb	Se	Sr	V	Zn	Be	Ti	F	Cl	NO2	Br	NO3	PO4	SO4	Na	K
PAAS-S-082	0.5	0.01	0.005	0.01	0.201	0.0005	0.025	0.01	2.77	0.05	0.025	0.1	0.1	1.3	1.5	0.4
PAAS-S-095	0.593	0.01	0.006	0.01	0.14	0.0005	0.025	0.01	6.44	0.05	0.025	186.8	0.1	1.0	5.1	1.6
PAAS-S-096	0.427	0.01	0.008	0.01	0.143	0.0005	0.025	0.005	8.14	0.05	0.025	551.3	0.1	5.2	6.2	2.0
PAAS-S-097	0.428	0.01	0.003	0.01	0.109	0.0005	0.025	0.02	4.97	0.05	0.025	213.8	0.1	0.6	3.0	0.8
PAAS-S-098	0.644	0.01	0.005	0.01	0.143	0.0005	0.025	0.005	2.62	0.05	0.025	0.4	0.1	1.9	1.5	0.4
PAAS-S-099	0.025	0.01	0.003	0.01	0.005	0.0005	0.025	0.02	3.94	0.05	0.025	11.9	0.1	1.9	2.4	0.8
PAAS-S-100	0.688	0.01	0.007	0.01	0.267	0.0005	0.025	0.02	5.07	0.05	0.025	223.6	0.1	4.3	3.3	1.1
PAAS-S-102	0.557	0.01	0.005	0.01	0.172	0.0005	0.025	0.005	2.48	0.05	0.025	0.2	0.1	0.8	1.5	0.7
PAAS-S-103	0.0025	0.01	0.004	0.01	0.011	0.0005	0.025	0.005	2.75	0.05	0.025	0.3	0.1	1.7	1.7	0.6
PAAS-S-104	0.968	0.01	0.006	0.01	0.227	0.0005	0.025	0.02	2.62	0.05	0.025	12.2	0.1	0.8	2.0	0.4
PAAS-S-105	0.084	0.01	0.003	0.01	0.045	0.0005	0.025	0.005	3.81	0.05	0.025	253.8	0.1	0.5	2.2	0.6
PAAS-S-106	0.221	0.01	0.004	0.01	0.039	0.0005	0.025	0.005	3.3	0.05	0.025	116.5	0.1	0.4	2.1	0.6
PAAS-S-109	0.357	0.01	0.01	0.01	0.106	0.0005	0.025	0.02	16.6	0.05	0.08	30.7	0.1	3.0	9.5	1.0
PAAS-S-110	0.315	0.01	0.005	0.01	0.149	0.0005	0.025	0.005	0.32	0.05	0.025	12.00	0.1	0.1	0.2	0.05
PAAS-S-111	0.116	0.01	0.012	0.01	0.049	0.0005	0.025	0.02	13.08	0.05	0.05	261.2	0.1	1.2	10.0	2.7
PAAS-S-112	0.057	0.01	0.003	0.01	0.01	0.0005	0.025	0.005	3.8	0.05	0.025	0.3	0.1	0.9	2.3	0.5
PAAS-S-113	0.0025	0.01	0.008	0.01	0.005	0.0005	0.025	0.01	2.91	0.05	0.025	0.4	0.1	5.1	2.0	0.5
PAAS-S-114	0.068	0.01	0.003	0.01	0.039	0.0005	0.025	0.025	3.22	0.05	0.025	0.5	0.1	0.9	2.3	0.6
PAAS-S-115	0.073	0.01	0.014	0.01	0.042	0.0005	0.025	0.02	9.91	0.05	0.06	6.9	0.1	1.6	6.2	1.1
PAAS-S-120	0.012	0.01	0.006	0.01	0.017	0.0005	0.025	0.025	4.57	0.05	0.025	0.3	0.1	1.3	3.3	0.6
PAAS-S-121	0.003	0.01	0.003	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	2.62	0.05	0.025	0.2	0.1	0.6	1.5	0.5
PAAS-S-122	0.003	0.01	0.004	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	2.87	0.05	0.025	0.4	0.1	1.1	1.8	0.5
PAAS-S-123	0.003	0.01	0.002	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	2.93	0.05	0.025	0.3	0.1	0.3	2.1	0.8
PAAS-S-124	0.003	0.01	0.003	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.025	3.77	0.05	0.025	0.4	0.1	0.5	2.7	0.9
PAAS-S-125	0.005	0.01	0.003	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	2.28	0.05	0.025	0.3	0.1	0.3	1.5	0.3
PAAS-S-126	0.026	0.01	0.002	0.01	0.005	0.0005	0.025	0.025	1.99	0.05	0.025	0.2	0.1	0.7	1.3	0.4
PAAS-S-127	0.008	0.01	0.002	0.01	0.006	0.0005	0.025	0.025	1.25	0.05	0.025	0.8	0.1	0.1	1.0	0.3
PAAS-S-128	0.003	0.01	0.002	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	1.84	0.05	0.025	0.5	0.1	0.3	1.2	0.1
PAAS-S-129	0.006	0.01	0.002	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	2.35	0.05	0.025	0.3	0.1	0.6	1.6	0.3
PAAS-S-130	0.003	0.01	0.003	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.025	2.36	0.05	0.025	0.3	0.1	1.0	1.7	0.4
PAAS-S-131	0.003	0.01	0.004	0.01	0.005	0.0005	0.025	0.025	3.78	0.05	0.025	0.5	0.1	1.0	2.5	0.6
PAAS-S-132	0.804	0.01	0.007	0.01	0.207	0.0005	0.025	0.52	5.87	0.05	0.025	232.000	0.1	1.0	3.8	1.0
PAAS-S-133	0.003	0.01	0.005	0.01	0.013	0.0005	0.025	0.025	5.61	0.05	0.025	3.1	0.1	2.0	3.8	0.7
PAAS-S-134	0.003	0.01	0.013	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.025	15.02	0.05	0.025	0.2	0.1	3.5	7.7	0.8
PAAS-S-135	0.003	0.01	0.003	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	2.18	0.05	0.025	0.2	0.1	0.3	1.6	0.2
PAAS-S-136	0.003	0.01	0.003	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	2.12	0.05	0.025	0.05	0.1	0.4	1.6	0.2
PAAS-S-137	0.003	0.01	0.01	0.01	0.007	0.0005	0.025	0.025	3.07	0.05	0.025	1.1	0.1	1.8	2.4	1.0
PAAS-S-138	0.003	0.01	0.007	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	2.24	0.05	0.025	0.05	0.1	1.6	1.8	0.4
PAAS-S-139	0.009	0.01	0.007	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	3.37	0.05	0.025	0.5	0.1	0.8	3.2	1.2
PAAS-S-140	0.003	0.01	0.013	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	2.35	0.05	0.025	0.1	0.1	2.3	2.4	0.7
PAAS-S-141	0.003	0.01	0.011	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.025	2.000	0.05	0.025	0.1	0.1	2.1	2.2	0.6
PAAS-S-142	0.003	0.01	0.007	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.025	1.8	0.05	0.025	0.3	0.1	0.5	1.5	0.5
PAAS-S-143	0.003	0.01	0.011	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	2.16	0.05	0.025	0.1	0.1	2.0	2.4	0.7
PAEV-S-001	0.003	0.01	0.003	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	2.47	0.05	0.025	0.1	0.1	0.1	1.7	0.3
PAEV-S-002	0.003	0.01	0.003	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	2.87	0.05	0.025	0.4	0.1	0.8	2.2	0.3
PAEV-S-003	0.006	0.01	0.003	0.01	0.008	0.0005	0.025	0.025	2.28	0.05	0.025	0.3	0.1	0.6	1.5	0.6
PAEV-S-004	0.003	0.01	0.005	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	2.83	0.05	0.025	0.3	0.1	1.0	2.1	0.5
PAEV-S-005	0.003	0.01	0.003	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	2.38	0.05	0.025	0.2	0.1	0.9	1.6	0.3
PAEV-S-006	0.003	0.01	0.004	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.025	4.17	0.05	0.11	0.6	0.1	1.0	1.6	0.7
PAEV-S-007	0.003	0.01	0.003	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.025	2.38	0.05	0.025	0.2	0.1	0.5	1.3	0.4
PAEV-S-008	0.074	0.01	0.003	0.01	0.022	0.0005	0.025	0.01	3.26	0.05	0.025	0.2	0.1	1.7	1.9	0.5
PAEV-S-009	0.053	0.01	0.005	0.01	0.026	0.001	0.025	0.025	1.95	0.05	0.025	0.3	0.1	0.5	2.0	0.9
PAEV-S-010	0.003	0.01	0.003	0.01	0.006	0.001	0.025	0.025	2.72	0.05	0.025	0.3	0.1	0.8	2.3	0.8
PAEV-S-011	0.005	0.01	0.004	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.005	3.49	0.05	0.025	1.000	0.1	1.0	2.4	6.4

Amostra	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo	Ni
PAEV-S-012	0.05	0.005	0.001	0.006	0.98	0.0005	0.001	0.001	0.01	0.582	0.002	0.71	0.008	0.0025	0.002
PAEV-S-013	0.05	0.005	0.001	0.001	0.72	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.164	0.001	0.32	0.006	0.0025	0.002
PAEV-S-014	0.05	0.005	0.001	0.001	0.72	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.164	0.001	0.32	0.006	0.0025	0.002
PAEV-S-015	0.05	0.005	0.001	0.001	0.33	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.108	0.001	0.25	0.007	0.0025	0.002
PAEV-S-016	0.05	0.005	0.001	0.001	0.57	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.135	0.001	0.27	0.004	0.0025	0.002
PAEV-S-017	0.05	0.005	0.001	0.007	1.09	0.002	0.001	0.001	0.02	0.181	0.002	0.33	0.006	0.0025	0.004
PAEV-S-018	0.1	0.005	0.001	0.001	0.32	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.076	0.001	0.25	0.004	0.0025	0.002
PAEV-S-019	0.1	0.005	0.001	0.006	0.46	0.0005	0.001	0.001	0.01	0.142	0.001	0.37	0.01	0.0025	0.002
PAEV-S-020	0.05	0.005	0.001	0.003	0.17	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.085	0.001	0.29	0.004	0.0025	0.002
PAEV-S-021	0.1	0.005	0.001	0.009	0.54	0.001	0.001	0.001	0.01	0.146	0.001	0.42	0.013	0.0025	0.002
PAEV-S-022	0.1	0.005	0.001	0.005	0.28	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.142	0.001	0.43	0.01	0.0025	0.002
PAEV-S-023	0.1	0.005	0.001	0.005	0.2	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.076	0.001	0.26	0.007	0.0025	0.002
PAEV-S-024	0.05	0.005	0.001	0.001	0.22	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.093	0.001	0.26	0.004	0.0025	0.002
PAEV-S-025	0.1	0.005	0.001	0.004	0.33	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.104	0.001	0.3	0.004	0.0025	0.002
PAEV-S-026	0.05	0.005	0.001	0.001	0.42	0.0005	0.001	0.001	0.005	0.072	0.001	0.33	0.004	0.0025	0.002
PAJS-S-116	0.05	0.005	0.001	0.003	0.27	0.0005	0.001	0.001	0.001	0.183	0.001	0.29	0.006	0.0025	0.002
PAJS-S-117	0.05	0.005	0.001	0.005	0.63	0.0005	0.001	0.001	0.015	0.155	0.001	0.26	0.004	0.0025	0.004
PAJS-S-118	0.05	0.005	0.001	0.004	0.65	0.0005	0.001	0.001	0.001	0.069	0.001	0.26	0.005	0.0025	0.002
PAJS-S-119	0.05	0.005	0.001	0.003	1.11	0.0005	0.001	0.001	0.001	0.205	0.001	0.33	0.005	0.0025	0.002

