

EQUIPE TÉCNICA

Concepção e Supervisão : Idio Lopes Jr.

Executor : Idio Lopes Jr.

Equipe de Coleta : Roylane Barbosa
José Rodrigues da Silva
Luiz Gonzaga de Lima

Editoração: Lauro Gracindo Pizzatto
Marina das Graças Perin

Lopes Jr., I.

Projeto Mogi - Guaçu / Pardo. Levantamento Geoquímico das Bacias dos Rios Mogi - Guaçu e Pardo, SP. São Paulo : Serviço Geológico do Brasil / Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, 2001.

77p.; II.(Programa Informações para Gestão Territorial - GATE)

1. Projetos Especiais - São Paulo

APRESENTAÇÃO

Alguns países como Canadá, China, Finlândia, Inglaterra e EUA, já na década de 70, e mais recentemente vários outros países, inclusive o Brasil (CPRM e MINEROPAR) vêm elaborando projetos geoquímicos de baixa densidade (LICHT *et al.*,1997 e MACHADO *et al.*,2000) visando não só a pesquisa mineral mas também o estudo da distribuição espacial dos excessos e das carências dos elementos químicos, de origem natural (geológica) ou antropogênica, para auxiliar, monitorar e organizar ações de saúde pública, na agropecuária, no uso e ocupação do solo e no meio ambiente.

Neste sentido o relatório apresenta os resultados obtidos a partir de análises químicas para alumínio, arsênio, boro, bário, berílio, cálcio, cádmio, cobalto, cromo, cobre, ferro, lantânio, lítio, magnésio, manganês, molibdênio, níquel, fósforo, chumbo, escândio, estanho, estrôncio, titânio, vanádio, volfrâmio, ítrio, zinco, prata, ouro, antimônio, selênio, silício, fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrato, fosfato e sulfato de amostras de água superficial e sedimento de corrente coletados ao longo das drenagens dos rios Mogi-Guaçu e Pardo.

Após a definição das paisagens geoquímicas, os resultados são discutidos, ao nível do conhecimento do autor, por elemento analisado com abordagem das possíveis fontes de contribuição, bem como para alguns dos malefícios para a saúde quando ingeridos em excesso ou pela ausência de outros considerados essenciais a vida. Os resultados estão disponíveis à interpretação de outros especialistas, principalmente aqueles ligados a saúde pública e ao meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações gerais

O Serviço Geológico do Brasil - CPRM, desde 1991, através do Programa Informações para Gestão Territorial - GATE, vem executando projetos de estudos dos meios físico, antrópico e biótico para subsidiar ações de planejamento e de gestão ambiental do território brasileiro. Esse programa desenvolve-se nas diversas unidades regionais da CPRM, através dos subprogramas: Apoio ao Desenvolvimento Regional; Apoio ao Desenvolvimento de Regiões Metropolitanas; Integração Mineral em Municípios da Amazônia – PRIMAZ e Apoio ao Desenvolvimento de Áreas Especiais, através de projetos institucionais e parcerias com instituições públicas federais, estaduais, municipais e com a iniciativa privada.

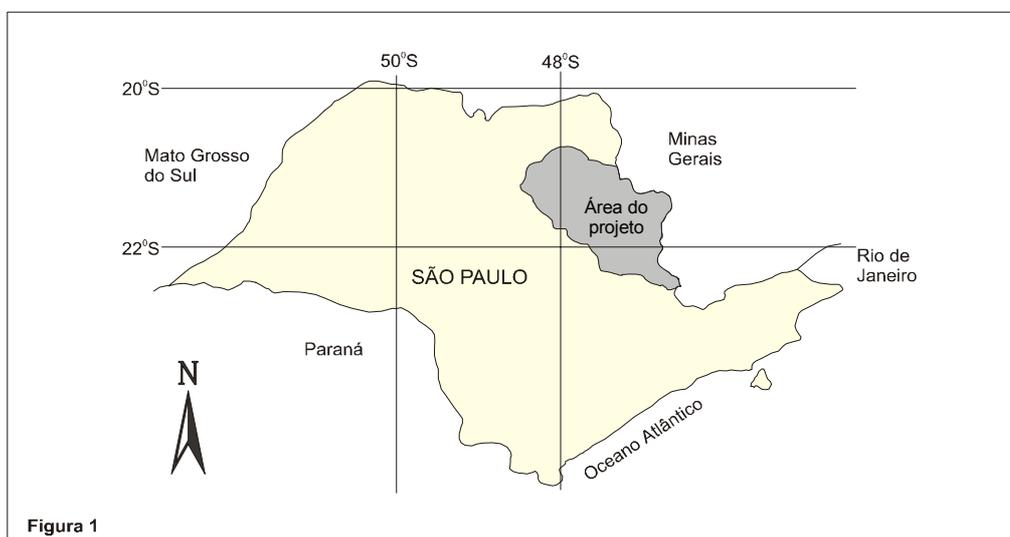
O Projeto Mogi-Guaçu/Pardo se insere no subprograma Apoio ao Desenvolvimento de Áreas Especiais e é resultado do convênio nº 059/CPRM/97, processo nº 7.071-97 de 26/12/97, firmado entre a CPRM – Superintendência Regional de São Paulo e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo – SMA. No contexto dos objetivos da SMA se inserem as diretrizes do Decreto do Macrozoneamento das Bacia Hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu, Pardo e médio-Grande, conforme previsto na lei nº 7.641/911, que prevê a execução de diversos estudos e projetos que visam disciplinar o uso e ocupação do solo, além de promover a recuperação ambiental dessas bacias para preservar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Assim sendo, o projeto realizou estudos geoambientais, hidrogeológicos e geoquímicos nas bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo. Dentre esses estudos destaca-se o presente trabalho: **Levantamento Geoquímico das Bacias dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo**, executado na escala 1:250.000.

1.2 - Objetivos

Os trabalhos tiveram como objetivos, coletar e analisar amostras de água superficial e de sedimento de corrente ao longo das drenagens, bem como apresentar e discutir as paisagens geoquímicas resultantes (zonas empobrecidas, de background e enriquecidas) de maneira a auxiliar os profissionais (agrônomos, veterinários, médicos, etc.) do poder público, a planejar, monitorar e executar ações que possam minorar as conseqüências prejudiciais do quimismo ao meio físico.

1.3 – Localização da área

Abrange uma superfície aproximada de 21.000 km², e engloba total ou parcialmente, 73 municípios do nordeste do estado de São Paulo, que integram parte das unidades de gerenciamento das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo e formam no contexto regional, um dos mais importantes pólos sócio-econômicos do interior do estado de São Paulo (figura 01).



1.4 - Metodologia

1.4.1 - Planejamento e Coleta das Amostras

Sobre uma base estável, na escala 1:250.000, com o traçado da rede de drenagem das áreas das bacias dos rios Mogi-Guaçu e porção paulista do Pardo, perfazendo cerca de 21.000 km², foram planejadas 99 estações de coletas de sedimentos de corrente e águas fluviais (figura 02 e Anexo I). Para cada estação planejada foi traçada sua respectiva bacia de captação, à montante.

As 99 amostras de sedimentos ativos de corrente e 99 amostras de águas fluviais, foram coletadas por uma equipe constituída por 01 técnico de mineração e 02 auxiliares de campo, em três etapas entre os meses de setembro e novembro de 1999, período com pouca ou nenhuma precipitação pluviométrica.

As amostras de água foram coletadas e filtradas por meio de seringas descartáveis de 25ml acopladas a unidades filtrantes descartáveis, de membrana de éster de celulose com abertura de 0,45µm. As amostras foram coletadas em duas alíquotas (para análises separadas dos cátions e dos ânions) e acondicionadas em tubos de centrifuga descartável, graduado, em polipropileno e com capacidade para 50ml. Para análise dos cátions foram filtrados 25ml de amostra e adicionadas 10 gotas de solução de ácido nítrico 1:1 para preservação dos cátions. Para os ânions foram filtrados 40ml de amostra, mantida refrigerada até o momento da análise.

As amostras de sedimentos de corrente foram coletadas com as mãos nos leitos ativos das drenagens ao longo de uns 30m, colocadas em uma vasilha plástica, misturadas para uma melhor homogeneização, quarteadas e um dos quartos com cerca de 250g, embalado em sacos plásticos devidamente identificados.

Em cada estação de coleta o técnico preencheu uma ficha de geoquímica padronizada pela CPRM, com dados de localização, utilizando-se de um GPS, além de dados referentes ao meio físico/geológico. Em todas elas foram feitas leituras do pH das águas.

1.4.2 - Análises Químicas

As análises químicas foram realizadas no LAMIN (Laboratório de Análise Mineral) da CPRM, localizado no escritório do Rio de Janeiro.

As amostras de sedimentos de corrente foram preparadas no laboratório com secagem em estufa a 40°C, peneiradas a menos 80 mesh e pulverizadas a 150 mesh. Posteriormente foram analisadas por Espectrometria de Emissão com Fonte de Plasma (ICP-AES) o seguinte pacote de elementos: **Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, La, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sc, Sn, Sr, Ti, V, W, Y, Zn**. Os elementos **Ag, Au, Sb**, foram analisados por Absorção Atômica (AA).

As amostras de água referentes as alíquotas para análise de cátions, foram analisadas por ICP-AES e os ânions (a outra alíquota) foram analisados por Cromatografia de Íons. O ICP-AES proporcionou a análise do seguinte pacote de cátions: **Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sc, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn**. Os ânions analisados foram: **F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³, SO₄⁻**.

Todos os resultados analíticos estão disponíveis na base de dados do Projeto.

Com relação ao controle de qualidade, além dos procedimentos laboratoriais que incluem amostras padrões para controle analítico e “brancos” para calibração dos equipamentos, foram enviadas para análises, sem o conhecimento do LAMIN, cerca de 10% de amostras duplicatas para um segundo controle analítico.

1.4.3 - Tratamento Estatístico

As paisagens geoquímicas dos elementos analisados, foram definidas com o auxílio do Programa PROB do Sistema GEOQUANT. Com distribuição log-normal e intervalos calculados pelo método 6-steps, obteve-se para cada elemento uma tabela com os percentis 5 – 10 – 16 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 70 – 75 – 80 – 84 – 90 – 95 e para cada um deles, em ordem crescente, o resultado analítico determinado pelo programa a partir do conjunto de dados analíticos observados. Assim sendo, ficou estabelecido que os valores encontrados até 16% constituiriam as **zonas empobrecidas**. Os resultados observados entre 16 a 84%, portanto 68% da área da curva de distribuição, formariam as **zonas de background** e acima de 84% os



Figura 02 - Estações de coleta com suas respectivas bacias de captação

valores pertenceriam as **zonas enriquecidas**. Como só foram trabalhados os resultados definidos, alguns elementos, tanto dos sedimentos quanto das águas, não sofreram tratamento estatístico e nesses casos nos mapas não aparecem as **zonas** e sim os resultados brutos.

Nos sedimentos de corrente não foram tratados os elementos **Ag, Au, B, Mo e Sb**. Nestes, a maioria e às vezes a totalidade dos resultados foram qualificados com L – menor do que o limite inferior de detecção do método ou N – não detectado.

Pelos mesmos motivos, nas águas fluviais, não foram tratados os cátions **Al, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Sc, Se, Sn, Ti, V, W** e os ânions nitrito, bromo e fosfato.

Nas tabelas 1, 2 e 3 estão os sumários das paisagens geoquímicas dos elementos tratados nos sedimentos de corrente e nas águas fluviais (cátions e ânions).

Tabela 1 - Sedimentos de Corrente – Paisagens Geoquímicas

Elemento	Mínimo	Máximo	Média	Zona Empobrecida	Zona de Background	Zona Enriquecida
Al (%)	0,08	4,59	0,69	< 0,24	0,24 a 1,98	> 1,98
As (ppm)	0,5	17,6	2,6	< 0,7	0,7 a 9,4	> 9,4
Ba (ppm)	6,8	284	43	< 18,8	18,8 a 99,1	> 99,1
Be (ppm)	0,1	2,5	0,28	< 0,2	0,2 a 0,7	> 0,7
Ca (%)	0,01	0,22	0,03	< 0,02	0,02 a 0,08	> 0,08
Cd (ppm)	0,1	3,8	0,7	< 0,3	0,3 a 1,8	> 1,8
Co (ppm)	2,4	55,6	9,5	< 5,3	5,3 a 17,5	> 17,5
Cr (ppm)	4	204	35	< 15	15 a 78	> 78
Cu (ppm)	1	124	7	< 3	3 a 39	> 39
Fe (%)	0,21	13,62	2,48	< 1,10	1,10 a 6,26	> 6,26
La (ppm)	1	472	34	< 7	7 a 207	> 207
Li (ppm)	0,2	16,7	2,1	< 0,7	0,7 a 6,1	> 6,1
Mg (%)	0,01	0,25	0,03	< 0,02	0,02 a 0,10	> 0,10
Mn (ppm)	39	3727	315	< 153	153 a 772	> 772
Ni (ppm)	0,5	32,9	3,3	< 1,4	1,4 a 9,7	> 9,7
P (ppm)	17	1051	205	< 71	71 a 497	> 497
Pb (ppm)	0,8	77	7	< 3	3 a 16	> 16
Sc (ppm)	1	17,5	5,2	< 2,5	2,5 a 11,2	> 11,2
Sn (ppm)	0,5	14,3	1,5	< 0,7	0,7 a 2,8	> 2,8
Sr (ppm)	0,2	26,2	4,5	< 1,9	1,9 a 10,7	> 10,7
Ti (ppm)	401	5276	1817	< 960	960 a 3462	> 3462
V (ppm)	10	530	87	< 38	38 a 239	> 239
W (ppm)	0,3	2,5	0,9	< 0,5	0,5 a 1,6	> 1,6
Y (ppm)	0,9	49,7	7,4	< 2,6	2,6 a 20	> 20
Zn (ppm)	3,4	145,1	27,3	< 13,3	13,3 a 64,6	> 64,6

Tabela 2 – Água – Paisagens Geoquímicas dos ânions

Elemento	Mínimo mg/l	Máximo mg/l	Média mg/l	Zona Empobrecida	Zona de Background	Zona Enriquecida
F⁻	0,006	0,314	0,052	< 0,019	0,019 a 0,140	> 0,140
Cl⁻	0,11	34,42	3,29	< 1,17	1,17 a 9,21	> 9,21
NO₃⁻	0,07	6,75	1,80	< 0,64	0,64 a 5,04	> 5,04
SO₄⁼	0,05	12,04	1,09	< 0,28	0,28 a 4,14	> 4,14

Tabela 3 – Água – Paisagens Geoquímicas dos cátions

Elemento	Mínimo mg/l	Máximo mg/l	Média mg/l	Zona Empobrecida	Zona de Background	Zona Enriquecida
Ba	0,01	0,16	0,03	< 0,02	0,02 a 0,05	> 0,05
Ca	0,38	20,91	3,98	< 2,21	2,21 a 7,16	> 7,16
Fe	0,053	1,861	0,416	< 0,198	0,198 a 0,873	> 0,873
Mg	0,22	5,36	1,38	< 0,86	0,86 a 2,20	> 2,20
Mn	0,002	0,523	0,034	< 0,011	0,011 a 0,098	> 0,098
Si	2,93	8,93	5,66	< 4,71	4,71 a 6,79	> 6,79
Sr	0,002	0,148	0,035	< 0,019	0,019 a 0,063	> 0,063
Zn	0,001	0,026	0,004	< 0,002	0,002 a 0,008	> 0,008

1.4.4 - Banco de Dados e Mapas Geoquímicos

As informações das Fichas de Campo das Amostras Geoquímicas, foram digitadas em um programa desenvolvido pela CPRM (Fcampo.exe) com saída em Microsoft Access.

Os resultados analíticos foram digitados em matrizes criadas pelo programa ENTCHR do sistema GEOQUANT.

Após a digitalização (MaxCad em mesa de digitalização) das bacias de captação traçadas em base estável, foram elaborados mapas geoquímicos, na escala 1:250.000, de todos elementos analisados, tanto nos sedimentos de corrente quanto nas águas fluviais, utilizando-se o programa Corel Draw 8. Ainda com os recursos deste programa, foram confeccionadas as figuras presentes neste relatório (tamanho A4), a partir dos mapas originais (tamanho A0).

1.5 – Geologia regional

A região correspondente à área de trabalho é dominada por dois grandes conjuntos de rochas (figura 03 e Anexo II). Na porção leste-sudeste, divisa com o estado de Minas Gerais, dominam as rochas do embasamento cristalino, enquanto que na porção norte e noroeste da área dominam os sedimentos da Bacia do Paraná além de derrames de rochas básicas e intrusivas associadas.

As rochas do embasamento, com idades que vão do Arqueano ao Proterozóico e Eo-paleozóico, pertencem a dois grandes domínios tectônicos: Domínio Alto Rio Grande e Domínio Socorro/Guaxupé. O primeiro encerra os litotipos mais antigos, e é composto tanto por rochas infracrustais, migmatitos e xistos ortoderivados dos complexos Amparo e São Gonçalo do Sapucaí, como por supracrustais de médio a alto grau metamórfico dos grupos Itapira e Andrelândia. No segundo conjunto dominam infracrustais ortoderivadas de geração mais nova, Neoproterozóicas, enfeixadas nos complexos Varginha e Piracaia. Esse conjunto foi submetido a processos de metamorfismo e migmatização em graus variados bem como a movimentações tectônicas diversas, materializadas em falhas transcorrentes e de empurrão. Os principais tipos litológicos encontrados nessas unidades são granitóides de composição granítica a monzonítica, granulitos ácidos e básicos, charnoquitos, kinzigitos, gnaisses de natureza diversa e migmatitos. Secundariamente ocorrem quartzitos, xistos e metacalcários. Ao norte de Itapira, na zona de cisalhamento conhecida como Falha de Jacutinga, ocorreu a superimposição de uma bacia molássica de idade neoproterozóica a eopaleozóica, onde ocorrem metassiltitos, metarenitos e metaconglomerados de grau metamórfico baixo.

Sobre esse embasamento foram depositados os sedimentos da bacia do Paraná, representados na área pelo Sub-grupo Itararé, indiviso, e pelas formações Tatuí, Irati, Corumbataí, Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e Bauru. A excessão desta última, as demais foram afetadas pelo magmatismo básico, que originou os derrames basálticos da formação Serra Geral e intrusivas associadas (diques e soleiras de diabásio, principalmente) e posterior magmatismo alcalino, presente nas imediações da cidade de Águas da Prata, constituindo a borda do maciço alcalino de Poços de Caldas.

O Sub-grupo Itararé (Carbonífero-Permiano) caracteriza-se por uma sedimentação terrígena, oriunda de sistemas deposicionais e ambientes variados. Predominam arenitos

Tabela 3 – Água – Paisagens Geoquímicas dos cátions

Elemento	Mínimo mg/l	Máximo mg/l	Média mg/l	Zona Empobrecida	Zona de Background	Zona Enriquecida
Ba	0,01	0,16	0,03	< 0,02	0,02 a 0,05	> 0,05
Ca	0,38	20,91	3,98	< 2,21	2,21 a 7,16	> 7,16
Fe	0,053	1,861	0,416	< 0,198	0,198 a 0,873	> 0,873
Mg	0,22	5,36	1,38	< 0,86	0,86 a 2,20	> 2,20
Mn	0,002	0,523	0,034	< 0,011	0,011 a 0,098	> 0,098
Si	2,93	8,93	5,66	< 4,71	4,71 a 6,79	> 6,79
Sr	0,002	0,148	0,035	< 0,019	0,019 a 0,063	> 0,063
Zn	0,001	0,026	0,004	< 0,002	0,002 a 0,008	> 0,008

1.4.4 - Banco de Dados e Mapas Geoquímicos

As informações das Fichas de Campo das Amostras Geoquímicas, foram digitadas em um programa desenvolvido pela CPRM (Fcampo.exe) com saída em Microsoft Access.

Os resultados analíticos foram digitados em matrizes criadas pelo programa ENTCHR do sistema GEOQUANT.

Após a digitalização (MaxCad em mesa de digitalização) das bacias de captação traçadas em base estável, foram elaborados mapas geoquímicos, na escala 1:250.000, de todos elementos analisados, tanto nos sedimentos de corrente quanto nas águas fluviais, utilizando-se o programa Corel Draw 8. Ainda com os recursos deste programa, foram confeccionadas as figuras presentes neste relatório (tamanho A4), a partir dos mapas originais (tamanho A0).

1.5 – Geologia regional

A região correspondente à área de trabalho é dominada por dois grandes conjuntos de rochas (figura 03 e Anexo II). Na porção leste-sudeste, divisa com o estado de Minas Gerais, dominam as rochas do embasamento cristalino, enquanto que na porção norte e noroeste da área dominam os sedimentos da Bacia do Paraná além de derrames de rochas básicas e intrusivas associadas.

As rochas do embasamento, com idades que vão do Arqueano ao Proterozóico e Eo-paleozóico, pertencem a dois grandes domínios tectônicos: Domínio Alto Rio Grande e Domínio Socorro/Guaxupé. O primeiro encerra os litotipos mais antigos, e é composto tanto por rochas infracrustais, migmatitos e xistos ortoderivados dos complexos Amparo e São Gonçalo do Sapucaí, como por supracrustais de médio a alto grau metamórfico dos grupos Itapira e Andrelândia. No segundo conjunto dominam infracrustais ortoderivadas de geração mais nova, Neoproterozóicas, enfeixadas nos complexos Varginha e Piracaia. Esse conjunto foi submetido a processos de metamorfismo e migmatização em graus variados bem como a movimentações tectônicas diversas, materializadas em falhas transcorrentes e de empurrão. Os principais tipos litológicos encontrados nessas unidades são granitóides de composição granítica a monzonítica, granulitos ácidos e básicos, charnoquitos, kinzigitos, gnaisses de natureza diversa e migmatitos. Secundariamente ocorrem quartzitos, xistos e metacalcários. Ao norte de Itapira, na zona de cisalhamento conhecida como Falha de Jacutinga, ocorreu a superimposição de uma bacia molássica de idade neoproterozóica a eopaleozóica, onde ocorrem metassiltitos, metarenitos e metaconglomerados de grau metamórfico baixo.

Sobre esse embasamento foram depositados os sedimentos da bacia do Paraná, representados na área pelo Sub-grupo Itararé, indiviso, e pelas formações Tatuí, Irati, Corumbataí, Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e Bauru. A excessão desta última, as demais foram afetadas pelo magmatismo básico, que originou os derrames basálticos da formação Serra Geral e intrusivas associadas (diques e soleiras de diabásio, principalmente) e posterior magmatismo alcalino, presente nas imediações da cidade de Águas da Prata, constituindo a borda do maciço alcalino de Poços de Caldas.

O Sub-grupo Itararé (Carbonífero-Permiano) caracteriza-se por uma sedimentação terrígena, oriunda de sistemas deposicionais e ambientes variados. Predominam arenitos

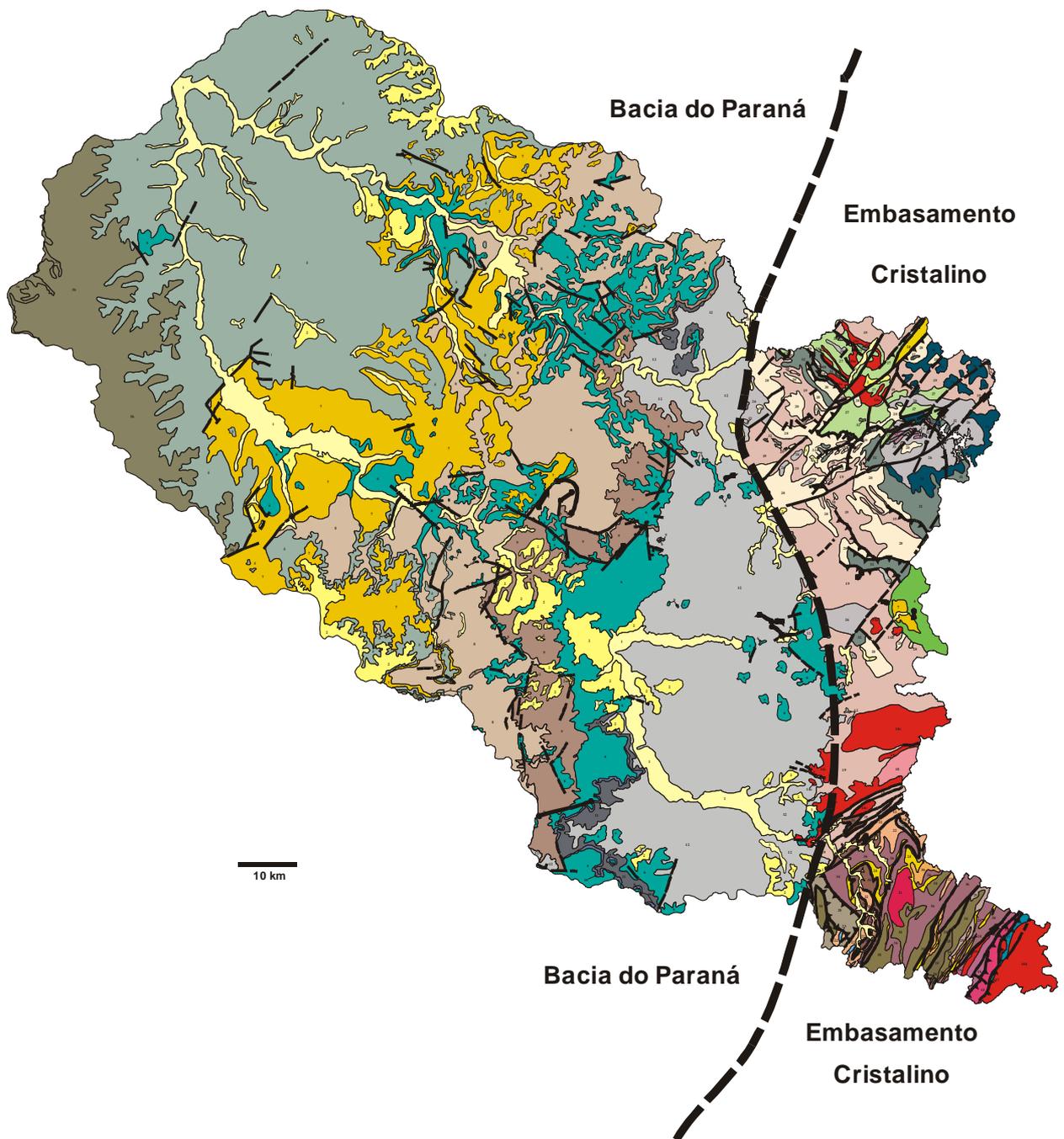


Figura 03 - Compartimentos geotectônicos

imatuross, conglomerados e siltitos, além de diamictitos e litotipos característicos de clima glacial, que gradam lateralmente entre si ou alternam-se verticalmente em camadas mais bem definidas. Ao norte do rio Mogi-Guaçu essa sedimentação foi mais homogênea, composta por arenitos, siltitos avermelhados e folhelhos, além de conglomerados subordinados.

As unidades subseqüentes, formações Tatui e Irati (Permiano Superior) ocorrem em duas faixas estreitas: uma na região de Araras - Leme, na porção sul da área e outra na região de Cássia dos Coqueiros, a norte. Ambas são de ambiente marinho sendo a primeira constituída por arenitos, arenitos calcíferos e siltitos, com estratificações cruzadas e a segunda por folhelhos, siltitos e bancos de dolomito, com predominância de estratificações plano paralelas.