Amostra	Pb	Se	Sr	V	Zn	Be	Ti	F	Cl	NO2	Br	NO3	PO4	SO4	Na	K
PAEV-S-012	0.264	0.01	0.007	0.01	0.115	0.0005	0.025	0.01	6.75	0.05	0.025	1.3	0.1	1.3	3.8	2.9
PAEV-S-013	0.059	0.01	0.005	0.01	0.01	0.0005	0.025	0.005	2.75	0.05	0.025	1.2	0.1	1.2	1.4	0.6
PAEV-S-014	0.059	0.01	0.005	0.01	0.01	0.0005	0.025	0.005	2.75	0.05	0.025	1.2	0.1	1.2	1.4	0.6
PAEV-S-015	0.0025	0.01	0.003	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.01	3.07	0.05	0.025	0.4	0.1	0.8	1.7	0.5
PAEV-S-016	0.198	0.01	0.004	0.01	0.049	0.0005	0.025	0.005	3.76	0.05	0.025	8.000	0.1	0.8	2.2	0.6
PAEV-S-017	0.476	0.01	0.006	0.01	0.276	0.0005	0.025	0.005	2.83	0.05	0.025	0.9	0.1	1.1	1.6	0.4
PAEV-S-018	0.282	0.01	0.002	0.01	0.079	0.0005	0.025	0.005	4.2	0.05	0.025	63.3	0.1	0.3	2.6	0.5
PAEV-S-019	0.377	0.01	0.003	0.01	0.104	0.0005	0.025	0.01	3.15	0.05	0.025	0.4	0.1	1.5	1.8	0.5
PAEV-S-020	0.005	0.01	0.002	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.005	3.2	0.05	0.025	0.4	0.1	1.1	1.7	0.3
PAEV-S-021	0.333	0.01	0.004	0.01	0.146	0.0005	0.025	0.01	4.19	0.05	0.025	176.8	0.1	1.8	2.5	0.7
PAEV-S-022	0.0025	0.01	0.004	0.01	0.004	0.0005	0.025	0.005	2.97	0.05	0.025	0.4	0.1	2.0	1.8	0.4
PAEV-S-023	0.042	0.01	0.002	0.01	0.012	0.0005	0.025	0.005	1.69	0.05	0.025	1.765	0.1	0.8	1.3	0.3
PAEV-S-024	0.0025	0.01	0.002	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.005	3.12	0.05	0.025	1.000	0.1	0.4	1.8	0.2
PAEV-S-025	0.184	0.01	0.002	0.01	0.02	0.0005	0.025	0.005	4.46	0.05	0.025	8.3	0.1	1.0	2.6	0.6
PAEV-S-026	0.0025	0.01	0.003	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.005	3.92	0.05	0.025	0.1	0.1	1.2	2.1	0.3
PAJS-S-116	0.0025	0.01	0.003	0.01	0.002	0.0005	0.025	0.01	2.22	0.05	0.05	0.5	0.1	1.5	0.3	1.3
PAJS-S-117	0.148	0.01	0.004	0.01	0.031	0.0005	0.025	0.01	2.69	0.05	0.06	4.1	0.1	0.8	0.8	1.3
PAJS-S-118	0.036	0.01	0.007	0.01	0.005	0.0005	0.025	0.01	2.96	0.05	0.0025	2.3	0.1	0.6	0.5	1.1
PAJS-S-119	0.0025	0.01	0.007	0.01	0.003	0.0005	0.025	0.01	3.91	0.05	0.06	1.1	0.1	0.8	0.8	3.3

**Anexo G: Sedimento de Corrente – Resultados Analíticos**

N Amostra	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Ga
PAAS-S-082	<2	200	<1	<2	<1	<5	<1	<02	<01	<01	0,3	<1	1,4	0,01	0,86	100	0,4
PAAS-S-095	3	500	0,2	<2	1	<5	<1	<02	<01	<01	0,4	<1	3,5	0,01	0,66	600	0,8
PAAS-S-096	14	500	2,7	<2	<1	<5	<1	0,02	<01	<01	0,5	0,1	7,6	0,02	0,82	4900	0,7
PAAS-S-097	2	500	0,2	<2	<1	<5	<1	0,04	<01	<01	0,6	<1	7	0,03	2,05	500	1
PAAS-S-098	6	900	1,4	<2	<1	<5	<1	0,02	<01	0,01	0,4	<1	5,9	0,01	1,38	3900	1
PAAS-S-099	24	8800	1,4	0,0008	2	52,2	0,5	0,12	600	0,05	39,7	8,8	20,6	1,27	8,42	15800	2,9
PAAS-S-100	6	6400	3,6	0,0008	1	8,6	0,4	0,31	200	<01	14,3	0,4	27,3	1,98	9,44	21300	4,4
PAAS-S-102	8	900	0,2	<2	1	<5	0,1	0,04	<01	<01	0,6	0,1	12,2	0,01	1,22	2300	1,5
PAAS-S-103	23	13900	11,4	0,0006	2	46,7	1,4	0,24	300	0,03	55	9,4	32,6	1,08	14,02	28200	4,3
PAAS-S-104	4	300	<1	0,0022	1	0,6	<1	0,03	<01	<01	0,6	<1	2,8	0,02	0,55	500	0,4
PAAS-S-105	<2	200	0,1	0,0003	<1	<5	<1	<02	<01	<01	0,4	<1	1,3	0,01	0,31	200	0,3
PAAS-S-106	2	400	<1	<2	<1	<5	<1	<02	<01	0,01	1	<1	2,6	0,01	0,89	100	0,7
PAAS-S-107	32	16500	11,7	0,0009	11	32,7	1	0,26	1400	0,05	46,6	10,5	34,3	1,43	16,13	36000	5,1
PAAS-S-108	35	7100	0,6	0,0022	1	16,7	0,1	0,08	300	0,01	5,5	1	25,1	0,74	1,54	3300	9,2
PAAS-S-109	26	13600	0,7	0,0006	2	50,6	0,5	0,17	300	0,02	30,9	4,2	23,6	3,79	5,52	12600	4,3
PAAS-S-110	41	1400	5,6	<2	1	<5	<1	0,1	<01	<01	0,6	0,1	39,8	0,02	0,74	20900	2,9
PAAS-S-111	36	1900	10,4	<2	1	1,2	0,1	0,04	<01	<01	1,2	0,1	26,5	0,09	2,71	22700	1,7
PAAS-S-112	24	7900	2,8	0,0002	3	39,1	0,5	0,11	700	0,05	35,7	7,3	20	0,94	7,76	19700	2,5
PAAS-S-113	29	8800	3,6	0,0006	2	90,2	0,7	0,11	1600	0,05	44,7	9,9	22	1,08	8,06	22000	2,9
PAAS-S-114	49	13200	4,4	0,001	2	68,5	1,3	0,27	500	0,09	68,2	7,6	32,2	1,42	19,23	13800	4,3
PAAS-S-115	18	16400	8,9	0,0004	1	49,4	1,1	0,29	100	0,03	54,4	11,4	24,2	2	13,68	32700	4,7
PAAS-S-120	27	9200	4,3	0,0003	2	39,1	0,7	0,14	500	0,07	39,5	9,1	24,2	1,02	10,38	19100	3
PAAS-S-121	22	15600	2,8	0,001	1	45,7	1,4	0,37	400	0,03	51,6	9,4	28,7	1,98	16,43	45800	5,1
PAAS-S-122	16	7600	1,3	0,0009	2	31,4	0,5	0,1	300	0,03	32,7	5,8	17,9	0,92	6,04	15000	2,4
PAAS-S-123	23	12800	6,7	0,0005	2	39	1,1	0,28	300	0,06	53,9	14,8	24,9	1,47	14,36	10400	4,4
PAAS-S-124	30	14500	4,7	0,0008	1	41	1,4	0,31	300	0,03	62,4	21,8	26,5	1,64	14,74	45100	5,4
PAAS-S-125	29	11800	5,3	0,0007	1	41,9	1,3	0,36	200	0,04	66,7	13,1	26,3	1,76	16,52	16700	3,9
PAAS-S-126	8	500	0,2	<2	1	1	<1	0,03	<01	<01	1,2	0,4	5,6	0,05	2,63	800	0,6
PAAS-S-127	24	9900	9,8	0,0002	2	27,1	1	0,23	200	0,03	43,7	8,9	29,4	1,04	13,13	12800	3,1
PAAS-S-128	17	400	<1	0,0436	1	<5	<1	0,06	<01	<01	0,6	0,1	11,8	0,02	0,96	200	1,4
PAAS-S-129	30	18700	0,2	0,0014	1	29	0,5	0,22	100	0,01	26,8	2,5	26,3	2,21	9,72	6300	9,3
PAAS-S-130	17	8300	0,4	0,0004	1	31,8	1,1	0,19	200	0,04	54,1	3,4	19	1,65	10,22	6500	3,1
PAAS-S-131	20	7700	1	0,0003	1	10,9	0,2	0,08	100	0,01	9,9	0,9	13,3	0,82	3,65	5900	4,2
PAAS-S-132	27	12300	5,3	0,0009	2	27,5	0,8	0,18	500	0,03	39,9	7,5	31,5	1,05	10,97	21700	4,8
PAAS-S-133	<2	400	0,1	0,0006	<1	0,5	0,1	<02	<01	<01	0,4	<1	2,6	0,03	1,08	300	0,6
PAAS-S-134	4	1100	<1	0,0005	1	0,6	<1	0,03	<01	<01	1,3	<1	5,5	0,08	1,03	200	2
PAAS-S-135	<2	400	<1	<2	1	<5	<1	0,02	<01	<01	0,2	<1	2,4	0,01	1,07	100	1
PAAS-S-136	17	7300	1,3	0,0006	2	48,3	0,5	0,09	400	0,03	31,8	6,3	16	0,98	6,57	14900	2,4
PAAS-S-137	3	1300	0,2	0,0002	1	3,2	0,1	0,03	<01	<01	2,2	0,3	7,3	0,13	1,44	1100	1,4
PAAS-S-138	39	13800	1,8	0,0007	2	78,2	0,8	0,2	700	0,08	42,6	8,9	29,6	1,61	13,82	20000	5,1
PAAS-S-139	12	5600	1	<2	2	41,4	0,3	0,07	200	0,02	27,2	4,2	14,4	0,83	3,99	11200	1,9
PAAS-S-140	31	14300	11,4	0,0004	8	26,4	1,4	0,23	1100	0,04	42,2	11,3	31,3	1,33	14,22	31200	4,5
PAAS-S-141	41	15500	1,5	0,001	1	80,7	0,8	0,2	400	0,05	45,7	9,8	31,4	1,37	14,32	16200	4,9
PAAS-S-142	11	4500	1	0,0002	2	55,1	0,3	0,05	400	0,01	22,1	4	10,7	0,68	3,3	9000	1,6
PAAS-S-143	38	13100	1,4	0,0008	1	82,5	0,8	0,2	500	0,04	45,6	8,8	29,3	1,28	11,85	19200	4,4
PAEV-S-001	23	11000	12,1	0,001	2	55,4	1,1	0,24	1000	0,06	50,4	10,8	26	1,4	12,67	32100	3,9
PAEV-S-002	28	15300	11,6	0,0006	1	31,2	0,8	0,28	200	0,02	32,7	6,3	30,7	1,97	10,28	32400	6,3
PAEV-S-003	24	9900	1,7	0,0008	2	38,5	0,5	0,15	200	0,03	38,9	5,8	22,5	1,31	8,25	15900	3,1
PAEV-S-004	19	7100	2	0,0003	1	43	0,5	0,1	500	0,05	33,4	7,2	20	0,78	6,79	18900	2,2
PAEV-S-005	20	9000	3,3	0,0006	1	37,4	1,2	0,18	400	0,02	63,1	6,9	23,7	1,21	11,16	26600	3
PAEV-S-006	9	600	0,5	<2	1	0,7	<1	0,03	<01	0,01	0,5	<1	7,3	0,03	1,23	1900	0,8
PAEV-S-007	22	900	0,9	<2	1	<5	<1	0,06	<01	<01	0,3	0,1	17,4	0,01	0,8	7800	1,5
PAEV-S-008	24	11000	1,7	0,001	1	33,4	0,5	0,16	100	0,01	34,7	5	25	1,38	6,34	17200	3,5