A formação Corumbataí, também de origem marinha, mas marcando o início de uma fase regressiva é constituída por argilitos, com siltitos e arenitos subordinados. Apresenta uma distribuição contínua em toda a porção central da área, desde a região de Rio Claro, adelgaçando-se para norte. Já em ambiente continental seguiu-se a deposição da formação Pirambóia (Triássico Inferior) caracterizada por arenitos finos de origem fluvial, com estratificação cruzada e acanalada de médio porte, e sedimentos lacustres (argilitos) subordinados. Seguiu-se a deposição da formação Botucatu, tipicamente eólica, constituída por arenitos de granulação média a fina, com estratificação cruzada de grande porte. Ao final da sedimentação eólica ocorreu intenso magmatismo básico de caráter fissural responsável pelos derrames basálticos da formação Serra Geral (Jurássico Superior), em parte intercalados nos arenitos eólicos. Esse magmatismo culminou no Cretáceo com a intrusões de rochas alcalinas, tendo como principal representante o maciço de Poços de Caldas, na porção leste da área.

O resfriamento e conseqüente contração da área de derrames basálticos deu origem a uma nova bacia de sedimentação, Bacia Bauru, representada na área por sedimentos fluviais, arenitos finos a muito finos e siltitos, da formação Bauru.

Os últimos eventos de sedimentação na área estão representados por coberturas cenozóicas inconsolidadas, com ampla distribuição, e por aluviões holocênicos ao longo das principais drenagens.

2 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

2.1 – Considerações gerais

No capítulo 2 – “Regional Geochemical Mapping and its Application to Environmental Studies” (HOWARTH,R.J. & THORNTON,I.,1983) do livro “Applied Environmental Geochemistry”, editado por Iain Thornton em 1983, encontram-se as seguintes considerações sobre materiais amostrados:

Sedimentos de Corrente – “A composição dos sedimentos ativos de corrente representa, de forma muito aproximada, uma amostra composta dos produtos de alteração e erosão das rochas e dos solos na área de captação da bacia de drenagem, à montante do local de coleta. A composição da amostra é relativamente estável comparada com a amostra de água da drenagem (fluvial) e, embora o sedimento ativo seja constituído essencialmente de material mineral, geralmente existe um bom grau de relacionamento entre sua composição e os constituintes solúveis associados a água da drenagem. Este fato permite que se usem os resultados analíticos dos sedimentos de corrente como um guia para a qualidade das águas fluviais”.

Águas Fluviais – “Este tipo de amostra, não se adapta bem para um amplo mapeamento geoquímico visando aplicações ambientais, principalmente por suas variações, diárias e de longo alcance, na composição e na carga de sedimentos em suspensão, além das dificuldades práticas nas coletas, armazenamento e análises. Evidentemente que o monitoramento periódico da qualidade das águas é muito importante em relação ao suprimento de água para o consumo de seres humanos e animais, particularmente nos casos de águas de fontes e de poços. Prospecções hidrogeoquímicas vem sendo usadas com mais frequência em áreas mais restritas, objetivando um melhor entendimento dos ciclos geoquímicos de vários elementos. Entretanto, estas prospecções, do ponto de vista de um mapeamento geoquímico regional, não são tão proveitosas quanto aquelas por sedimentos ativos de corrente, para estabelecer as paisagens geoquímicas dos elementos no ambiente superficial rocha-solo”.

Essas considerações deixam evidente, como já o era para a pesquisa mineral, que os sedimentos de corrente refletem de forma estável (íons que formam e estão adsorvidos nas partículas das frações finas) a constituição elementar dos solos e rochas das bacias de captação. Ao contrário, nas águas os íons encontram-se “soltos” e muito sensíveis a variações físico-químicas (pH, Eh, sólidos em suspensão, etc.). Dessa forma, fica claro que os mapas de paisagens geoquímicas dos íons analisados nas águas fluviais retratam as condições das mesmas no momento das coletas, salvo aqueles que refletem uma fonte detectada pelos sedimentos de corrente. Os mapas de paisagens dos elementos analisados nos sedimentos de corrente, por sua vez, retratam situações definitivas e baseado neles pode-se tirar conclusões, fazer recomendações e estabelecer ações.

2.2 - Ânions

Os ânions que não são analisados nos sedimentos de corrente, mostraram as seguintes paisagens nas águas fluviais:

Fluoreto – F^- (figura 04) – Tem-se um exemplo prático do que foi citado acima. As zonas enriquecidas que aparecem no mapa são, provavelmente, oriundas de contaminações antrópicas (esgoto doméstico, industrial ou fertilizantes). As zonas onde a geologia (Anexo II) poderia estar contribuindo para o enriquecimento seriam aquelas que abrangem as regiões de Tapiratiba, São João da Boa Vista, Águas da Prata e Itapira onde ocorrem rochas alcalinas, graníticas e pegmatíticas que são rochas fonte de fluorita e apatita, minerais ricos em flúor. Como não se tem análise de F^- nos sedimentos de corrente, não se pode afirmar que essas rochas sejam portadoras daqueles minerais e portanto estejam contribuindo para o incremento do flúor nas águas.

O flúor é um elemento que mostra uma estreita faixa de variação entre níveis em que ele é essencial ou tóxico ao homem e aos animais. Embora todos os resultados estejam muito abaixo da concentração de 1,4mg/l, estabelecida pela Resolução nº 20 (1986) do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, a partir da qual o seu consumo por tempo prolongado pode provocar o surgimento de fluorose e osteoporose de forma endêmica, chama-se a atenção, mais uma vez, para o fato de que as amostras representam bacias de captação de

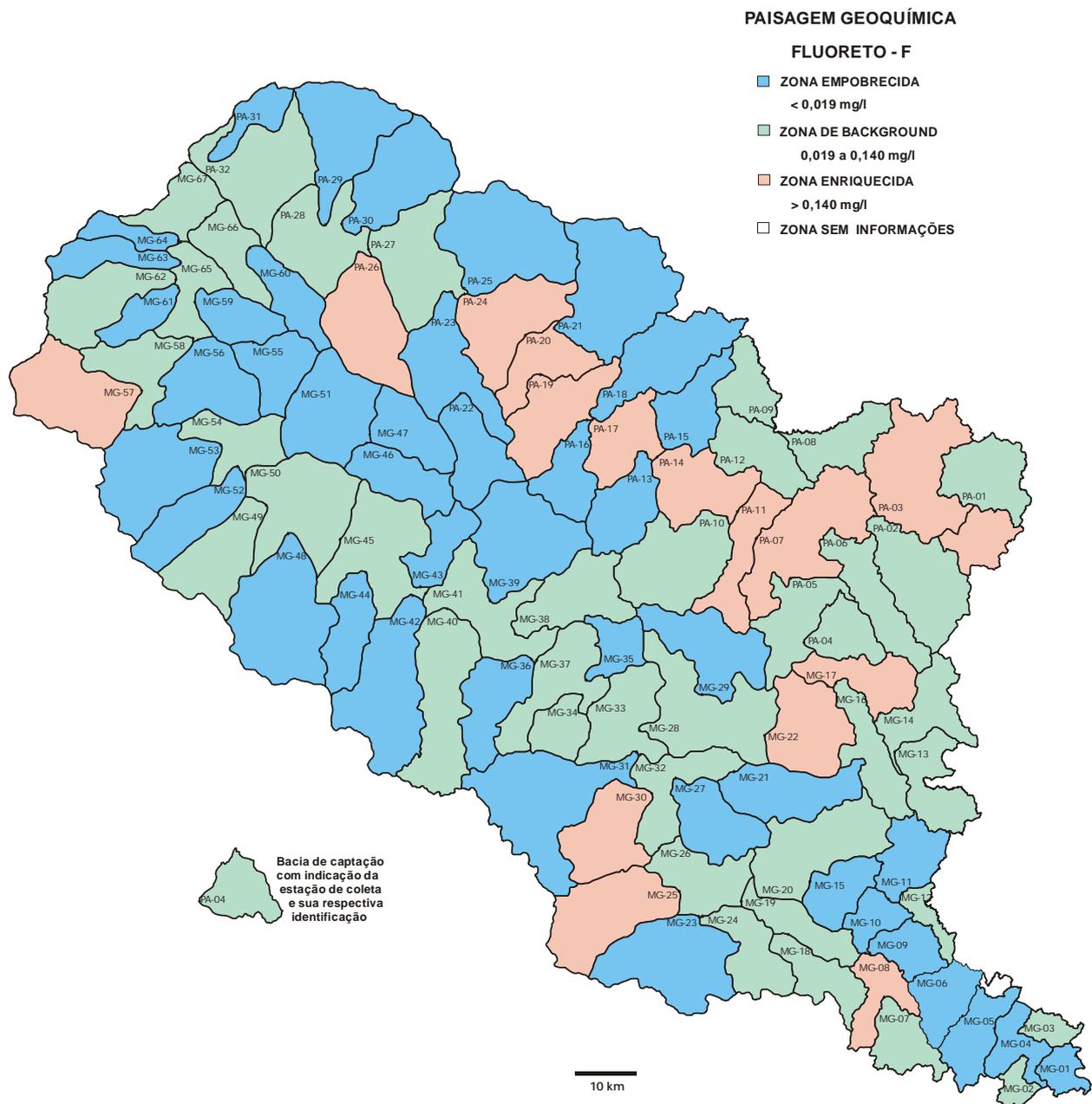


Figura 04 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de fluoreto nas águas fluviais

grande porte e portanto as concentrações estão bastante diluídas. Não se pode garantir que ao adensarmos as coletas nessas bacias as concentrações não subam para níveis nocivos a saúde. Por isso este trabalho é chamado de diagnóstico.

Cloreto – Cl^- (figura 05) – Observa-se claramente o enriquecimento das águas do rio Mogi-Guaçu e de alguns de seus afluentes entre as cidades de Mogi-Guaçu e Pitangueiras, sempre envolvendo concentrações urbanas como Araras, Leme, Porto Ferreira, Pradópolis, Guariba e Barrinha. Além dessas, apenas a bacia que engloba a cidade de Ribeirão Preto mostrou suas águas enriquecidas no ânion cloreto. Este enriquecimento evidencia um somatório de contaminações antrópicas provenientes de esgotos domésticos, sanitários, industriais, aterros sanitários (lixões) e utilização de pesticidas clorados. Aqui também os resultados não atingiram o limiar estabelecido pelo CONAMA que é de 250mg/l.

Sulfato – SO_4^{2-} (figura.06) – Apresenta uma paisagem muito semelhante ao cloreto e suas zonas enriquecidas também se originam de contaminações resultantes de concentrações urbanas e industriais. Como fontes naturais que podem estar causando essas contaminações citam-se os sulfetos fracamente disseminadas nos basaltos e diabásios,(RUEEG,1975 IN:GOUVEA da SILVA,1983).O valor máximo detectado foi de 12.04 mg/l, muito inferior ao limiar de 250mg/l do CONAMA.

Fosfato – PO_4^{3-} (figura 07) – Este ânion só foi detectado com resultado definido pelo cromatógrafo em apenas 9 bacias de captação. Em todas elas as concentrações ultrapassaram os limites estabelecidos pelo CONAMA que é de 0,025mg/l. As bacias correspondentes as amostras MG-18 com 1,03mg/l, MG-25 com 0,65mg/l e MG-30 com 0,15mg/l, onde situam-se respectivamente as cidades de Mogi-Mirim, Araras e Leme, foram os resultados mais altos. Como geologicamente não existem fontes naturais de fosfato nessas regiões, essas altas concentrações são, geralmente, resultantes de contaminações oriundas de esgotos domésticos, dejetos de animais e fertilizantes.

Nitrito – NO_2^- (figura 08) – Nas bacias em que foram detectados nitrito em suas águas, nenhuma apresentou concentração acima do limite do CONAMA de 1,0mg/l. O nitrito é instável na presença de oxigênio, convertendo-se fácil e rapidamente para nitrato. A presença de nitrito na água indica, segundo a CETESB (1995), processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica, o que provavelmente deveria estar acontecendo quando da coleta das amostras.

Nitrato – NO_3^- (figura 09) – Segundo a CETESB (1995), concentrações de nitrato em água acima de 5mg/l, mostram condições sanitárias inadequadas pois as principais fontes do nitrato são dejetos humanos e animais. No mapa observa-se que as bacias que constituem as zonas enriquecidas possuíam concentrações acima daquele limite, quando as amostras foram coletadas. Algumas cidades como Serra Negra, Santo Antônio do Jardim, Aguaí e Porto Ferreira encontram-se dentro dessas zonas.

Caso seja necessário, qualquer desses ânions poderão ser monitorados periodicamente ou mesmo rastreados até a sua origem por meio da hidrogeoquímica.

2.3 - Cátions

Os cátions analisados que a exceção do **P** e do **Se** são todos elementos metálicos a semi metálicos, apresentaram os seguintes comportamentos nos sedimentos de corrente e nas águas das drenagens:

Alumínio – Al – (figuras.10 e 11) – Em toda a área do Projeto, apenas nas imediações de Águas da Prata ocorrem rochas alcalinas relacionadas ao Maciço de Poços de Caldas e seriam as únicas fontes naturais de alumínio. Entretanto, ao observar-se o mapa de distribuição nos sedimentos de corrente (figura 09) verifica-se que suas concentrações aí são normais (zona de background) e portanto indicam que possivelmente não existem mineralizações deste bem semi metálico.

Por outro lado, vê-se que várias bacias, mormente aquelas das regiões de Sales de Oliveira, Orlândia, Morro Agudo, Pitangueiras, Taiúva, Monte Alto e Taquaritinga na porção noroeste e Tapiratiba e Itobi à leste, mostram seus solos enriquecidos em alumínio. Trata-se provavelmente de enriquecimento por contaminação antrópica (industrial e/ou doméstica). As águas (figura10) não se acham afetadas e só foram detectadas em outras 06 bacias.

grande porte e portanto as concentrações estão bastante diluídas. Não se pode garantir que ao adensarmos as coletas nessas bacias as concentrações não subam para níveis nocivos a saúde. Por isso este trabalho é chamado de diagnóstico.

Cloreto – Cl^- (figura 05) – Observa-se claramente o enriquecimento das águas do rio Mogi-Guaçu e de alguns de seus afluentes entre as cidades de Mogi-Guaçu e Pitangueiras, sempre envolvendo concentrações urbanas como Araras, Leme, Porto Ferreira, Pradópolis, Guariba e Barrinha. Além dessas, apenas a bacia que engloba a cidade de Ribeirão Preto mostrou suas águas enriquecidas no ânion cloreto. Este enriquecimento evidencia um somatório de contaminações antrópicas provenientes de esgotos domésticos, sanitários, industriais, aterros sanitários (lixões) e utilização de pesticidas clorados. Aqui também os resultados não atingiram o limiar estabelecido pelo CONAMA que é de 250mg/l.

Sulfato – SO_4^{2-} (figura.06) – Apresenta uma paisagem muito semelhante ao cloreto e suas zonas enriquecidas também se originam de contaminações resultantes de concentrações urbanas e industriais. Como fontes naturais que podem estar causando essas contaminações citam-se os sulfetos fracamente disseminadas nos basaltos e diabásios,(RUEEG,1975 IN:GOUVEA da SILVA,1983).O valor máximo detectado foi de 12.04 mg/l, muito inferior ao limiar de 250mg/l do CONAMA.

Fosfato – PO_4^{3-} (figura 07) – Este ânion só foi detectado com resultado definido pelo cromatógrafo em apenas 9 bacias de captação. Em todas elas as concentrações ultrapassaram os limites estabelecidos pelo CONAMA que é de 0,025mg/l. As bacias correspondentes as amostras MG-18 com 1,03mg/l, MG-25 com 0,65mg/l e MG-30 com 0,15mg/l, onde situam-se respectivamente as cidades de Mogi-Mirim, Araras e Leme, foram os resultados mais altos. Como geologicamente não existem fontes naturais de fosfato nessas regiões, essas altas concentrações são, geralmente, resultantes de contaminações oriundas de esgotos domésticos, dejetos de animais e fertilizantes.

Nitrito – NO_2^- (figura 08) – Nas bacias em que foram detectados nitrito em suas águas, nenhuma apresentou concentração acima do limite do CONAMA de 1,0mg/l. O nitrito é instável na presença de oxigênio, convertendo-se fácil e rapidamente para nitrato. A presença de nitrito na água indica, segundo a CETESB (1995), processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica, o que provavelmente deveria estar acontecendo quando da coleta das amostras.

Nitrato – NO_3^- (figura 09) – Segundo a CETESB (1995), concentrações de nitrato em água acima de 5mg/l, mostram condições sanitárias inadequadas pois as principais fontes do nitrato são dejetos humanos e animais. No mapa observa-se que as bacias que constituem as zonas enriquecidas possuíam concentrações acima daquele limite, quando as amostras foram coletadas. Algumas cidades como Serra Negra, Santo Antônio do Jardim, Aguaí e Porto Ferreira encontram-se dentro dessas zonas.

Caso seja necessário, qualquer desses ânions poderão ser monitorados periodicamente ou mesmo rastreados até a sua origem por meio da hidrogeoquímica.

2.3 - Cátions

Os cátions analisados que a exceção do **P** e do **Se** são todos elementos metálicos a semi metálicos, apresentaram os seguintes comportamentos nos sedimentos de corrente e nas águas das drenagens:

Alumínio – Al – (figuras.10 e 11) – Em toda a área do Projeto, apenas nas imediações de Águas da Prata ocorrem rochas alcalinas relacionadas ao Maciço de Poços de Caldas e seriam as únicas fontes naturais de alumínio. Entretanto, ao observar-se o mapa de distribuição nos sedimentos de corrente (figura 09) verifica-se que suas concentrações aí são normais (zona de background) e portanto indicam que possivelmente não existem mineralizações deste bem semi metálico.

Por outro lado, vê-se que várias bacias, mormente aquelas das regiões de Sales de Oliveira, Orlandia, Morro Agudo, Pitangueiras, Taiúva, Monte Alto e Taquaritinga na porção noroeste e Tapiratiba e Itobi à leste, mostram seus solos enriquecidos em alumínio. Trata-se provavelmente de enriquecimento por contaminação antrópica (industrial e/ou doméstica). As águas (figura10) não se acham afetadas e só foram detectadas em outras 06 bacias.

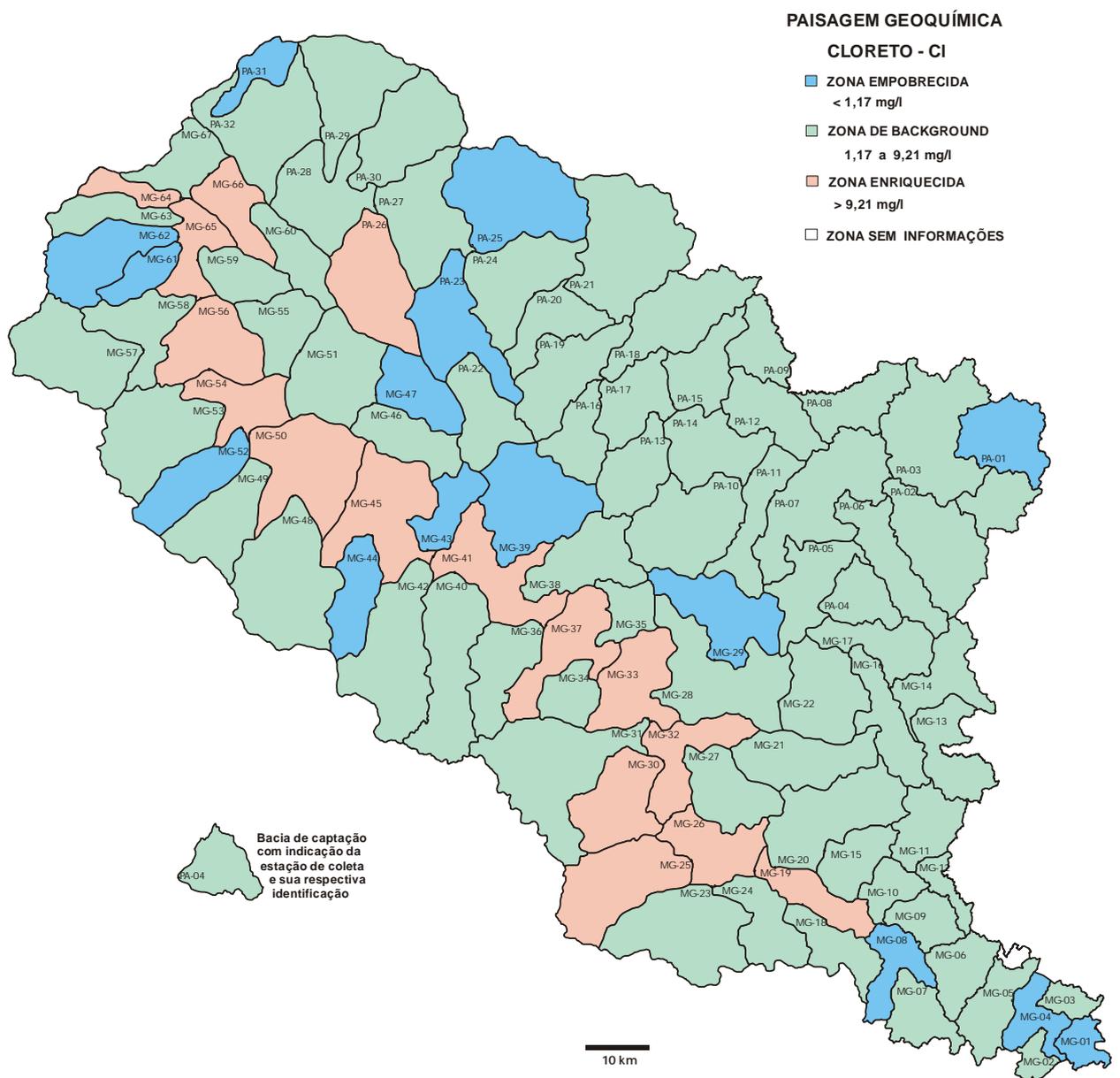


Figura 05 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de cloreto nas águas fluviais

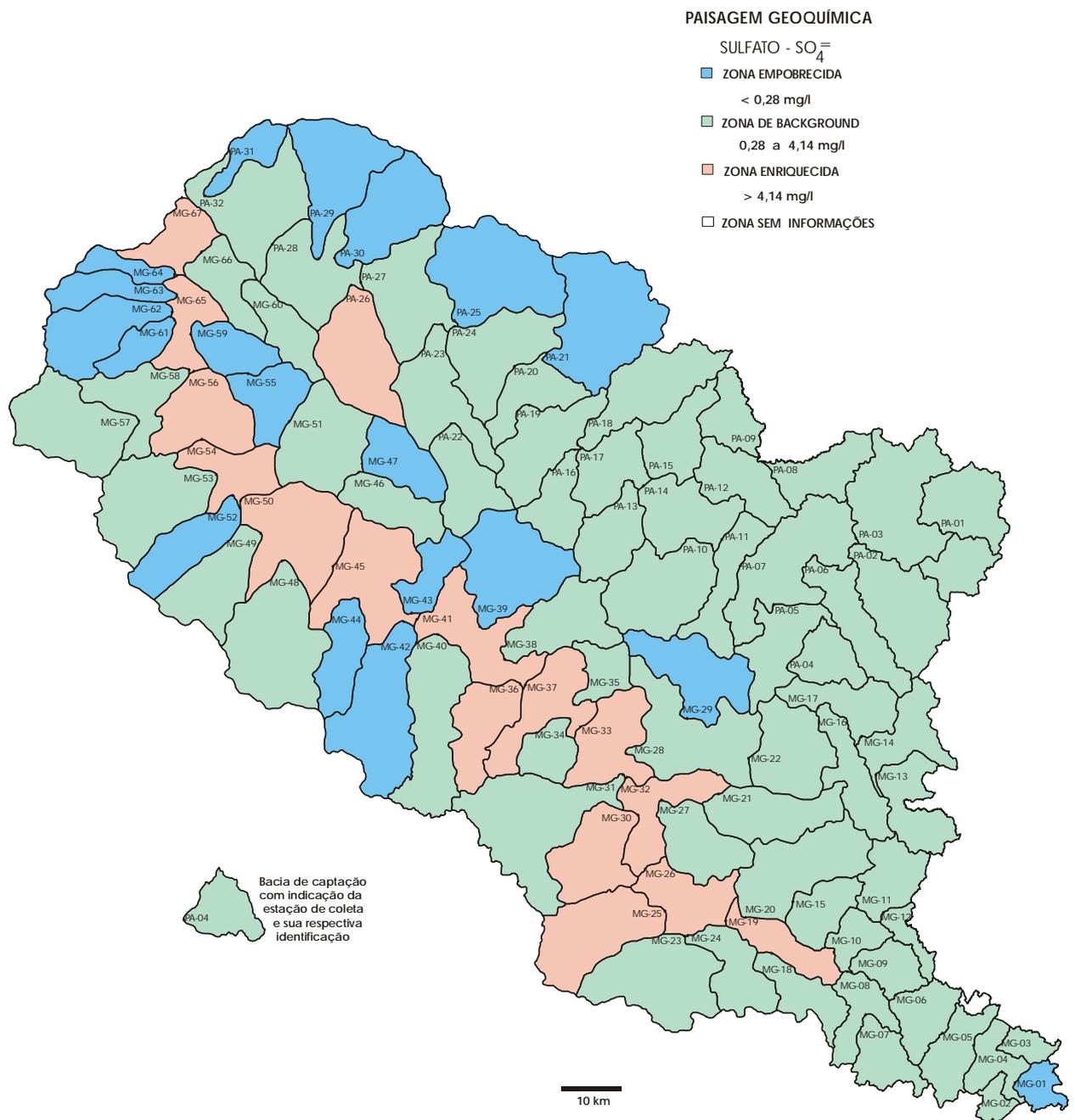


Figura 06 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de sulfato nas águas fluviais



Figura 07 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de fosfato nas águas fluviais