N Amostra	Ge	Hf	Hg	In	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Pt
PAAS-S-082	<.1	<.02	0,035	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	<.1	0,03	<.001	<.02	0,1	<.001	1,04	<.2
PAAS-S-095	<.1	<.02	0,027	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	3	0,07	<.001	0,03	0,2	<.001	0,97	<.2
PAAS-S-096	<.1	0,02	0,034	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	3	0,4	<.001	0,05	0,2	10	1,24	<.2
PAAS-S-097	<.1	0,02	0,047	0,02	<.01	<.5	<.1	<.01	5	0,09	<.001	0,04	0,1	10	2,1	<.2
PAAS-S-098	<.1	0,02	0,032	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	2	0,14	<.001	0,05	0,1	10	0,99	<.2
PAAS-S-099	<.1	0,11	0,103	0,02	700	18,7	12,3	2100	187	0,14	70	0,38	11,5	150	9,94	<.2
PAAS-S-100	<.1	0,16	0,046	0,04	600	7,6	0,9	500	42	0,4	50	0,09	0,7	70	11,06	<.2
PAAS-S-102	<.1	0,02	0,044	0,02	<.01	<.5	0,1	<.01	2	0,17	<.001	0,04	0,2	10	2,01	<.2
PAAS-S-103	0,1	0,17	0,085	0,04	1100	23,3	15,7	2200	106	0,96	100	0,27	12,8	50	17,18	<.2
PAAS-S-104	<.1	<.02	0,052	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	<.1	0,04	<.001	0,02	0,3	20	1,25	<.2
PAAS-S-105	<.1	<.02	0,043	<.02	<.01	<.5	0,1	<.01	<.1	0,03	<.001	<.02	0,1	10	0,92	0,002
PAAS-S-106	<.1	<.02	0,043	<.02	<.01	0,5	<.1	<.01	<.1	0,05	<.001	0,02	0,1	10	1,49	<.2
PAAS-S-107	<.1	0,13	0,098	0,04	2600	21	22	5600	288	0,66	5680	0,52	16,5	630	18,05	<.2
PAAS-S-108	<.1	0,3	0,132	0,05	200	3	1,8	300	48	0,34	30	0,08	1,6	40	5,58	<.2
PAAS-S-109	<.1	0,11	0,123	0,02	800	15,7	15,4	2000	143	0,13	60	0,33	8,6	80	12,52	<.2
PAAS-S-110	0,1	0,08	0,04	0,03	<.01	<.5	<.1	<.01	5	0,82	<.001	0,12	0,1	20	3,24	<.2
PAAS-S-111	<.1	0,03	0,049	0,02	<.01	0,6	0,2	<.01	3	0,67	<.001	0,1	0,2	80	3,55	<.2
PAAS-S-112	<.1	0,11	0,129	0,02	600	17,2	10,1	2000	704	0,13	70	0,32	8,5	250	9,3	<.2
PAAS-S-113	<.1	0,11	0,108	0,02	700	21,2	10,4	2300	686	0,18	60	0,39	9,8	280	11,33	<.2
PAAS-S-114	<.1	0,17	0,118	0,04	900	31,2	17,2	2400	147	0,38	120	0,49	14	150	19,1	<.2
PAAS-S-115	<.1	0,07	0,126	0,04	900	26,6	16,2	2800	178	0,27	130	0,09	18,7	50	20,72	<.2
PAAS-S-120	<.1	0,14	0,14	0,02	800	18,7	10,8	2300	194	0,22	80	0,43	11,9	160	11,51	<.2
PAAS-S-121	0,1	0,11	0,124	0,04	1000	24,6	25,6	4400	648	0,1	90	0,22	16,7	90	22,04	<.2
PAAS-S-122	<.1	0,11	0,068	0,02	600	16,5	8,1	1500	129	0,11	40	0,33	7,2	110	8,72	<.2
PAAS-S-123	<.1	0,17	0,124	0,04	800	23,7	11,1	1600	51	0,44	50	0,56	19,3	50	20,35	<.2
PAAS-S-124	0,1	0,12	0,114	0,04	1100	27,2	20,3	2700	699	0,29	60	0,31	29,8	110	21,18	<.2
PAAS-S-125	0,1	0,14	0,12	0,05	900	28,8	15,7	2000	56	0,25	70	0,35	17,7	40	22,87	<.2
PAAS-S-126	<.1	<.02	0,03	0,02	<.01	0,6	0,2	<.01	3	0,08	<.001	0,03	0,4	10	8,97	<.2
PAAS-S-127	<.1	0,19	0,064	0,03	800	19,6	11,7	2000	47	0,34	100	0,41	11,3	40	15,37	<.2
PAAS-S-128	<.1	0,03	0,031	0,03	<.01	<.5	0,1	<.01	5	0,11	<.001	0,05	0,1	10	5	<.2
PAAS-S-129	<.1	0,07	0,136	0,03	800	14	11,6	1300	37	0,17	50	0,31	6,7	100	20,32	<.2
PAAS-S-130	<.1	0,07	0,079	0,02	600	23,2	8	1200	32	0,07	40	0,25	6	40	15,22	<.2
PAAS-S-131	<.1	<.02	0,125	0,02	200	4,9	3,1	300	14	0,33	20	0,14	1,9	130	7,91	<.2
PAAS-S-132	<.1	0,11	0,196	0,03	800	17	9,1	1200	75	1,08	50	0,38	9,2	80	14,38	<.2
PAAS-S-133	<.1	<.02	0,045	<.02	<.01	<.5	0,1	<.01	<.1	0,04	<.001	0,03	0,2	10	1,31	<.2
PAAS-S-134	<.1	0,09	0,04	0,02	<.01	0,7	0,1	<.01	1	0,12	10	0,02	0,2	<.001	1,81	<.2
PAAS-S-135	<.1	<.02	0,036	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	<.1	0,04	<.001	0,03	0,1	10	1,74	<.2
PAAS-S-136	<.1	0,1	0,076	0,02	700	15,3	9,1	1600	161	0,12	50	0,34	8,1	220	8,98	<.2
PAAS-S-137	<.1	0,07	0,037	0,02	<.01	1	0,5	100	4	0,27	10	0,04	0,5	20	3,23	<.2
PAAS-S-138	<.1	0,17	0,132	0,03	1000	19,8	15,5	2100	157	0,26	70	0,63	14,2	230	15,37	<.2
PAAS-S-139	<.1	0,07	0,091	<.02	500	13,1	5,8	1000	155	0,1	50	0,26	5,2	110	7,03	<.2
PAAS-S-140	<.1	0,12	0,094	0,04	2000	19,1	18	3900	297	0,87	2810	0,47	15,8	350	17,35	<.2
PAAS-S-141	<.1	0,08	0,213	0,03	900	20,8	14,3	2100	140	0,31	60	0,45	12,5	170	19,62	<.2
PAAS-S-142	<.1	0,03	0,067	<.02	400	10,1	4,3	900	117	0,08	20	0,21	4,5	150	5,86	<.2
PAAS-S-143	<.1	0,1	0,117	0,03	800	19,8	12,4	2000	179	0,3	50	0,43	11,7	170	18,07	0,002
PAEV-S-001	<.1	0,1	0,128	0,03	1100	21,9	11,6	3300	831	0,35	100	0,07	16,9	280	17,71	0,002
PAEV-S-002	<.1	0,11	0,094	0,04	800	15,6	14,3	1900	205	0,44	90	0,24	10,4	120	21,5	<.2
PAEV-S-003	<.1	0,07	0,156	0,02	700	17,6	10,8	2200	115	0,16	90	0,32	9,4	120	13,26	0,002
PAEV-S-004	<.1	0,11	0,095	0,02	500	15,3	7,2	1700	274	0,13	50	0,3	8,4	230	8,65	0,002
PAEV-S-005	<.1	0,08	0,152	0,02	900	27,3	9,4	2000	446	0,24	120	0,1	9,4	310	13,93	<.2
PAEV-S-006	<.1	0,04	0,046	0,02	<.01	<.5	<.1	<.01	2	0,1	<.001	0,03	0,1	10	1,55	0,002
PAEV-S-007	<.1	0,06	0,04	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	5	0,2	<.001	0,07	0,1	10	1,84	<.2
PAEV-S-008	<.1	0,12	0,111	0,03	600	16,8	10	1900	77	0,24	50	0,32	7,9	100	13,16	<.2