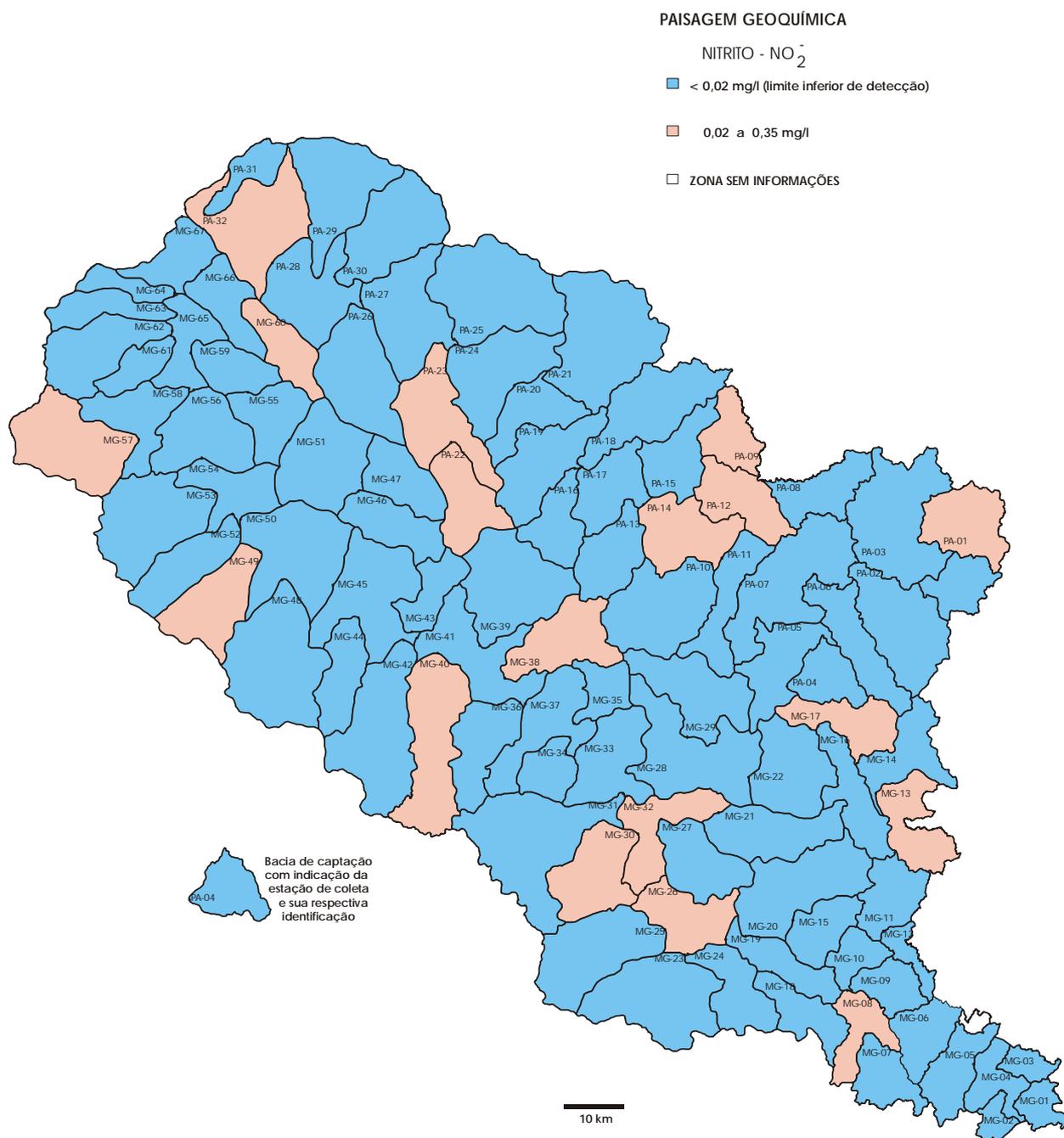


Figura 08 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de nitrito nas águas fluviais



Figura 09 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de nitrato nas águas fluviais



Figura 10 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de Alumínio nos sedimentos de corrente

Alguns elementos nocivos ao homem e aos animais muitas vezes não afetam as plantas e com isso acabam entrando na cadeia alimentar. Hoje sabe-se que a ingestão prolongada de altas concentrações de alumínio pode ser responsável pelo Mal de Alzheimer, pelo balanço negativo de cálcio e magnésio nos ossos, por laringite crônica, por anorexia, por irritação gastrointestinal e paralisia dos membros inferiores.

Arsênio – As – (figuras 12 e 13) – As bacias que constituem as zonas enriquecidas no mapa dos sedimentos de corrente (figura 12), parecem refletir anomalias naturais de mineralizações sulfetadas com presença de arsenopirita. Essas mineralizações podem se originar a partir de rochas intrusivas tabulares da Bacia do Paraná causando as anomalias na área das bacias MG-19, MG-26, MG-28 e MG-45, essa última e a ante-penúltima associadas com ouro, (figura 59), ou de rochas metabásicas do embasamento antigo, (Arqueano a Proterozóico), causando as anomalias que ocorrem nas bacias referentes as amostras MG-05, MG-06, MG-09, MG-11, MG-16, MG-17 e PA-07, essa última associada com altíssima concentração de ouro. Consequentemente os solos das áreas dessas bacias devem estar contaminados com arsênio. Na água (figura 13), o arsênio foi detectado, com baixas concentrações, em algumas bacias das quais as PA-01, PA-03, PA-06, PA-08, PA-10, PA-13, PA-15 e PA-17 mostraram forte presença de ouro o que reflete prováveis mineralizações de arsenopirita com ouro, à montante do ponto de coleta.

O arsênio quando presente em altas concentrações nos solos e nas águas pode ser cancerígeno, provocando principalmente o surgimento de câncer de pele. Nos solos, teores maiores do que 250ppm, podem provocar toxicidade nos vegetais e no gado.

Bário – Ba – (figuras 14 e 15) - Todos os compostos solúveis de bário são venenosos e, quando ingeridos, podem causar vômitos, diarreia, dor abdominal, desalojar o potássio das células e provocar fibrilação ventricular (TABELA PERIÓDICA v2.5, Soft Ciências, 1999).

No mapa dos sedimentos de corrente (figura 14), as bacias que constituem as zonas enriquecidas posicionadas sobre as rochas do embasamento cristalino, na porção leste e sudeste da área, podem estar relacionadas à presença de mineralizações de barita. Nas zonas enriquecidas da porção noroeste, sobre rochas da Bacia do Paraná (derrames da Formação Serra Geral e arenitos do Grupo Bauru), que não são favoráveis a mineralizações de bário, a contaminação dos solos aí pode estar se dando através de indústrias de cerâmica, plásticos, tintas, pesticidas e combustível. No mapa da distribuição do bário nas águas das drenagens (figura 15), algumas bacias refletem nas águas a contaminação dos solos e outras mostram que houve contaminação direta sem que os solos tenham sido contaminados. De qualquer maneira as concentrações não parecem ter valores muito altos.

Cálcio – Ca – (figuras 16 e 17) - O cálcio é um elemento essencial nos organismos vivos. Nas plantas tem um importante papel no metabolismo do nitrogênio e na formação dos cloroplastos, presentes em todas as plantas fotossintéticas. Nos animais, o cálcio é o elemento inorgânico mais abundante, e está localizado principalmente nos ossos e nos dentes sob a forma de fosfato de cálcio. Também o sangue é um reservatório importante do íon cálcio. De um modo geral, o cálcio encontra-se em todos os tecidos animais, com diversas funções como a de controlar a transmissão de impulsos nervosos, a ação muscular, a coagulação do sangue e a permeabilidade celular. A deficiência de cálcio pode provocar raquitismo, falhas no mecanismo de coagulação do sangue, distúrbios nervosos e contrações musculares convulsivas. Um excesso de cálcio também é prejudicial pois pode provocar calcificações excessivas nos ossos ou nos rins com o surgimento de cálculos (TABELA PERIÓDICA, *op.cit*).

Por ser um elemento essencial, o mapa dos sedimentos de corrente (figura 16) chama mais a atenção pelas zonas empobrecidas que refletem solos pobres em cálcio na área daquelas bacias. Ao contrário, as águas enriquecidas (figura 17), principalmente aquelas que acompanham os solos enriquecidos, como por exemplo, na bacia que envolve a cidade de Ribeirão Preto e adjacências, podem provocar de forma endêmica o surgimento de cálculos renais em seres humanos e animais.

Cobre – Cu – (figuras 18 e 19) - A atividade do cobre no metabolismo vegetal manifesta-se de duas formas: na síntese da clorofila e na atividade de algumas enzimas. Embora não exista na clorofila, o cobre é indispensável à sua produção. A sua falta provoca deficiências fotossintéticas e incapacidade de produção de sementes. O cobre é também constituinte de muitas enzimas responsáveis pela catálise de reações de oxi-redução. Esse

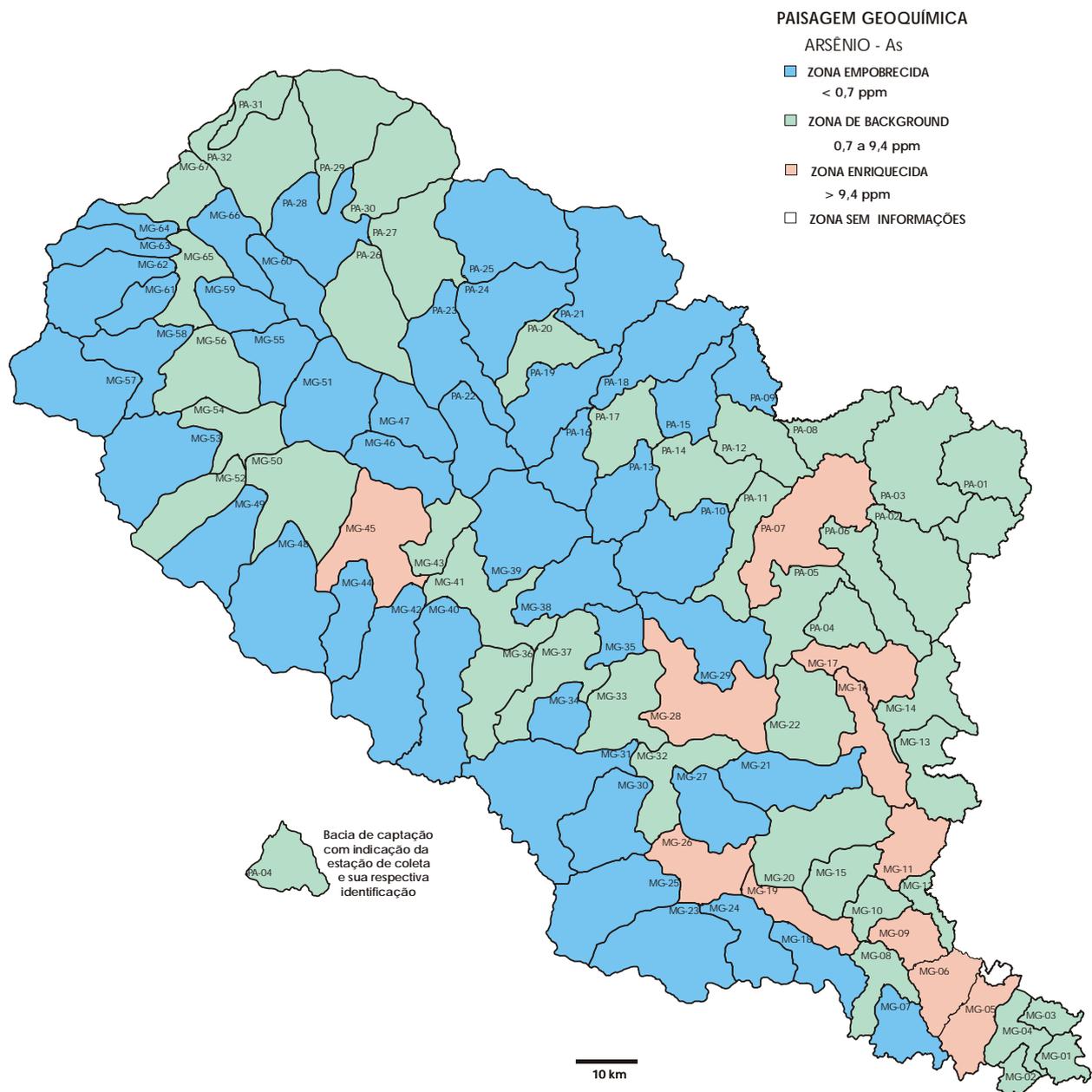


Figura 12 - Mapa geoquímico de distribuição iônica do arsênio nos sedimentos de corrente

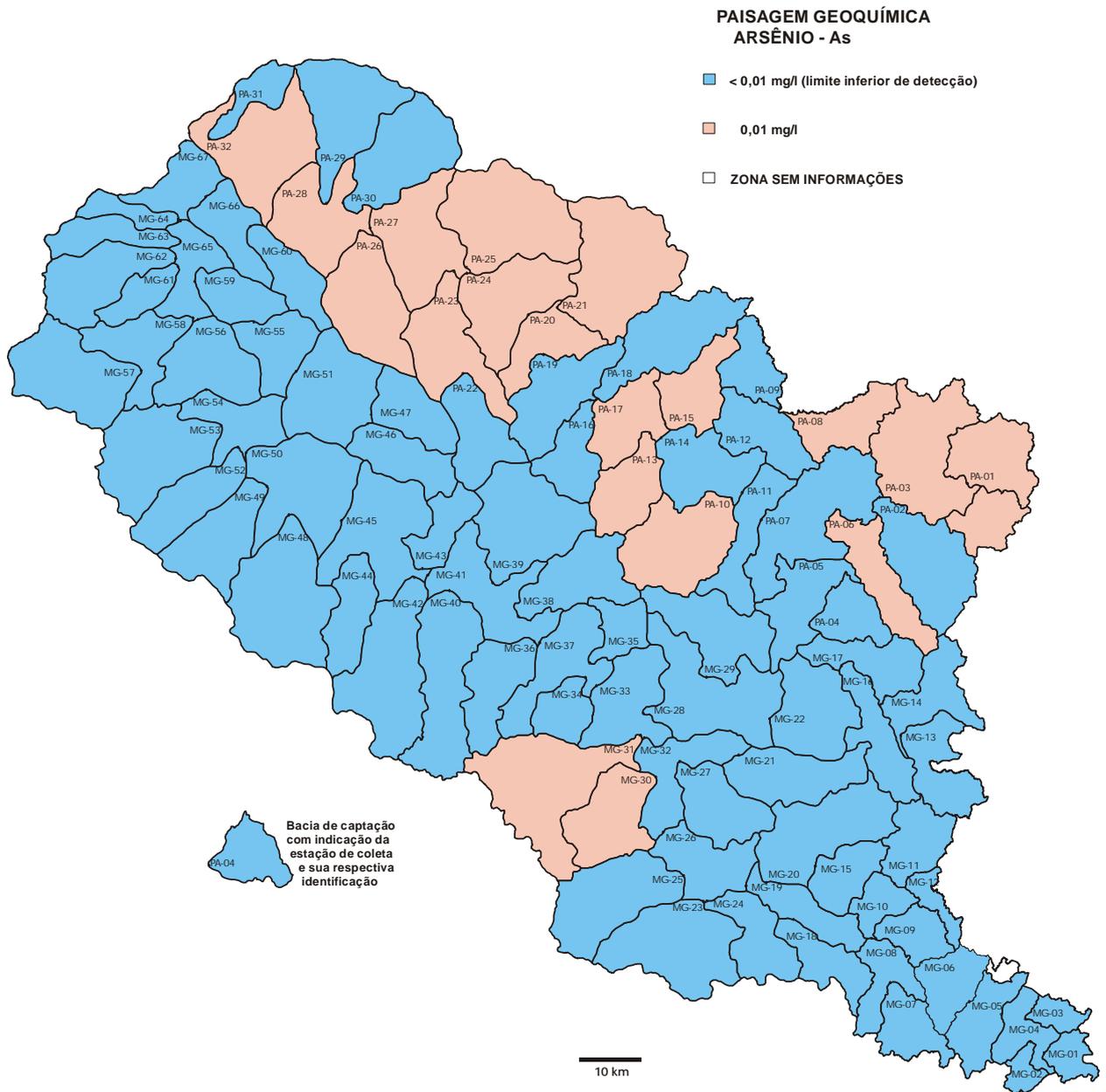


Figura 13 - Mapa geológico de distribuição iônica de arsênio nas águas fluviais

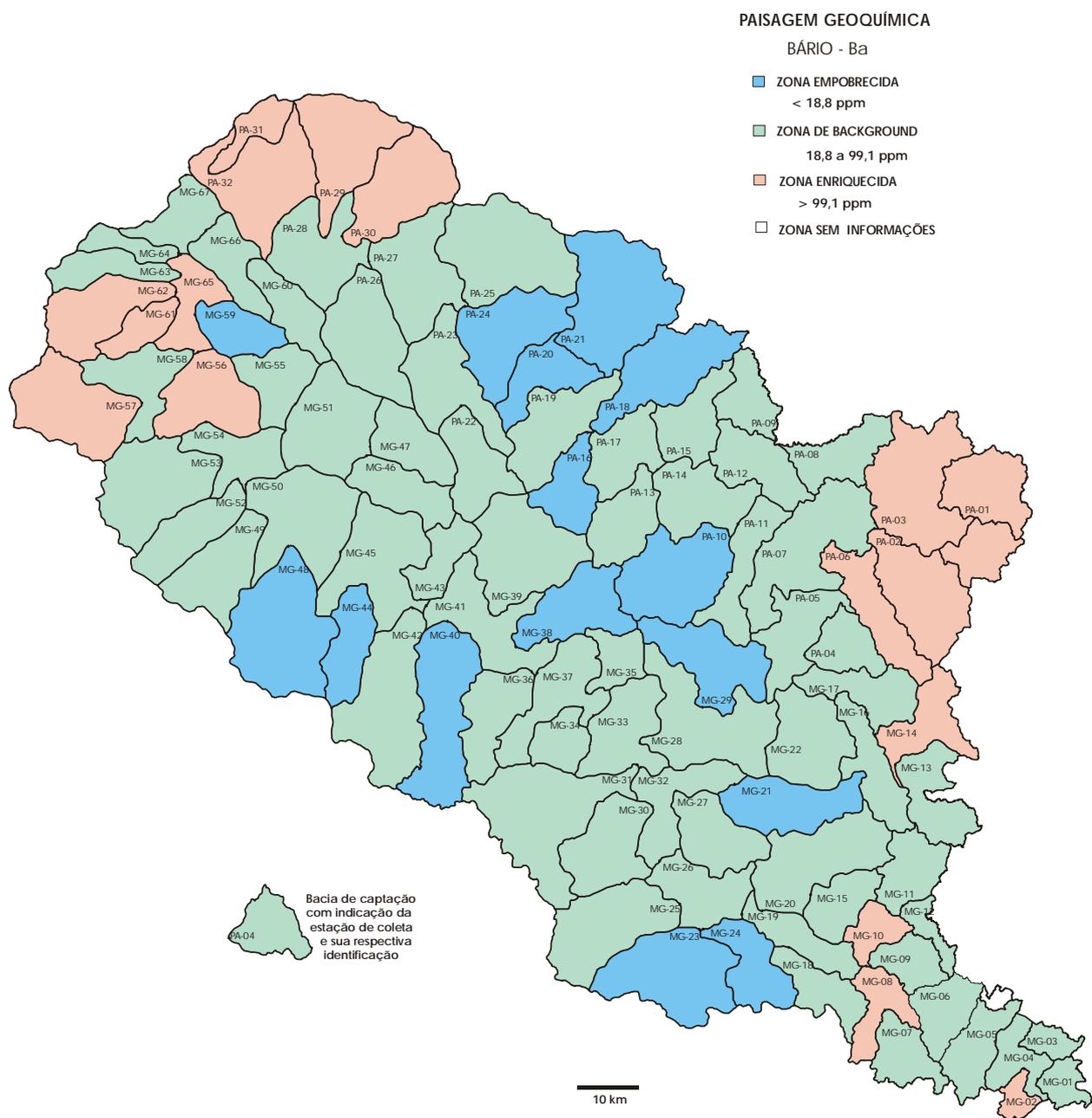


Figura 14 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de bário nos sedimentos de corrente

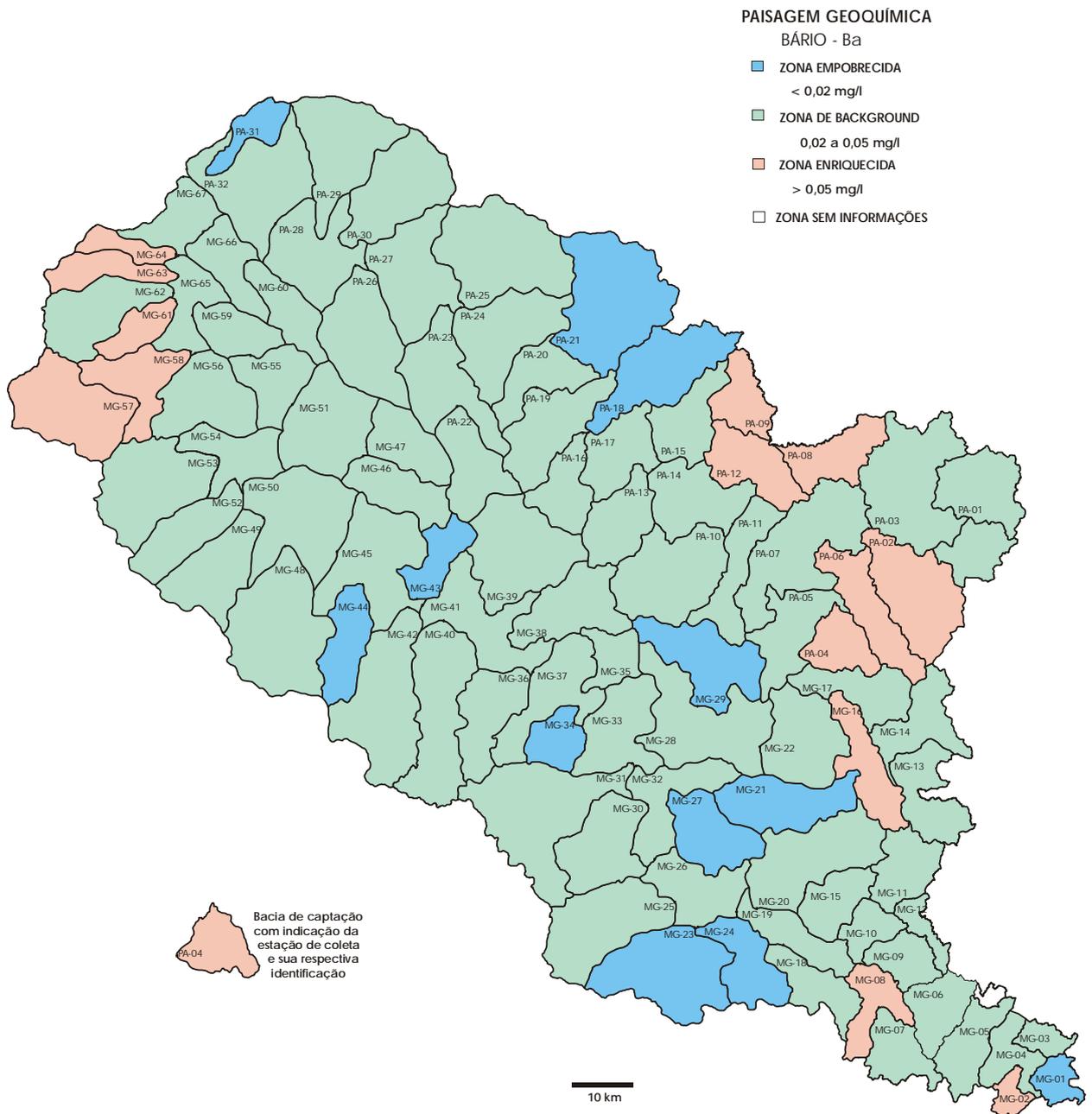


Figura 15 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de bário nas águas fluviais

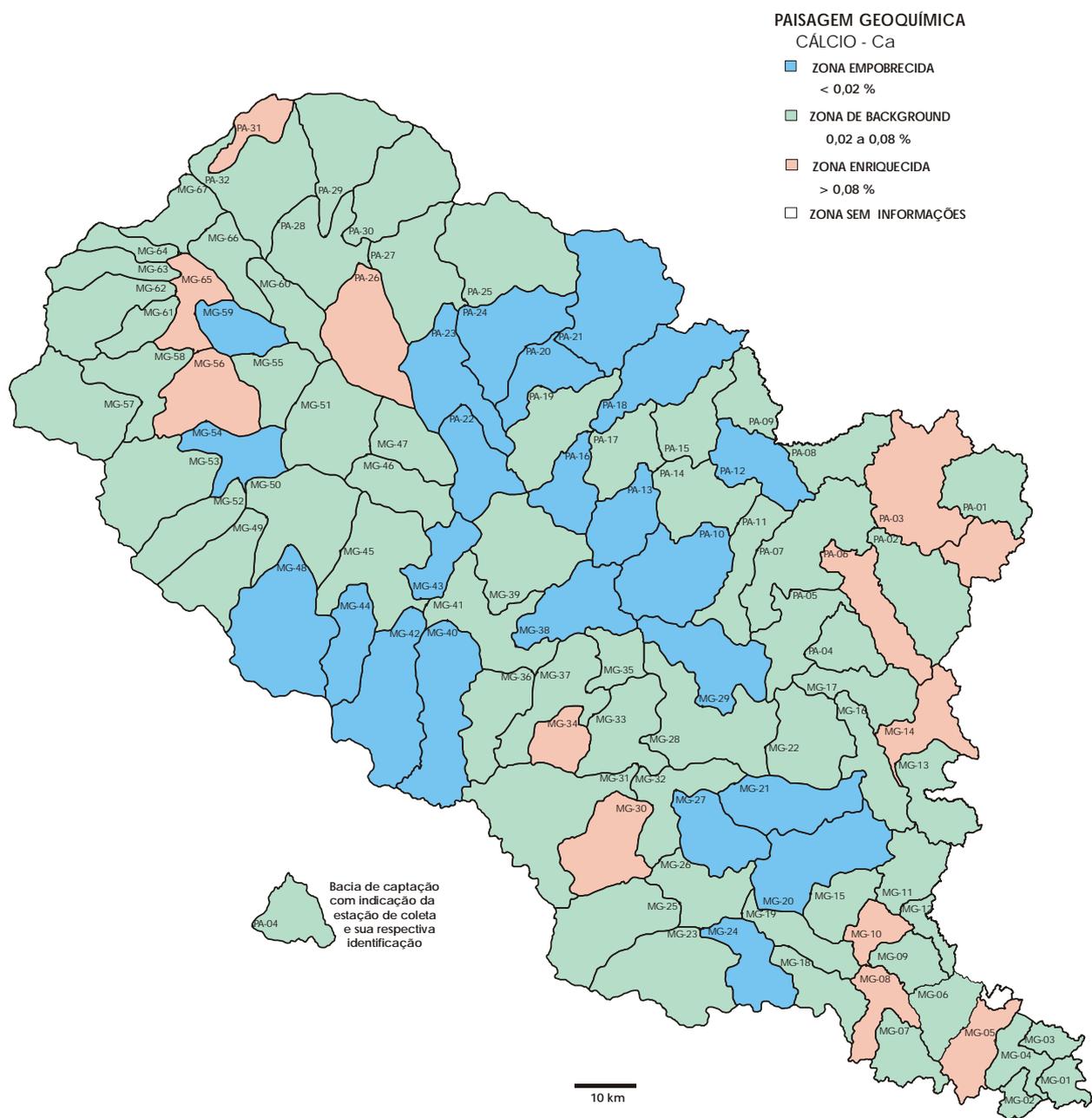


Figura 16 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de cálcio nos sedimentos de corrente