N Amostra	Rb	Re	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Te	Th	Ti	Tl	U	V	Y	Zn	Zr
PAAS-S-082	<1	<1	<01	<02	0,1	<1	0,2	<5	<02	0,4	40	<02	<1	<2	0,02	0,4	0,2
PAAS-S-095	<1	<1	<01	<02	0,1	<1	0,3	<5	<02	0,9	80	<02	<1	2	0,05	0,6	0,7
PAAS-S-096	0,1	<1	300	0,03	0,3	0,2	0,4	<5	<02	1,2	60	<02	<1	11	0,07	0,7	0,9
PAAS-S-097	0,1	<1	<01	0,03	0,3	<1	0,6	<5	<02	2,6	90	<02	<1	3	0,07	0,6	0,9
PAAS-S-098	<1	0,001	<01	0,02	0,2	0,1	0,3	<5	<02	1,5	70	<02	<1	8	0,04	0,7	1,2
PAAS-S-099	9,3	<1	400	0,04	2,7	0,2	0,4	11,3	<02	5,9	130	0,1	1,4	22	8,54	39,1	3,8
PAAS-S-100	6,9	<1	400	0,08	5,9	0,2	1	6,5	<02	10,2	30	0,05	0,9	48	2,12	8,2	4,4
PAAS-S-102	<1	<1	<01	0,03	0,4	<1	0,6	<5	<02	2,5	80	<02	<1	11	0,07	1,1	1,4
PAAS-S-103	13	<1	16900	0,05	4,6	0,6	0,8	15,8	0,03	10	30	0,13	3,8	41	15,59	27,9	5,6
PAAS-S-104	0,1	<1	<01	<02	0,2	<1	0,5	<5	<02	1,1	40	<02	<1	<2	0,07	1	0,4
PAAS-S-105	<1	<1	<01	<02	0,1	<1	0,3	<5	<02	0,4	30	<02	<1	<2	0,04	0,5	0,2
PAAS-S-106	<1	<1	<01	<02	0,2	<1	0,2	<5	<02	1	50	<02	<1	<2	0,09	0,5	0,5
PAAS-S-107	18,5	<1	6100	0,1	4,8	0,5	1	34,3	0,02	7,9	80	0,13	2	39	13,25	57	4,2
PAAS-S-108	2,4	<1	800	0,05	2,8	0,1	1,1	4,4	<02	9,1	50	0,03	0,3	28	0,95	4,6	8,4
PAAS-S-109	10,3	<1	600	0,04	4,1	0,3	1,1	11,7	<02	6,9	40	0,15	1,1	27	6,34	28,9	3,7
PAAS-S-110	<1	<1	<01	0,12	0,8	0,4	0,6	<5	<02	4,8	130	<02	0,1	60	0,06	1,1	3,7
PAAS-S-111	0,1	0,001	<01	0,1	0,9	0,4	4,3	0,5	<02	2,5	60	<02	0,1	75	0,17	1,9	1,8
PAAS-S-112	8,6	<1	100	0,05	2,7	0,2	0,4	14,5	<02	6,1	120	0,07	1,6	22	8,54	28,5	3,9
PAAS-S-113	9,6	<1	100	0,05	2,7	0,3	0,5	20,8	<02	6,4	120	0,08	1,4	22	10,41	39,8	4,4
PAAS-S-114	11,2	<1	<01	0,05	5,9	0,3	0,7	18,9	0,02	10,5	90	0,13	3,8	36	17,1	32,1	5,7
PAAS-S-115	11,7	<1	<01	0,05	4,7	0,2	0,8	11,3	0,03	9,6	30	0,13	1,5	42	14,97	48,7	2,2
PAAS-S-120	10,6	<1	1400	0,04	3,3	0,3	0,5	12,9	<02	6,4	110	0,09	2	27	11,1	35,2	5,1
PAAS-S-121	13,4	<1	100	0,11	5,1	0,3	0,9	14,9	0,04	10	50	0,14	1,5	37	16,22	60	3,2
PAAS-S-122	6,9	<1	100	0,03	2,4	0,2	0,4	8,2	<02	5,2	110	0,07	1,1	21	7,51	26,4	3,4
PAAS-S-123	9,7	<1	1700	0,07	4,3	0,3	0,8	11,7	0,02	9,2	50	0,16	2,1	39	14,99	47	6,7
PAAS-S-124	13,8	<1	700	0,05	4,9	0,2	0,9	13,8	0,03	10,4	50	0,15	2,1	36	17,76	82,9	4,4
PAAS-S-125	10,1	<1	400	0,08	5,2	0,2	0,9	12	0,04	11,7	40	0,15	2,4	33	18,96	50	5
PAAS-S-126	0,2	<1	100	0,29	0,4	0,1	5,8	<5	<02	3,1	70	<02	0,1	2	0,19	1	1
PAAS-S-127	10,1	<1	5300	0,05	4,1	0,4	0,6	12,9	0,02	9,8	30	0,13	3	38	13,39	25,3	6,3
PAAS-S-128	0,1	<1	<01	0,47	0,3	<1	4,6	<5	<02	4,1	140	<02	<1	<2	0,08	0,6	1,9
PAAS-S-129	8	<1	200	0,02	3,3	0,3	1,1	8,6	<02	5,7	30	0,11	1,3	26	4,9	18,2	3,2
PAAS-S-130	7,4	<1	<01	0,03	2,9	0,2	0,4	9,2	<02	7,3	40	0,11	1,5	21	14,58	20,1	2,9
PAAS-S-131	2,6	<1	200	0,03	1,3	0,4	1	2,5	<02	2,4	30	0,04	0,4	21	2,01	5,8	0,5
PAAS-S-132	9,9	0,001	13100	0,07	4,5	0,6	0,9	11,9	<02	7,7	40	0,11	2,2	46	10,81	30,2	4,3
PAAS-S-133	0,1	<1	<01	0,02	0,2	<1	0,4	<5	<02	1,1	40	<02	<1	<2	0,06	0,4	0,5
PAAS-S-134	0,2	<1	<01	0,02	0,9	0,1	0,5	<5	<02	4,7	70	<02	<1	<2	0,09	0,7	3,3
PAAS-S-135	<1	<1	<01	0,02	0,2	<1	0,5	<5	<02	0,8	60	<02	<1	<2	0,02	0,4	0,5
PAAS-S-136	7,2	<1	200	0,04	2,3	0,2	0,4	8,6	<02	5	130	0,07	1	19	7,79	32	3,5
PAAS-S-137	0,5	0,001	100	0,04	0,5	0,1	0,7	0,8	<02	3,6	60	<02	0,1	7	0,33	1,7	2,6
PAAS-S-138	12	0,001	500	0,07	4,5	0,3	0,9	10,6	<02	7,8	100	0,13	1,3	38	10,18	46	5,2
PAAS-S-139	5,4	<1	100	0,03	2	0,2	0,4	6,9	<02	4,3	100	0,06	0,8	17	5,45	20,7	2,5
PAAS-S-140	16	<1	11400	0,07	4,5	0,4	0,7	25,1	0,02	7,9	100	0,11	2,1	39	13,16	46,9	4,7
PAAS-S-141	11,9	<1	400	0,06	4,6	0,5	1	11,4	<02	6,9	70	0,15	1,6	45	10,54	35	3,4
PAAS-S-142	5,1	<1	200	<02	1,5	0,2	0,3	8,3	<02	3,6	80	0,05	0,5	11	3,87	21,8	1,5
PAAS-S-143	10,4	<1	300	0,05	4,6	0,4	0,7	10,6	<02	7,5	60	0,16	1,6	43	10,82	35,1	4,7
PAEV-S-001	14,6	<1	3400	0,07	4,3	0,5	0,7	27,9	<02	9,8	50	0,13	2,9	31	14,83	53	2,9
PAEV-S-002	11,6	0,001	1000	0,08	3,5	0,6	1,2	10,1	0,02	8,1	20	0,15	1	62	7,82	32	4,3
PAEV-S-003	8,5	<1	600	0,06	3,3	0,2	0,5	9,1	0,02	5,9	100	0,1	1,3	28	8,96	30	3,3
PAEV-S-004	7,2	0,001	200	0,04	2,3	0,2	0,3	12,3	<02	5,1	100	0,06	1,2	20	8,18	30,3	4
PAEV-S-005	12,6	0,001	300	0,05	4	0,2	0,6	15,1	<02	8,6	60	0,1	2,7	23	16,07	26,7	2,5
PAEV-S-006	0,1	<1	<01	0,02	0,7	<1	0,3	<5	<02	2,4	70	<02	<1	12	0,04	0,7	2
PAEV-S-007	<1	0,001	<01	0,03	0,5	0,1	0,5	<5	<02	2,9	100	<02	<1	21	0,04	0,7	2,5
PAEV-S-008	7,7	<1	100	0,04	3,4	0,4	1,1	7,5	<02	7	70	0,11	1,4	33	6,99	29,7	4

N Amostra	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Ga
PAEV-S-009	5	600	0,1	0,0002	1	<.5	<.1	0,08	<.01	<.01	0,8	0,1	14	0,01	1,23	1300	1,2
PAEV-S-010	18	6300	1,4	0,0019	1	43,1	0,4	0,1	300	0,02	32,3	5,9	15,8	0,81	6,56	12600	2,1
PAEV-S-011	26	12500	14,1	0,0007	2	36	1	0,26	900	0,02	59,6	10,3	31,6	1,24	14,89	25600	3,8
PAEV-S-012	27	8500	2,9	0,0005	1	75,4	0,5	0,11	1200	0,06	43,7	9,2	20,7	1,06	7,83	21000	2,8
PAEV-S-013	2	500	0,1	<.2	1	<.5	<.1	<.02	<.01	<.01	1	<.1	3,1	0,02	1,5	200	0,9
PAEV-S-014	2	600	0,1	<.2	1	<.5	<.1	<.02	<.01	<.01	0,6	<.1	3,2	0,02	1,08	400	0,9
PAEV-S-015	4	700	0,4	<.2	1	<.5	<.1	0,02	<.01	<.01	0,8	<.1	8	0,03	1,23	1600	0,9
PAEV-S-016	3	400	0,3	0,0002	1	<.5	<.1	0,02	<.01	<.01	0,5	<.1	4,2	0,01	0,76	700	0,6
PAEV-S-017	3	300	0,1	<.2	<.1	<.5	<.1	0,02	<.01	<.01	0,4	<.1	2,8	0,01	1,91	300	0,5
PAEV-S-018	7	1900	0,3	<.2	1	2,9	0,1	0,03	100	<.01	3,4	0,5	5,9	0,22	1,15	2200	1,4
PAEV-S-019	17	8700	3,9	0,0006	1	36,3	0,6	0,23	100	0,01	41,2	4,4	16,7	1,65	11,13	13500	2,4
PAEV-S-020	27	16100	10,8	0,0008	2	45,2	1,5	0,34	600	0,04	55,3	14,8	33,6	1,61	19,5	21600	5
PAEV-S-021	23	8900	6,6	0,0007	1	28,7	1,1	0,21	200	0,06	60,2	9,8	25,5	1,21	12,85	11700	3
PAEV-S-022	17	7400	0,6	<.2	1	37,8	0,5	0,1	300	0,02	32,1	5,3	19,7	0,93	6,66	13200	2,3
PAEV-S-023	<.2	200	<.1	0,0002	<.1	0,5	<.1	<.02	<.01	<.01	0,3	<.1	0,9	0,01	1,16	200	0,2
PAEV-S-024	3	1200	2,9	<.2	1	0,5	0,1	0,03	<.01	<.01	0,6	<.1	12,5	0,03	1,38	8300	1
PAEV-S-025	3	500	<.1	0,0002	<.1	<.5	<.1	0,02	<.01	<.01	1	<.1	5,8	0,01	1,83	400	1
PAEV-S-026	2	800	0,1	0,0002	1	0,5	0,1	<.02	<.01	<.01	0,7	<.1	3,4	0,02	0,45	700	0,9
PAJS-S-116	5	1900	3,5	0,0005	1	2,5	0,1	0,04	100	<.01	3,1	0,4	9,8	0,24	3,79	11700	1,1
PAJS-S-117	<.2	400	<.1	<.2	<.1	<.5	<.1	<.02	<.01	<.01	1,2	<.1	4,5	0,01	1,14	400	0,8
PAJS-S-118	<.2	700	<.1	<.2	1	<.5	<.1	<.02	<.01	<.01	0,7	<.1	3,6	0,02	1,67	700	0,8
PAJS-S-119	2	1200	<.1	<.2	1	0,7	<.1	<.02	<.01	<.01	0,9	0,1	3,3	0,02	0,58	1000	0,9

N Amostra	Ge	Hf	Hg	In	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Pt
PAEV-S-009	<.1	0,02	0,042	0,02	<.01	<.5	<.1	<.01	10	0,08	<.001	0,05	0,1	20	3,31	<.2
PAEV-S-010	<.1	0,1	0,093	<.02	500	14,9	6,4	1300	103	0,16	30	0,3	7,5	120	9,42	<.2
PAEV-S-011	<.1	0,13	0,07	0,04	1200	24,7	13,9	2600	177	0,47	100	0,32	14,2	130	18,78	<.2
PAEV-S-012	<.1	0,12	0,11	0,02	600	19,3	9	2100	513	0,16	40	0,37	9,9	290	11,22	<.2
PAEV-S-013	<.1	<.02	0,04	<.02	<.01	0,5	0,1	<.01	<.1	0,08	<.001	0,03	0,1	20	1,6	0,002
PAEV-S-014	<.1	<.02	0,029	<.02	<.01	<.5	0,1	<.01	<.1	0,06	<.001	0,02	0,1	10	1,28	<.2
PAEV-S-015	<.1	0,02	0,021	<.02	<.01	<.5	0,1	<.01	1	0,13	<.001	0,05	0,1	10	1,28	<.2
PAEV-S-016	<.1	<.02	0,035	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	1	0,06	<.001	0,02	0,1	10	1,09	<.2
PAEV-S-017	<.1	<.02	0,017	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	1	0,07	<.001	0,02	0,1	10	1,32	<.2
PAEV-S-018	<.1	<.02	0,05	<.02	200	1,7	1,4	300	25	0,18	130	0,07	1	50	2,47	<.2
PAEV-S-019	<.1	0,06	0,089	0,02	600	20,1	6,9	1200	21	0,11	70	0,04	6,3	50	15,36	<.2
PAEV-S-020	<.1	0,18	0,078	0,05	1400	23,4	22,2	4000	120	0,51	100	0,42	21,1	140	22,73	<.2
PAEV-S-021	<.1	0,14	0,096	0,03	600	24,8	8	1000	36	0,33	50	0,28	14,4	50	18,68	<.2
PAEV-S-022	<.1	0,1	0,098	0,02	500	15,1	8,4	1600	91	0,15	40	0,3	9,3	150	9,01	<.2
PAEV-S-023	<.1	<.02	0,053	<.02	<.01	<.5	0,1	<.01	<.1	0,03	<.001	0,03	0,1	10	0,61	<.2
PAEV-S-024	<.1	<.02	0,067	<.02	<.01	<.5	0,1	<.01	<.1	0,21	<.001	0,06	0,1	10	1,96	<.2
PAEV-S-025	<.1	<.02	0,04	0,02	<.01	<.5	<.1	<.01	1	0,05	<.001	0,05	0,1	10	2,68	0,002
PAEV-S-026	<.1	<.02	0,052	<.02	<.01	<.5	0,1	<.01	1	0,06	<.001	0,02	0,3	30	1,24	<.2
PAJS-S-116	<.1	0,02	0,402	0,02	100	1,5	0,4	100	11	0,28	10	0,08	0,6	80	4,46	<.2
PAJS-S-117	<.1	0,02	0,054	0,02	<.01	0,6	0,2	<.01	<.1	0,06	<.001	0,05	0,1	10	1,89	<.2
PAJS-S-118	<.1	<.02	0,042	<.02	<.01	<.5	<.1	<.01	1	0,08	<.001	0,06	0,2	10	1,05	<.2
PAJS-S-119	<.1	<.02	0,057	<.02	<.01	<.5	0,2	<.01	1	0,05	<.001	0,03	0,2	60	1,23	0,002