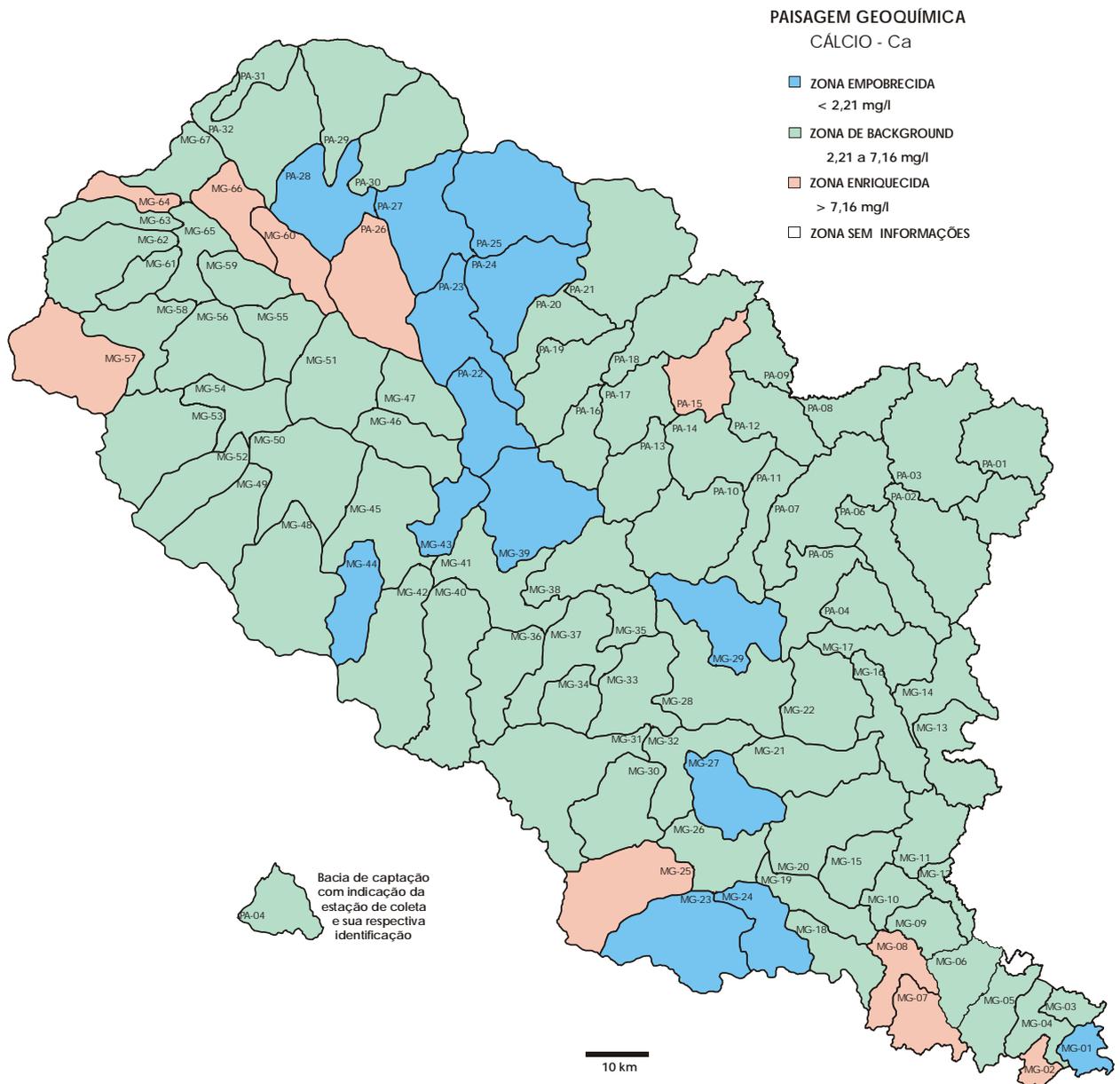


Figura 17 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de cálcio nas águas fluviais

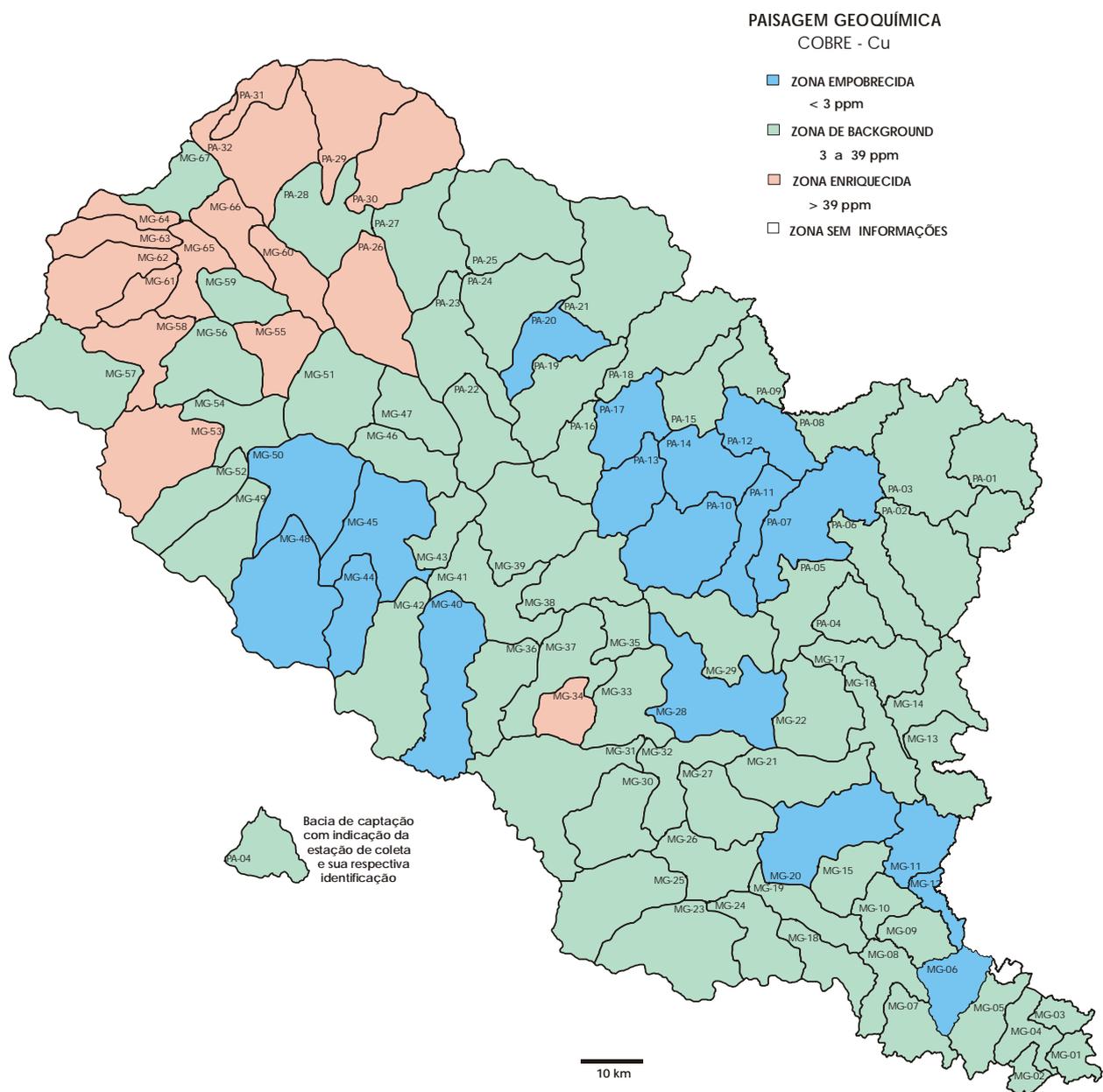


Figura 18 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de cobre nos sedimentos de corrente



Figura 19 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de cobre nas águas fluviais

elemento desempenha igualmente um papel importante no metabolismo animal. Um homem adulto necessita de 2 mg de cobre por dia, contendo seu corpo cerca de 100 a 150 mg do elemento. A falta de cobre na dieta animal pode provocar anemia, diarreia, perda de peso e distúrbios nervosos. Um caso histórico na Inglaterra, narrado por HOWARTH & Thornton *op cit*, cita que em certa região com fazendas de gado para corte, identificada pelo mapeamento geoquímico por sedimento de corrente como tendo solos e conseqüentemente pastos pobres em cobre, o gado apesar de estar aparentemente saudável não ganhava peso. Feitos os exames de sangue no gado verificou-se que o mesmo achava-se com deficiência naquele elemento. Tal problema, após a descoberta, foi resolvido em 06 meses com uma suplementação alimentar a base de cobre.

No mapa dos sedimentos de corrente (figura 18), as zonas empobrecidas acham-se, de um modo geral, sobre sedimentos arenosos, pobre em cobre, da Bacia do Paraná. Por outro lado as zonas enriquecidas se posicionam sobre os derrames basálticos, rochas com bom conteúdo de cobre, da Formação Serra Geral pertencente a referida bacia. Na água (figura 19) só foi detectado em 04 bacias com baixas concentrações e sem nenhuma relação com os sedimentos de corrente.

Cobalto – Co – (figuras 20 e 21) - O cobalto faz parte dos oligo-elementos indispensáveis ao desenvolvimento e crescimento da maior parte dos animais. Em particular, entra na composição da vitamina B12 ou cobalamina, antianêmica (TABELA PERIÓDICA v2.5, *op.cit*).

Na figura 20, as zonas enriquecidas mostram, como geoquimicamente era de se esperar, a forte associação deste elemento com o cobre sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral. Nas águas (figura 21), aparecem em drenagens sem nenhuma relação com os sedimentos de corrente, retratando ações antrópicas, diretamente nas águas das drenagens, no período das coletas das amostras.

Ferro – Fe – (figuras 22 e 23) - O ferro desempenha um papel importante nos processos metabólicos dos animais, sendo um constituinte vital nas células de todos os mamíferos. A função do ferro no corpo limita-se quase exclusivamente ao transporte de oxigênio no sangue, por intermédio da hemoglobina, existente nos glóbulos vermelhos. Está também presente em algumas enzimas que catalisam mecanismos de oxidação celular. No homem os órgãos mais ricos em ferro são o fígado e o baço. Embora em menor quantidade, está também presente nos ossos, na medula, nos rins e nos intestinos. Um homem adulto absorve cerca de 5mg de ferro por dia, enquanto a mulher absorve ligeiramente mais para contrabalançar as perdas durante a menstruação ou a gestação. Nas crianças a absorção de ferro é muito maior, excedendo 10 a 15 mg por dia. Há vários sais ferrosos, como o sulfato ferroso, que são bastante eficazes no tratamento de anemia devido à deficiência de ferro. Dos alimentos mais ricos em ferro destaca-se o fígado, o peixe e a gema de ovo. Os vegetais mais ricos neste elemento são os feijões e as ervilhas e, de um modo geral, as hortaliças (TABELA PERIÓDICA, *op. cit*).

Por ser um elemento essencial ao homem e aos animais, as zonas empobrecidas dos sedimentos de corrente (figura 22) merecem maior destaque, principalmente porque elas indicam que os solos daquelas bacias de captação são igualmente pobres em **Fe**. Praticamente sem correlação com os sedimentos, as águas do rio Pardo (figura 23) mostraram-se empobrecidas por quase todo o seu percurso na área do Projeto.

Magnésio – Mg – (figuras 24 e 25) - O magnésio é um elemento essencial para a vida animal e vegetal. A atividade fotossintética da maior parte das plantas é baseada na absorção da energia da luz solar, para transformar água e dióxido de carbono em hidratos de carbono e oxigênio. Esta reação só é possível devido à presença de clorofila, cujos pigmentos contêm um composto rico em magnésio. Nos sistemas animais, o magnésio também desempenha um papel importante em reações de catálise enzimática envolvendo o grupo dos fosfatos e que estão associadas à transferência de energia e ao estímulo a nível muscular. A falta de magnésio no corpo humano, pode provocar diarreia ou vômitos bem como hiperirritabilidade ou uma ligeira calcificação nos tecidos. Em casos extremos, esta deficiência provoca tremuras, desorientação ou mesmo convulsões que levam à morte. Um adulto necessita, diariamente, de 300 mg de magnésio para um bom equilíbrio eletrolítico. O excesso de magnésio é prontamente eliminado pelo corpo. No entanto, deve se ter atenção com compostos de magnésio como o sulfato ou o hidróxido que são laxantes e purgativos bastante eficazes (TABELA PERIÓDICA, *op.cit*).