N Amostra	Rb	Re	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Te	Th	Ti	Tl	U	V	Y	Zn	Zr
PAEV-S-009	<.1	<.1	<.01	0.15	0.4	0.1	2	<.5	<.02	3.5	160	<.02	<.1	6	0.05	1.9	1.2
PAEV-S-010	7	<.1	400	0.04	2.2	0.2	0.3	8.6	<.02	5.1	90	0.07	1.2	18	7.43	24.9	3.9
PAEV-S-011	13.9	<.1	7600	0.08	5.1	0.4	0.7	26.3	0.02	10.9	40	0.14	3.1	40	17.13	32.2	4.6
PAEV-S-012	9.7	<.1	200	0.05	2.8	0.3	0.4	16.3	<.02	6.1	100	0.09	1.4	22	9.76	37.4	4
PAEV-S-013	<.1	<.1	<.01	<.02	0.3	0.1	0.3	<.5	<.02	1.3	60	<.02	<.1	<.2	0.09	0.9	0.4
PAEV-S-014	<.1	<.1	<.01	<.02	0.2	<.1	0.3	<.5	<.02	1	50	<.02	<.1	<.2	0.09	0.7	0.4
PAEV-S-015	0.1	<.1	<.01	0.02	0.3	<.1	0.3	<.5	<.02	1.6	50	<.02	<.1	7	0.1	0.7	0.8
PAEV-S-016	<.1	<.1	<.01	0.04	0.2	<.1	0.3	<.5	<.02	1.4	50	<.02	<.1	2	0.05	0.9	0.7
PAEV-S-017	<.1	0.001	<.01	<.02	0.1	<.1	0.2	<.5	<.02	0.7	50	<.02	<.1	<.2	0.04	0.6	0.3
PAEV-S-018	1.5	0.001	300	0.02	0.5	0.1	0.4	2.3	<.02	1.3	40	<.02	0.2	7	0.72	3.3	0.4
PAEV-S-019	9	<.1	700	0.06	3.4	0.2	0.5	8.6	<.02	8.4	20	0.13	1.4	21	9.47	19	1.6
PAEV-S-020	17.5	<.1	3500	0.11	5.8	0.4	1	21.2	0.02	10.5	60	0.15	2.2	44	16.52	73.5	6.1
PAEV-S-021	6.7	<.1	2000	0.09	3.9	0.4	0.6	9	0.02	9.2	30	0.14	2.8	37	16.53	21.1	4.4
PAEV-S-022	6.2	<.1	400	0.04	2.3	0.2	0.3	8.8	<.02	4.8	110	0.07	1	19	7.26	23.8	3.3
PAEV-S-023	0.1	<.1	<.01	<.02	0.1	<.1	0.2	<.5	<.02	0.3	20	<.02	<.1	<.2	0.04	0.3	0.1
PAEV-S-024	0.1	<.1	100	0.06	0.4	0.3	0.3	<.5	<.02	1	40	<.02	0.1	26	0.07	0.8	0.8
PAEV-S-025	<.1	<.1	<.01	<.02	0.3	<.1	0.7	<.5	<.02	2	80	<.02	<.1	2	0.15	0.5	0.8
PAEV-S-026	<.1	<.1	<.01	<.02	0.3	<.1	0.6	<.5	<.02	1.1	30	<.02	<.1	<.2	0.08	1.5	0.4
PAJS-S-116	1	0.001	400	0.22	0.8	0.1	7.6	1	<.02	3.8	50	<.02	0.2	26	0.49	4.3	1.2
PAJS-S-117	<.1	<.1	<.01	<.02	0.4	0.1	0.6	<.5	<.02	2.3	60	<.02	<.1	<.2	0.13	0.8	1.1
PAJS-S-118	<.1	<.1	<.01	0.02	0.3	0.1	0.3	<.5	<.02	1.2	50	<.02	<.1	2	0.1	0.7	0.9
PAJS-S-119	<.1	<.1	<.01	<.02	0.3	0.2	0.2	<.5	<.02	1	20	<.02	<.1	2	0.11	2	0.4

## **Anexo H: Água de Superfície – Parâmetros Estatísticos**

Correlations (nepa\_as.sta)

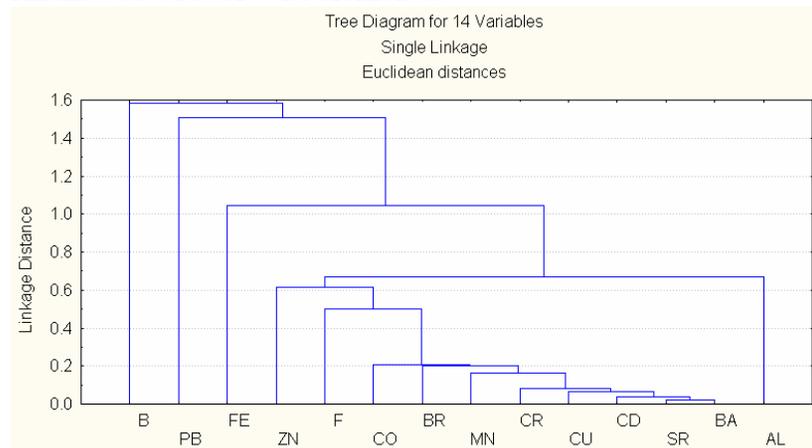
Marked correlations are significant at  $p < .05000$

N=73 (Casewise deletion of missing data)

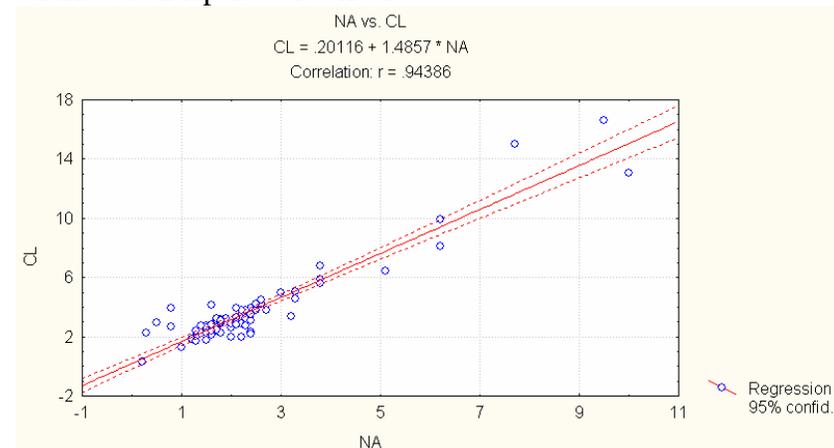
**Matriz de Correlação - Água de Superfície**

	AL	B	BA	CA	CD	CO	CR	CU	FE	MG	MN	PB	SR	ZN	F	CL	BR	SO4	NA	K
AL	1.000	0.492	0.238	0.279	<b>0.665</b>	-0.073	0.271	0.582	0.324	0.111	-0.039	<b>0.768</b>	0.136	<b>0.618</b>	0.501	0.082	-0.066	0.182	0.128	-0.048
B	0.492	1.000	0.206	0.483	0.311	-0.060	-0.003	0.424	0.366	0.322	0.234	<b>0.624</b>	0.278	0.592	-0.095	0.304	0.095	0.384	0.357	0.083
BA	0.238	0.206	1.000	0.484	0.203	-0.012	0.095	0.180	0.310	0.567	0.409	0.229	<b>0.691</b>	0.283	0.149	0.177	-0.002	0.496	0.261	0.143
CA	0.279	0.483	0.484	1.000	0.150	-0.040	-0.117	0.201	0.567	0.583	0.344	0.434	<b>0.813</b>	0.459	0.116	0.527	0.200	0.378	0.579	0.407
CD	<b>0.665</b>	0.311	0.203	0.150	1.000	0.016	0.385	<b>0.721</b>	0.167	-0.065	-0.094	0.522	0.055	0.472	0.448	-0.083	-0.124	-0.061	-0.031	-0.130
CO	-0.073	-0.060	-0.012	-0.040	0.016	1.000	0.102	0.007	0.207	0.033	0.062	-0.065	0.043	-0.045	0.003	0.035	-0.031	0.011	0.061	-0.027
CR	0.271	-0.003	0.095	-0.117	0.385	0.102	1.000	0.306	-0.010	-0.035	0.024	-0.052	0.122	-0.117	0.225	-0.096	-0.053	-0.109	0.041	-0.271
CU	0.582	0.424	0.180	0.201	<b>0.721</b>	0.007	0.306	1.000	0.238	0.014	-0.100	0.547	0.095	0.573	0.212	-0.048	-0.059	-0.015	0.028	-0.114
FE	0.324	0.366	0.310	0.567	0.167	0.207	-0.010	0.238	1.000	0.403	0.200	0.284	0.467	0.307	0.066	0.315	0.128	0.255	0.371	0.365
MG	0.111	0.322	0.567	0.583	-0.065	0.033	-0.035	0.014	0.403	1.000	<b>0.656</b>	0.133	<b>0.823</b>	0.180	0.055	<b>0.740</b>	0.323	<b>0.709</b>	<b>0.720</b>	0.210
MN	-0.039	0.234	0.409	0.344	-0.094	0.062	0.024	-0.100	0.200	<b>0.656</b>	1.000	-0.018	0.542	0.031	0.010	0.427	0.286	0.243	0.439	0.083
PB	<b>0.768</b>	<b>0.624</b>	0.229	0.434	0.522	-0.065	-0.052	0.547	0.284	0.133	-0.018	1.000	0.126	<b>0.935</b>	0.309	0.188	-0.028	0.185	0.196	0.038
SR	0.136	0.278	<b>0.691</b>	<b>0.813</b>	0.055	0.043	0.122	0.095	0.467	0.823	0.542	0.126	1.000	0.164	0.105	0.554	0.210	0.540	<b>0.601</b>	0.259
ZN	<b>0.618</b>	0.592	0.283	0.459	0.472	-0.045	-0.117	0.573	0.307	0.180	0.031	<b>0.935</b>	0.164	1.000	0.229	0.183	-0.027	0.230	0.190	0.043
F	0.501	-0.095	0.149	0.116	0.448	0.003	0.225	0.212	0.066	0.055	0.010	0.309	0.105	0.229	1.000	0.091	-0.020	-0.040	0.110	0.000
CL	0.082	0.304	0.177	0.527	-0.083	0.035	-0.096	-0.048	0.315	<b>0.740</b>	0.427	0.188	0.554	0.183	0.091	1.000	0.399	0.444	<b>0.944</b>	0.303
BR	-0.066	0.095	-0.002	0.200	-0.124	-0.031	-0.053	-0.059	0.128	0.323	0.286	-0.028	0.210	-0.027	-0.020	0.399	1.000	0.084	0.290	0.190
SO4	0.182	0.384	0.496	0.378	-0.061	0.011	-0.109	-0.015	0.255	<b>0.709</b>	0.243	0.185	0.540	0.230	-0.040	0.444	0.084	1.000	0.449	0.136
NA	0.128	0.357	0.261	0.579	-0.031	0.061	0.041	0.028	0.371	<b>0.720</b>	0.439	0.196	<b>0.601</b>	0.190	0.110	<b>0.944</b>	0.290	0.449	1.000	0.298
K	-0.048	0.083	0.143	0.407	-0.130	-0.027	-0.271	-0.114	0.365	0.210	0.083	0.038	0.259	0.043	0.000	0.303	0.190	0.136	0.298	1.000

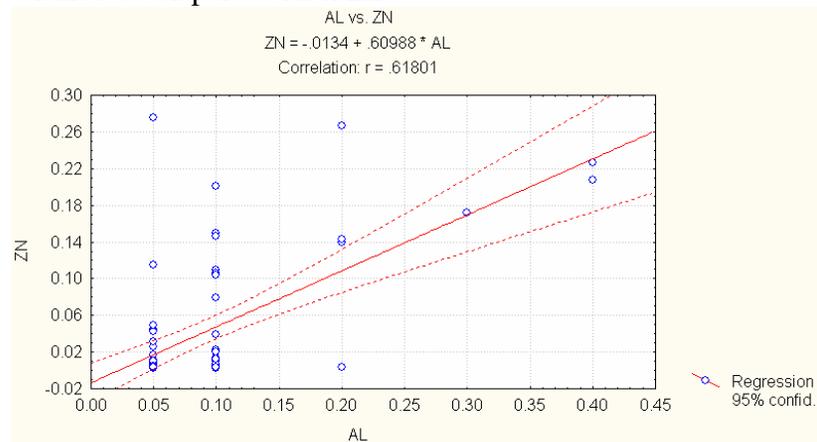
### Análise de Cluster – 14 elementos



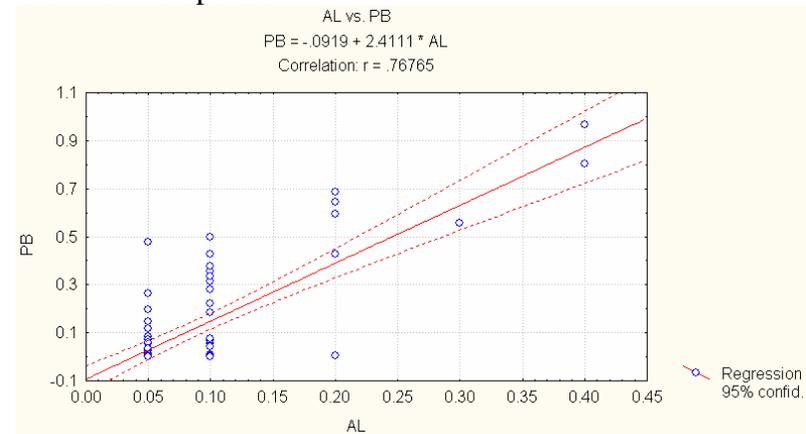
### Gráfico de Dispersão Na x Cl



### Gráfico de dispersão Al x Zn



### Gráfico de dispersão Al x Pb



**Anexo I: Sedimento de Corrente: Parâmetros Estatísticos**

Factor Loadings (Unrotated) (comp\_principals.sta)  
 Extraction: Principal components  
 (Marked loadings are > .700000)

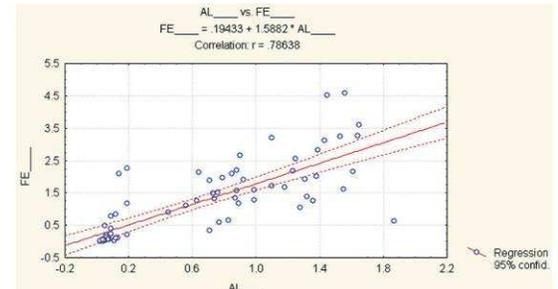
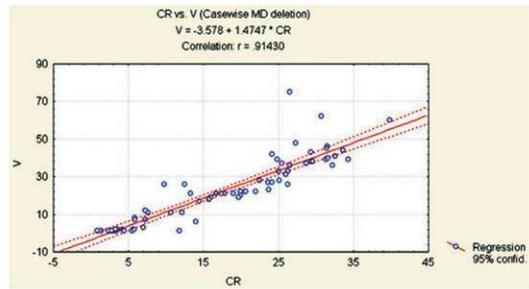
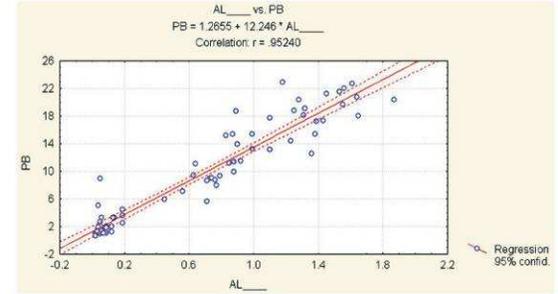
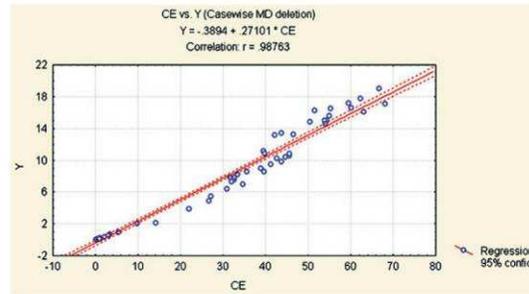
	Factor 1	Factor 2
AG	-0.072060879	0.456876965
<b>AL</b>	<b>0.952917387</b>	<b>0.115589721</b>
AS	-0.437040662	0.277214296
AU_PP_B	-0.63845426	-0.014687299
B	-0.49264398	0.423396213
BA	-0.261984109	0.286584675
BE	-0.788560773	0.159062928
BI	-0.549814975	0.502557109
<b>CA</b>	<b>-0.899199013</b>	<b>0.062159245</b>
CD	-0.825992321	-0.120459244
<b>CE</b>	<b>0.931413277</b>	<b>0.181508978</b>
CO	-0.686394869	0.511477691
CR	0.904127786	-0.153482431
CS	0.851005866	0.057199817
CU	0.933811114	0.165935725
FE	0.849762796	0.046261867
GA	0.797322831	-0.073422151
HF	-0.686294499	0.348986246
HG_PP_B	0.568613208	-0.278695876
IN	-0.678440142	0.394620831
<b>K</b>	<b>-0.899073751</b>	<b>0.062280693</b>
LA	-0.650595423	0.247776868
LI	0.926572747	0.22471705
MG	0.894150734	0.248245972
MN	0.600613919	0.194651617
MO	0.553314221	-0.17851408
NA	0.310187598	0.188142133
NB	0.834400628	0.075243832
NI	0.903286832	0.232044507
P	0.661890367	0.1246807
PB	0.942135263	0.067146601
RB	0.963259744	0.195289053
S	0.452890462	0.108192248
SB	0.137839118	-0.61651973
SC	0.953647311	0.084221013
SE	0.779001698	-0.036782889
SN	-5.77278E-05	-0.7200275
SR	0.889120236	0.230177557
TH	0.926076283	-0.055459912
TI	0.050351772	-0.28975472
TL	0.937237736	0.16880055
U	0.880361544	0.17484507
V	0.77684334	-0.232277713
Y	0.916932116	0.213123274
ZN	0.900397405	0.217770725
ZR	0.822646275	-0.115415631

Correlations (matriz\_cor\_27.sta)

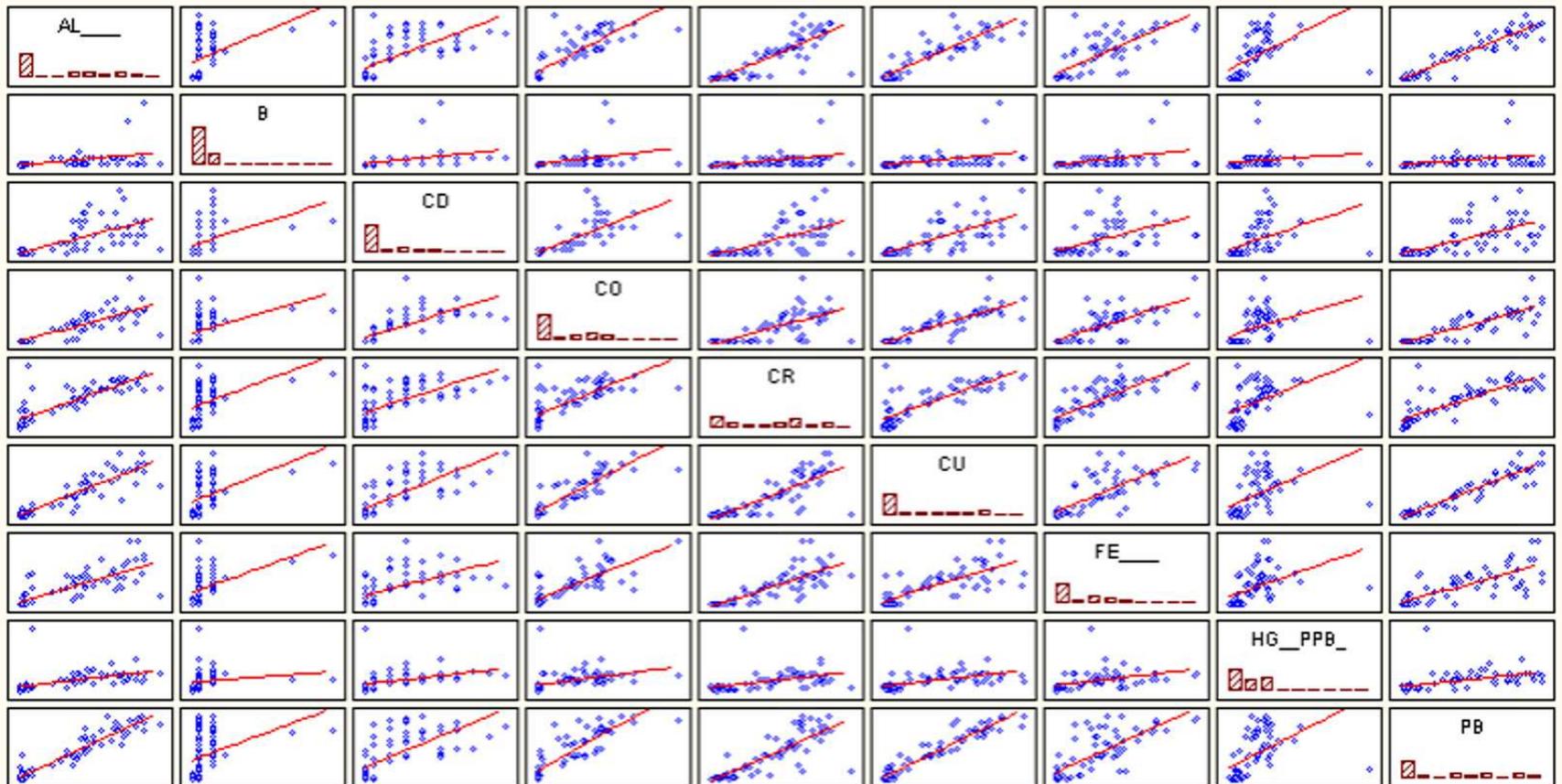
Marked correlations are significant at p < .05000

N=29 (Casewise deletion of missing data)

	AL	BE	CA	CD	CE	CR	CS	CU	FE	GA	HG_PP_B	LI	MG	NB	PB	RB	SC	SE	SR	TH	TL	U	V	Y	
AL	1																								
BE	0.871	1																							
CA	0.329	0.505	1																						
CD	0.522	0.709	0.822	1																					
CE	-0.474	-0.537	-0.728	-0.821	1																				
CR	-0.444	-0.527	-0.717	-0.807	0.975	1																			
CS	0.757	0.521	-0.207	-0.016	0.096	1	1																		
CU	-0.413	-0.477	-0.718	-0.796	0.984	0.149	1	1																	
FE	0.023	-0.012	-0.426	-0.581	0.722	0.386	0.758	1	1																
GA	-0.286	-0.459	-0.773	-0.825	0.968	0.268	0.958	0.734	1																
HG_PP_B	-0.466	-0.545	-0.720	-0.813	0.981	0.999	0.081	0.987	0.712	0.963	1														
K	0.756	0.827	0.829	0.848	-0.840	-0.821	0.218	-0.805	-0.349	-0.772	-0.834	1													
LI	-0.428	-0.492	-0.712	-0.803	0.997	0.959	0.146	0.992	0.755	0.935	0.966	-0.807	1												
MG	0.752	0.844	0.837	0.848	-0.799	-0.784	0.235	-0.762	-0.284	-0.749	-0.796	0.990	-0.762	1											
NB	0.648	0.702	0.768	0.937	-0.826	-0.803	0.118	-0.798	-0.555	-0.768	-0.815	0.879	-0.805	0.857	1										
PB	-0.424	-0.501	-0.730	-0.810	0.993	0.992	0.139	0.998	0.746	0.967	0.994	-0.818	0.986	-0.778	-0.808	1									
RB	-0.418	-0.480	-0.702	-0.798	0.997	0.970	0.150	0.997	0.765	0.944	0.975	-0.798	0.999	-0.754	-0.800	0.992	1								
SC	-0.184	-0.270	-0.694	-0.713	0.943	0.945	0.361	0.966	0.823	0.959	0.941	-0.670	0.949	-0.629	-0.689	0.962	0.958	1							
SE	0.614	0.584	0.511	0.584	-0.769	-0.725	0.095	-0.746	-0.327	-0.647	-0.748	0.756	-0.759	0.693	0.693	-0.744	-0.751	-0.634	1						
SR	-0.458	-0.511	-0.693	-0.803	0.997	0.959	0.109	0.991	0.746	0.927	0.967	-0.812	0.999	-0.768	-0.811	0.985	0.998	0.940	-0.765	1					
TH	-0.361	-0.442	-0.717	-0.778	0.965	0.994	0.180	0.982	0.753	0.977	0.990	-0.778	0.954	-0.740	-0.772	0.989	0.966	0.971	-0.700	0.951	1				
TL	0.842	0.874	0.622	0.837	-0.845	-0.823	0.375	-0.805	-0.413	-0.736	-0.838	0.926	0.815	0.907	0.878	-0.816	-0.810	-0.638	0.778	-0.832	0.763	1			
U	0.340	0.479	-0.175	-0.021	0.431	0.402	0.525	0.482	0.604	0.419	0.391	-0.010	0.470	0.030	-0.063	0.450	0.482	0.632	-0.142	0.459	0.479	0.047	1		
V	-0.471	-0.548	-0.736	-0.830	0.995	0.992	0.092	0.996	0.729	0.961	0.995	-0.844	0.986	-0.806	-0.829	0.998	0.990	0.947	-0.750	0.986	0.982	-0.847	0.408	1	
Y	-0.425	-0.473	-0.712	-0.790	0.996	0.961	0.146	0.994	0.755	0.933	0.967	-0.805	0.999	-0.760	-0.800	0.987	0.998	0.954	-0.758	0.998	0.957	-0.806	0.496	0.986	1
ZN	-0.474	-0.537	-0.724	-0.820	0.999	0.965	0.101	0.992	0.731	0.935	0.972	-0.837	0.998	-0.795	-0.826	0.988	0.997	0.938	-0.772	0.999	0.995	-0.845	0.431	0.990	0.997
ZR	-0.343	-0.437	-0.706	-0.742	0.946	0.975	0.180	0.963	0.711	0.975	0.969	-0.767	0.934	-0.739	-0.711	0.969	0.946	0.961	-0.669	0.931	0.985	-0.743	0.484	0.963	0.938



## Correlations (NEPA\_S~2.STA 58v\*74c)



**Anexo J:**

Tabela DATASUS – Morbidade Hospitalar por Local de Residência – Pará – 1998 / 2005

Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Pará  
 Óbitos por Lista Morb CID-10 e Ano competência  
 Município: Belém  
 Período:Jan/1995-Fev/2005

Lista Morb CID-10	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Total
01 Algumas doenças infecciosas e parasitárias	292	352	455	436	389	437	417	84	2862
.. Febres tifóide e paratífóide	0	0	0	0	0	0	0	2	2
.. Amebíase	0	0	0	0	0	0	1	0	1
.. Diarréia e gastroenterite origem infec presum	23	6	2	2	3	4	3	0	43
.. Outras doenças infecciosas intestinais	30	29	21	14	31	43	41	14	223
.. Tuberculose respiratória	21	28	29	36	17	27	30	0	188
.... Tuberculose pulmonar	0	0	2	3	9	27	28	0	69
.... Outras tuberculosas respiratórias	21	28	27	33	8	0	2	0	119
.. Outras tuberculosas	3	2	6	7	4	3	6	0	31
.... Tuberculose do sistema nervoso	2	1	1	4	4	0	1	0	13
.... Tuberc intest peritônio glângl mesentéricos	0	0	1	0	0	0	1	0	2
.... Tuberculose óssea e das articulações	1	0	0	0	0	0	0	0	1
.... Restante de outras tuberculosas	0	1	4	3	0	3	4	0	15
.. Hanseníase [lepra]	0	0	0	0	1	0	0	0	1
.. Tétano neonatal	0	0	1	0	0	0	0	0	1
.. Outros tétanos	5	0	1	2	2	1	0	0	11
.. Infecção meningocócica	2	0	1	2	4	1	1	0	11
.. Septicemia	101	198	291	276	210	210	175	34	1495
.. Outras doenças bacterianas	27	21	18	22	32	43	62	12	237
.... Leptospirose icterohemorrágica	0	0	0	0	0	0	1	0	1
.... Outras formas de leptospirose	2	0	0	0	1	0	0	0	3
.... Leptospirose não especificada	17	13	7	8	2	7	6	0	60
.... Restante de outras doenças bacterianas	8	8	11	14	29	36	55	12	173
.. Sífilis congênita	1	1	1	1	1	1	0	1	7
.. Encefalite viral	0	1	0	1	0	0	0	0	2
.. Outras febre p/arbóvírus e febr hemorr p/vírus	4	0	1	0	1	0	0	0	6
.... Dengue [dengue clássico]	3	0	1	0	1	0	0	0	5
.... Restante outr febr arbóvírus febr hemorr vírus	1	0	0	0	0	0	0	0	1
.. Varicela e herpes zoster	0	0	0	0	0	1	1	0	2
.. Hepatite aguda B	0	0	0	0	3	1	4	2	10
.. Outras hepatites virais	5	7	5	8	3	4	2	0	34
.. Doença pelo vírus da imunodeficiência humana [HIV]	63	57	69	54	63	88	77	16	487
.. Outras doenças virais	2	1	1	2	3	1	1	0	11
.... Meningite viral	2	1	1	2	3	1	1	0	11
.. Micoses	2	0	2	1	4	5	5	0	19
.. Malária	1	1	1	0	0	0	0	0	3
.... Malária não especificada	1	1	1	0	0	0	0	0	3
.. Leishmaniose	0	0	0	0	0	0	1	1	2
.... Leishmaniose cutânea	0	0	0	0	0	0	1	1	2
.. Esquistossomose	1	0	0	0	0	0	0	0	1
.. Outras helmintíases	0	0	0	0	0	1	1	0	2
.. Outras doenças infecciosas e parasitárias	1	0	5	8	7	3	6	2	32
02 Neoplasias (tumores)	184	131	85	166	289	358	374	60	1647
.. Neoplasia maligna do lábio cavidade oral e faringe	1	5	1	6	5	19	23	2	62
.. Neoplasia maligna do esôfago	9	1	8	10	4	9	7	2	50
.. Neoplasia maligna do estômago	12	12	10	18	34	47	51	6	190
.. Neoplasia maligna do cólon	4	9	11	10	16	13	13	1	77
.. Neopl malign junção retoes reto ânus canal anal	2	2	0	1	8	7	6	1	27
.. Neopl malign fígado e vias biliares intra-hepát	4	3	0	4	7	11	8	4	41
.. Neoplasia maligna do pâncreas	1	0	2	4	3	6	12	1	29
.. Outras neoplasias malignas de órgãos digestivos	6	1	3	2	14	6	14	4	50
.. Neoplasias malignas de laringe	3	2	3	3	3	6	2	1	23
.. Neoplasia maligna de traquéia brônquios e pulm	12	13	1	13	9	21	18	5	92
.. Outras neopl malign órg respirat e intratorác	5	4	2	1	2	5	6	2	27
.. Neoplasia maligna do osso e cartilagem articul	11	4	5	8	7	8	7	0	50
.. Neoplasia maligna da pele	0	1	0	0	1	2	3	0	7
.. Outras neoplasias malignas da pele	0	0	0	2	3	4	0	1	10
.. Neopl malign do tecido mesotelial e tec moles	6	2	0	3	0	8	6	2	27
.. Neoplasia maligna da mama	10	12	1	8	8	17	23	3	82
.. Neoplasia maligna do colo do útero	23	11	1	15	14	31	21	6	122
.. Neopl malign outr porções e porç não espec útero	0	1	0	0	4	8	9	1	23
.. Outras neopl malignas órgãos genitais femininos	4	2	4	4	3	5	5	2	29
.. Neoplasia maligna da próstata	3	0	1	1	2	3	5	4	19
.. Outras neopl malignas órgãos genit masculinos	0	2	0	1	2	2	5	0	12
.. Neoplasia maligna da bexiga	1	2	1	2	2	3	1	0	12
.. Outras neoplasias malignas do trato urinário	6	0	0	3	2	4	6	0	21
.. Neoplasia maligna dos olhos e anexos	4	2	0	0	1	3	3	0	13
.. Neoplasia maligna do encéfalo	15	8	10	15	17	18	24	3	110
.. Neopl malign outras partes sistema nerv central	0	1	1	0	0	2	1	0	5

## Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Pará

Óbitos por Lista Morb CID-10 e Ano competência

Município: Belém

Período: Jan/1995-Fev/2005

Lista Morb CID-10	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Total
.. Neopl maligna local mal def secund e não esp	4	10	15	16	62	16	10	2	135
.. Doença de Hodgkin	0	1	0	2	4	1	4	1	13
.. Linfoma não-Hodgkin	8	0	0	1	6	7	9	1	32
.. Leucemia	25	17	1	10	19	37	32	3	144
.. Outras neopl malign tecidos linfóid hemat e rel	1	1	0	0	0	2	2	0	6
.. Neoplasia benigna da pele	0	0	0	0	0	1	0	0	1
.. Leiomioma do útero	1	0	0	0	0	0	1	0	2
.. Neopl benigna encéfalo e outr part sist nerv cent	0	0	0	0	1	2	5	1	9
.. Outr neopl in situ benigns e comport incoer desc	3	2	4	3	26	24	32	1	95
03 Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	28	34	50	41	31	17	17	5	223
.. Anemia por deficiência de ferro	2	0	3	10	2	3	0	0	20
.. Outras anemias	24	22	38	23	18	12	15	3	155
.. Afecç hemorrág e outr doenc sang e órg hematop	2	12	9	8	11	2	2	2	48
04 Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	88	121	171	162	77	56	58	4	737
.. Outros transtornos tireoidianos	1	2	2	1	0	0	0	0	6
.. Diabetes mellitus	36	60	59	51	44	31	32	1	314
.. Desnutrição	15	22	19	22	9	9	8	0	104
.. Obesidade	0	0	0	0	1	1	0	0	2
.. Depleção de volume	21	29	86	81	17	12	15	2	263
.. Outros transt endócrinos nutricionais metabólic	15	8	5	7	6	3	3	1	48
05 Transtornos mentais e comportamentais	0	2	1	4	2	2	2	0	13
.. Transt ment comport dev uso outr subst psicoat	0	0	0	0	0	0	1	0	1
.. Esquizofrenia transt esquizotípicos e delirant	0	2	1	3	1	2	1	0	10
.. Transtornos de humor [afetivos]	0	0	0	1	1	0	0	0	2
06 Doenças do sistema nervoso	243	268	317	245	81	54	44	10	1262
.. Doenças inflamatórias do sistema nervoso centr	16	13	19	14	9	8	6	1	86
.... Meningite bacteriana não classif outra parte	13	11	10	12	3	2	2	1	54
.... Mening dev outras causas e causas não especif	1	0	2	0	1	0	0	0	4
.... Restante doenças inflamat sist nervoso centr	2	2	7	2	5	6	4	0	28
.. Esclerose múltiplas	0	0	0	0	0	0	0	1	1
.. Epilepsia	3	6	9	3	5	1	3	0	30
.. Enxaqueca e outras síndromes de algias cefálic	0	1	1	0	0	0	0	0	2
.. Acid vascular cerebr isquêm transit e síndr cor	175	196	230	179	40	9	19	7	855
.. Transtornos dos nervos raízes e plexos nervosos	2	0	0	0	0	1	0	0	3
.. Paralisia cerebral e outras síndromes paralít	1	0	0	1	0	2	0	0	4
.. Outras doenças do sistema nervoso	46	52	58	48	27	33	16	1	281
07 Doenças do olho e anexos	0	0	1	0	0	0	1	0	2
.. Glaucoma	0	0	1	0	0	0	0	0	1
.. Outras doenças do olho e anexos	0	0	0	0	0	0	1	0	1
09 Doenças do aparelho circulatório	290	284	307	335	434	467	434	81	2632
.. Febre reumática aguda	2	2	0	2	1	1	0	0	8
.. Doença reumática crônica do coração	3	5	3	6	8	7	13	1	46
.. Hipertensão essencial (primária)	11	9	21	32	32	23	10	2	140
.. Outras doenças hipertensivas	10	9	4	2	6	5	17	2	55
.. Infarto agudo do miocárdio	23	25	42	22	19	18	23	7	179
.. Outras doenças isquêmicas do coração	11	18	27	29	20	28	37	3	173
.. Embolia pulmonar	4	4	2	4	2	5	4	0	25
.. Transtornos de condução e arritmias cardíacas	10	4	3	9	5	7	7	3	48
.. Insuficiência cardíaca	149	134	133	129	119	121	112	19	916
.. Outras doenças do coração	21	16	26	31	24	11	13	3	145
.. Hemorragia intracraniana	7	25	18	15	41	51	29	7	193
.. Infarto cerebral	0	0	1	0	7	4	1	0	13
.. Acid vascular cerebr não espec hemorrág ou isq	18	8	10	10	126	175	146	30	523
.. Outras doenças cerebrovasculares	9	10	10	31	17	4	4	2	87
.. Outras doenças vasculares periféricas	2	0	0	2	0	2	3	0	9
.. Embolia e trombose arteriais	2	2	2	5	1	1	3	0	16
.. Outras doenças das artérias arteríolas e capil	3	7	2	3	5	4	8	2	34
.. Flebite tromboflebite embolia e trombose venosa	2	5	0	1	1	0	2	0	11
.. Hemorroidas	1	0	0	0	0	0	0	0	1
.. Outras doenças do aparelho circulatório	2	1	3	2	0	0	2	0	10
10 Doenças do aparelho respiratório	290	359	350	387	412	414	423	90	2725
.. Laringite e traqueíte agudas	0	0	0	0	3	0	0	0	3
.. Outras infecções agudas das vias aéreas super	1	0	0	0	1	0	0	0	2
.. Influenza [gripe]	0	0	0	0	2	1	3	0	6
.. Pneumonia	93	98	75	98	97	148	149	33	791
.. Bronquite aguda e bronquiolite aguda	0	3	0	1	0	0	1	0	5
.. Outras doenças do nariz e dos seios paranasais	0	0	0	1	0	0	0	0	1
.. Outras doenças do trato respiratório superior	0	1	2	0	0	1	5	0	9
.. Bronquite enfisema e outr doenc pulm obstr crôn	50	74	60	54	50	39	40	5	372

Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Pará  
 Óbitos por Lista Morb CID-10 e Ano competência  
 Município: Belém  
 Período:Jan/1995-Fev/2005

Lista Morb CID-10	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Total
.. Asma	7	8	1	2	4	6	3	1	32
.. Bronquiectasia	0	3	1	4	3	4	5	0	20
.. Pneumoconiose	0	0	0	1	0	0	0	0	1
.. Outras doenças do aparelho respiratório	139	172	211	226	252	215	217	51	1483
11 Doenças do aparelho digestivo	213	200	217	239	194	185	188	33	1469
.. Outr doenç cavidade oral glând saliv e maxilar	0	0	0	0	1	0	0	0	1
.. Úlcera gástrica e duodenal	8	9	8	10	22	13	13	2	85
.. Gastrite e duodenite	31	5	9	3	2	6	6	0	62
.. Outras doenças do esôfago estômago e duodeno	1	8	3	9	10	4	5	3	43
.. Doenças do apêndice	2	4	1	2	4	1	0	0	14
.. Hérnia inguinal	1	1	1	3	1	3	0	0	10
.. Outras hérnias	4	6	7	2	5	3	3	0	30
.. Doença de Crohn e colite ulcerativa	3	0	0	1	0	2	3	0	9
.. Ileo paralítico e obstrução intestinal s/hérnia	19	20	31	27	25	31	41	4	198
.. Doença diverticular do intestino	2	0	1	2	1	1	0	1	8
.. Outras doenças dos intestinos e peritônio	13	22	16	12	25	19	19	3	129
.. Doença alcoólica do fígado	10	8	2	7	5	9	16	3	60
.. Outras doenças do fígado	50	57	48	59	43	39	41	9	346
.. Colelitíase e colecistite	18	13	13	10	5	12	15	1	87
.. Pancreatite aguda e outras doenças do pâncreas	7	1	9	4	9	5	4	0	39
.. Outras doenças do aparelho digestivo	44	46	68	88	36	37	22	7	348
12 Doenças da pele e do tecido subcutâneo	5	13	6	7	15	28	25	8	107
.. Infecções da pele e do tecido subcutâneo	2	4	0	1	9	23	19	5	63
.. Outras doenças da pele e do tecido subcutâneo	3	9	6	6	6	5	6	3	44
13 Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	6	6	18	19	17	11	10	1	88
.. Artrite reumatóide e outr poliartropatias infl	1	0	1	2	4	0	3	0	11
.. Artrose	0	2	1	0	0	0	0	0	3
.. Outros transtroncos articulares	0	0	0	3	0	0	0	0	3
.. Doenças sistêmicas do tecido conjuntivo	1	3	2	6	7	4	3	0	26
.. Transt discais cervic e outr transt disc interv	2	0	0	0	0	1	0	1	4
.. Outras dorsopatias	0	1	4	0	0	3	3	0	11
.. Transtornos do tecido mole	2	0	9	7	4	0	0	0	22
.. Osteomielite	0	0	1	1	2	1	0	0	5
.. Outras doenças sist osteomuscular e tec conjunt	0	0	0	0	0	2	1	0	3
14 Doenças do aparelho geniturinário	77	95	127	107	93	89	99	16	703
.. Síndrome nefríticas aguda e rapidamente progres	0	4	1	0	1	1	1	0	8
.. Outras doenças glomerulares	21	29	55	43	11	2	3	0	164
.. Doenças renais túbulo-intersticiais	5	10	14	6	4	7	13	0	59
.. Insuficiência renal	32	42	42	42	60	64	63	13	358
.. Urolitíase	3	3	1	0	2	3	6	1	19
.. Cistite	0	0	0	0	1	0	2	0	3
.. Outras doenças do aparelho urinário	7	3	9	7	6	8	6	2	48
.. Hiperplasia da próstata	1	3	4	6	2	2	3	0	21
.. Outros transtornos da próstata	5	0	0	1	0	0	0	0	6
.. Outras doenças dos órgãos genitais masculinos	1	0	0	1	2	0	0	0	4
.. Salpingite e ooforite	1	0	0	1	0	0	0	0	2
.. Outras doenças inflamát órgãos pélvicos femin	1	1	0	0	0	1	1	0	4
.. Endometriose	0	0	0	0	2	0	0	0	2
.. Transt não-inflam ovário tromp Falópio lig larg	0	0	0	0	0	1	0	0	1
.. Outros transtornos do aparelho geniturinário	0	0	1	0	2	0	1	0	4
15 Gravidez parto e puerpério	31	8	8	7	6	7	11	3	81
.. Aborto espontâneo	1	0	0	0	0	1	0	0	2
.. Outras gravidezes que terminam em aborto	4	0	1	1	0	0	0	0	6
.. Edema protein transt hipertens grav parto puerp	1	0	3	0	1	2	1	1	9
.. Placent prév descol prenat plac hemorr antepart	2	0	1	1	0	0	0	0	4
.. Outr mot ass mãe rel cav fet amn pos prob part	1	0	0	0	1	1	1	0	4
.. Outras complicações da gravidez e do parto	12	4	1	2	2	2	5	0	28
.. Parto único espontâneo	9	2	2	3	0	1	4	1	22
.. Compl pred rel puerpério e outr afecç obst NCOP	1	2	0	0	2	0	0	1	6
16 Algumas afec originadas no período perinatal	437	381	376	299	281	367	407	42	2590
.. Feto e rec-nasc afet fat mat e compl grav parto	1	0	0	3	0	2	4	0	10
.. Ret cres fet desn fet tran gest curt baix peso	289	268	222	130	82	92	110	7	1200
.. Trauma durante o nascimento	1	0	2	0	1	0	0	0	4
.. Hipóxia intrauterina e asfixia ao nascer	32	27	20	32	23	12	12	3	161
.. Outros transt respiratórios orig per perinatal	42	53	114	87	117	177	165	20	775
.. Doenças infecciosas e parasitárias congênitas	0	1	0	12	26	51	77	10	177
.. Outras infecções específicas do período perinat	26	17	6	13	19	17	26	1	125
.. Doença hemolítica do feto e do recém-nascido	1	0	0	0	0	0	0	0	1
.. Outras afecções originadas no período perinatal	45	15	12	22	13	16	13	1	137

## Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Pará

Óbitos por Lista Morb CID-10 e Ano competência

Município: Belém

Período: Jan/1995-Fev/2005

Lista Morb CID-10	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Total
17 Malf cong deformid e anomalias cromossômicas	38	22	27	30	44	34	36	8	239
.. Espinha bifida	0	0	0	0	0	0	2	0	2
.. Outras malformações congênitas do sistema nerv	7	1	2	4	11	10	6	2	43
.. Malformações congênitas do aparelho circulat	22	19	23	24	25	17	24	6	160
.. Outras malformações congênitas aparelho digest	5	1	1	0	3	3	1	0	14
.. Outras malformações do aparelho geniturinário	0	0	1	0	0	1	1	0	3
.. Outr malfom e deform congên aparelho osteomusc	0	0	0	1	1	0	0	0	2
.. Outras malformações congênitas	2	0	0	1	2	3	1	0	9
.. Anomalias cromossômicas NCOOP	2	1	0	0	2	0	1	0	6
18 Sint sinais e achad anorm ex dín e laborat	27	15	21	41	25	33	42	7	211
.. Dor abdominal e pélvica	19	0	1	4	9	10	8	0	51
.. Outr sist sinais achad anorm ex dín labor NCOOP	8	15	20	37	16	23	34	7	160
19 Lesões enven e alg out conseq causas externas	22	21	6	23	106	114	98	19	409
.. Fratura do crânio e dos ossos da face	0	0	0	0	1	0	0	0	1
.. Fratura do pescoço tórax ou pelve	2	0	0	1	3	1	2	0	9
.. Fratura do fêmur	0	0	0	3	3	2	3	0	11
.. Fratura de outros ossos dos membros	1	0	0	0	1	0	1	1	4
.. Luxações entorse distensão reg esp e múlt corpo	1	0	0	0	0	2	1	1	5
.. Traumatismo intracraniano	4	9	2	6	51	67	62	13	214
.. Traumatismo de outros órgãos internos	1	1	0	1	12	11	7	2	35
.. Lesões esmag amput traumát reg esp e múlt corpo	2	0	0	1	3	3	0	0	9
.. Outr traum reg espec não espec e múltipl corpo	8	8	1	5	13	14	11	1	61
.. Queimadura e corrosões	0	0	0	0	5	2	1	0	8
.. Envenenamento por drogas e substâncias biológ	1	0	0	1	0	1	2	0	5
.. Efeitos tóxicos subst origem princ não-medicin	1	2	0	0	6	4	0	0	13
.. Outros efeitos e não espec de causas externas	0	0	0	0	1	1	3	1	6
.. Cert compl prec traum compl cirúrg ass méd NCOOP	1	1	3	5	6	6	5	0	27
.. Sequel traum enven e outr conseq causas extern	0	0	0	0	1	0	0	0	1
20 Causas externas de morbidade e mortalidade	113	138	165	125	30	0	0	0	571
.. Acidentes de transporte	30	32	39	33	5	0	0	0	139
.. Quedas	13	5	1	3	2	0	0	0	24
.. Exposição ao fumo ao fogo e às chamas	0	2	2	0	0	0	0	0	4
.. Envenenamento intox exposição substâncias nociv	0	0	0	1	0	0	0	0	1
.. Lesões autoprovocadas voluntariamente	0	0	0	2	0	0	0	0	2
.. Agressões	30	57	66	37	12	0	0	0	202
.. Todas as outras causas externas	40	42	57	49	11	0	0	0	199
21 Contatos com serviços de saúde	13	20	47	108	51	22	47	8	316
.. Pessoas contato serv saúde cuidados proc espec	2	6	7	5	3	0	4	0	27
.. Pessoas contato serv saúde por outras razões	11	14	40	103	48	22	43	8	289
Total	2397	2470	2755	2781	2577	2695	2733	479	18887