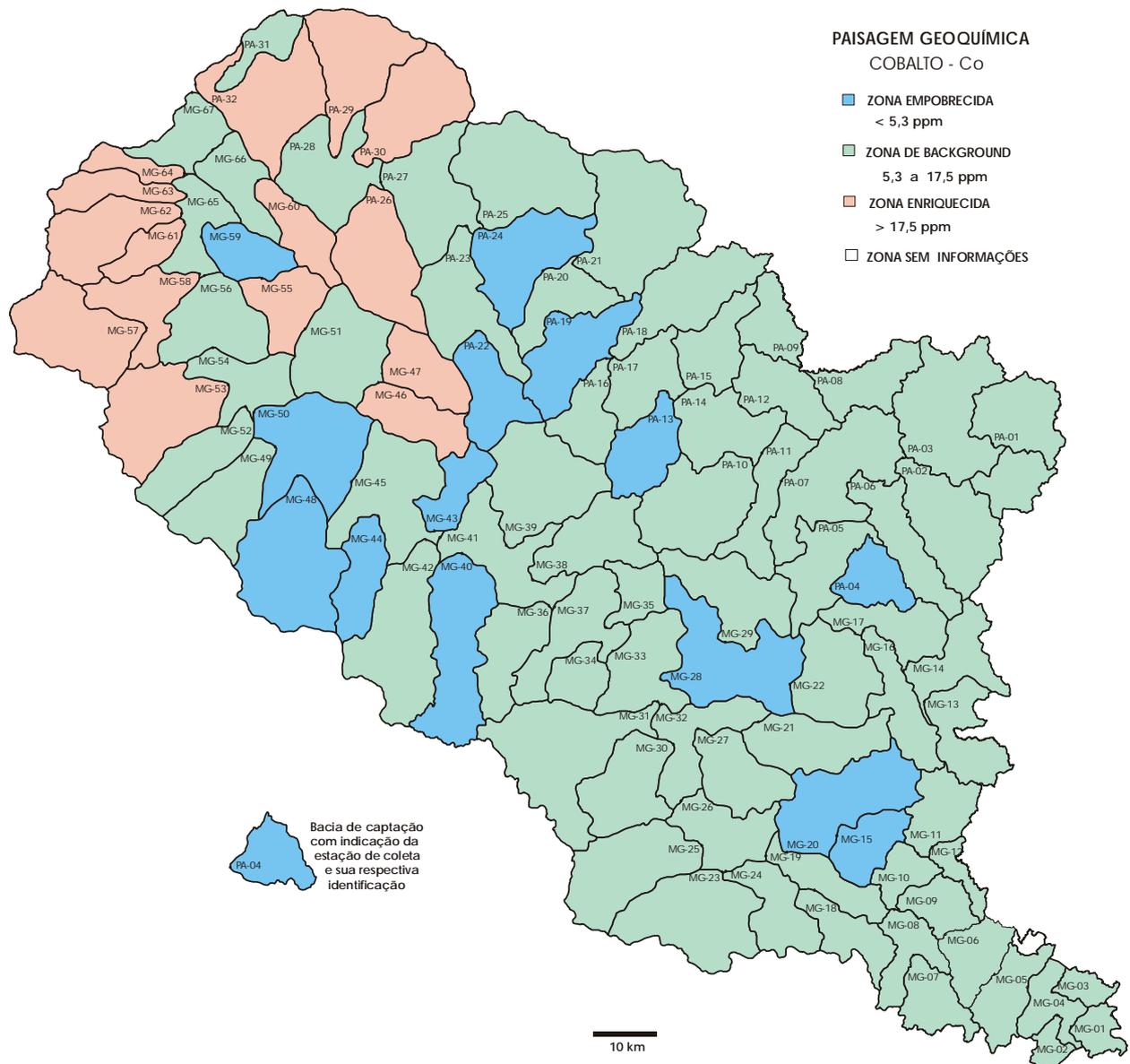


Figura 20 - Mapa Geoquímico de distribuição iônica de cobalto nos sedimentos de corrente



Figura 21 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de cobalto nas águas fluviais

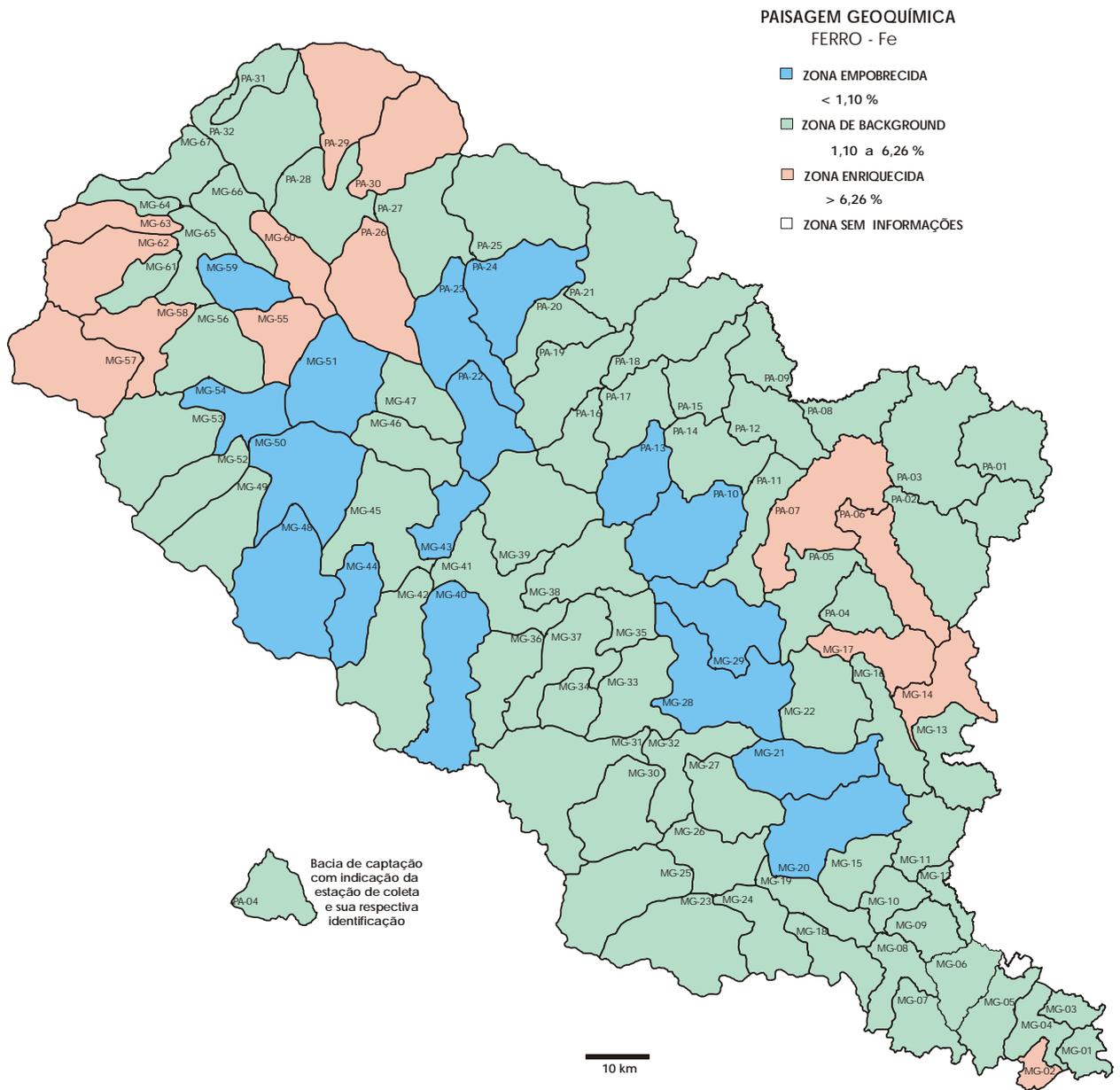


Figura 22 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de ferro nos sedimentos de corrente

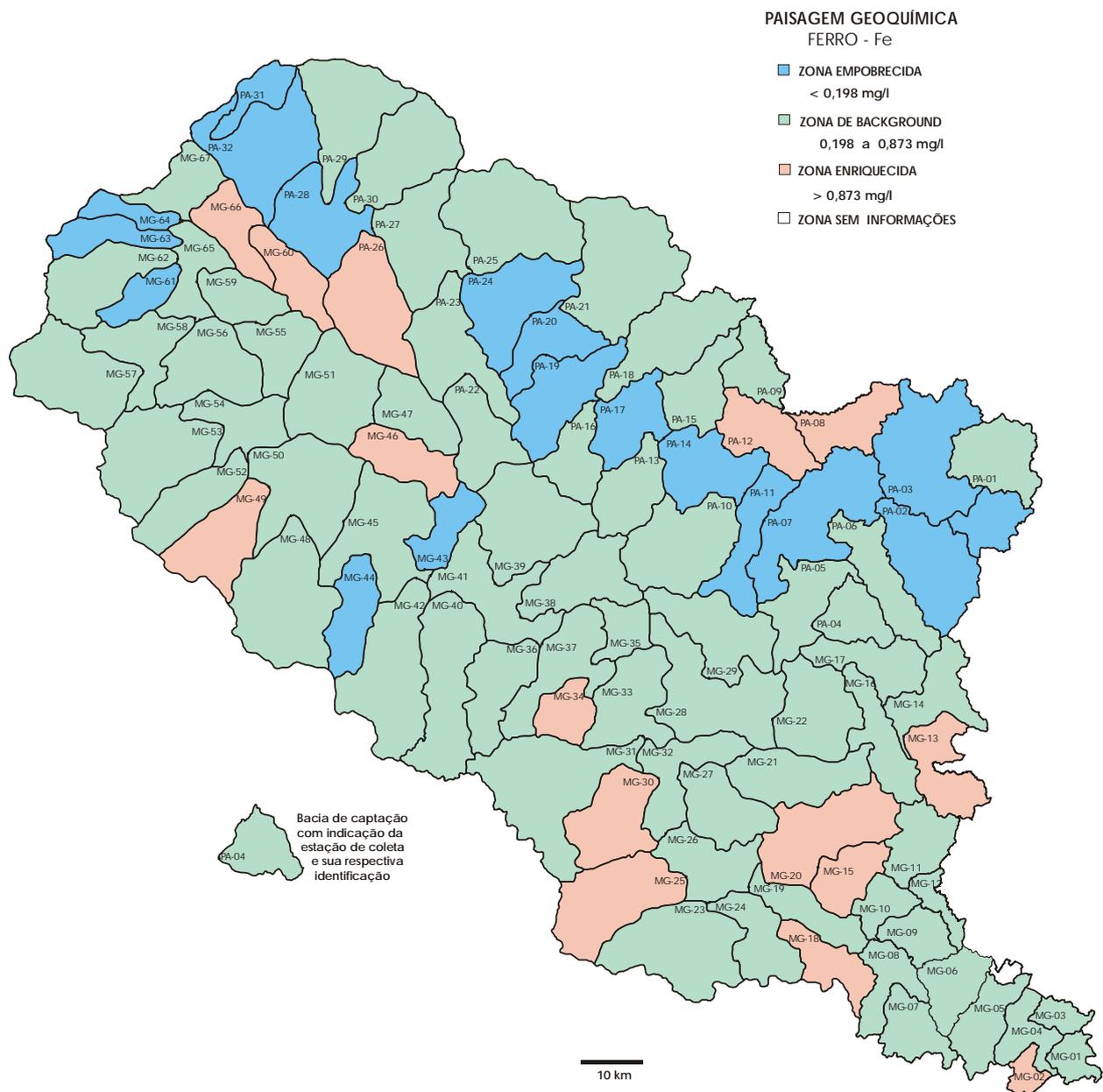


Figura 23 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de ferro nas águas fluviais

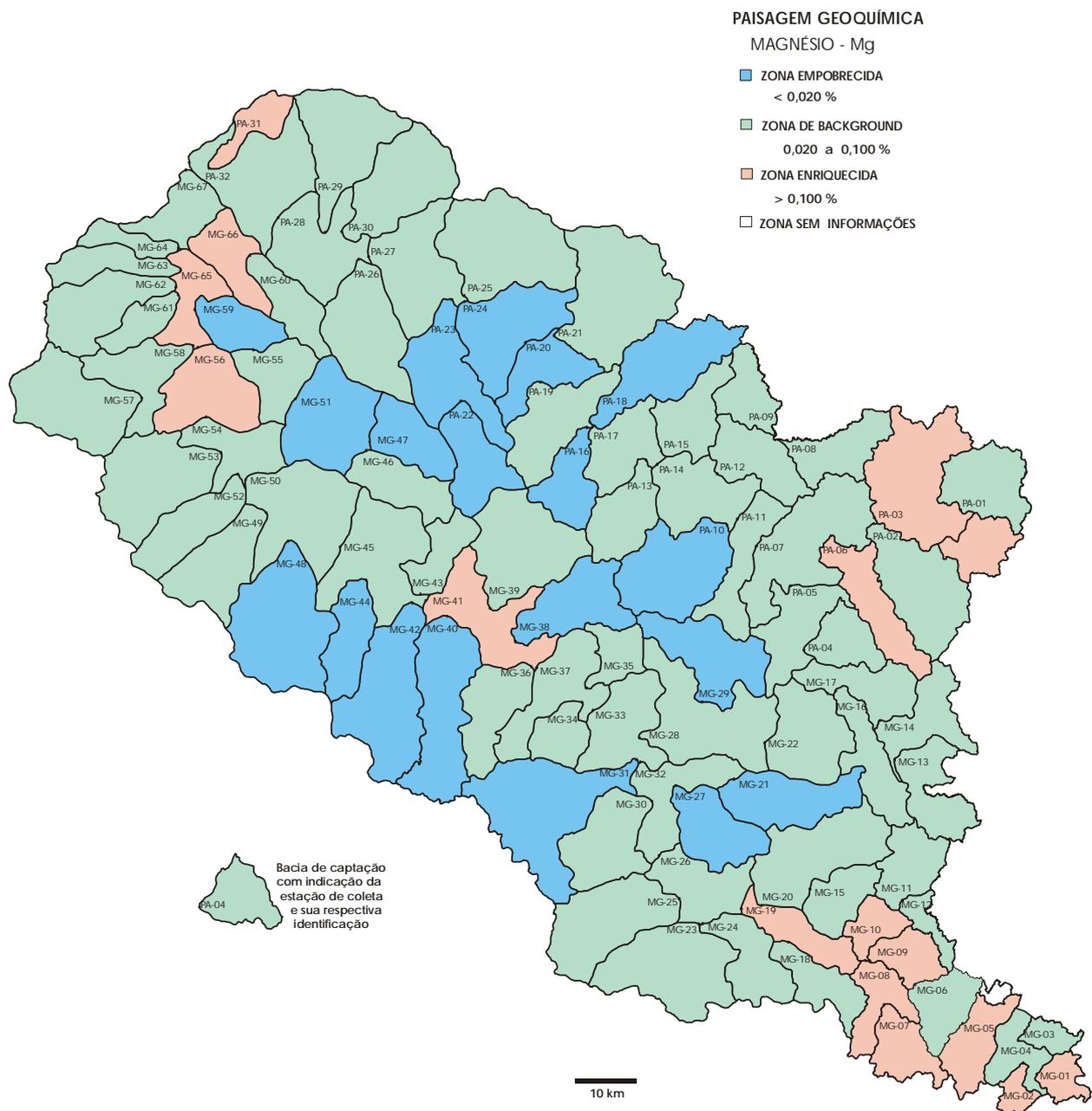


Figura 24 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de magnésio nos sedimentos de corrente

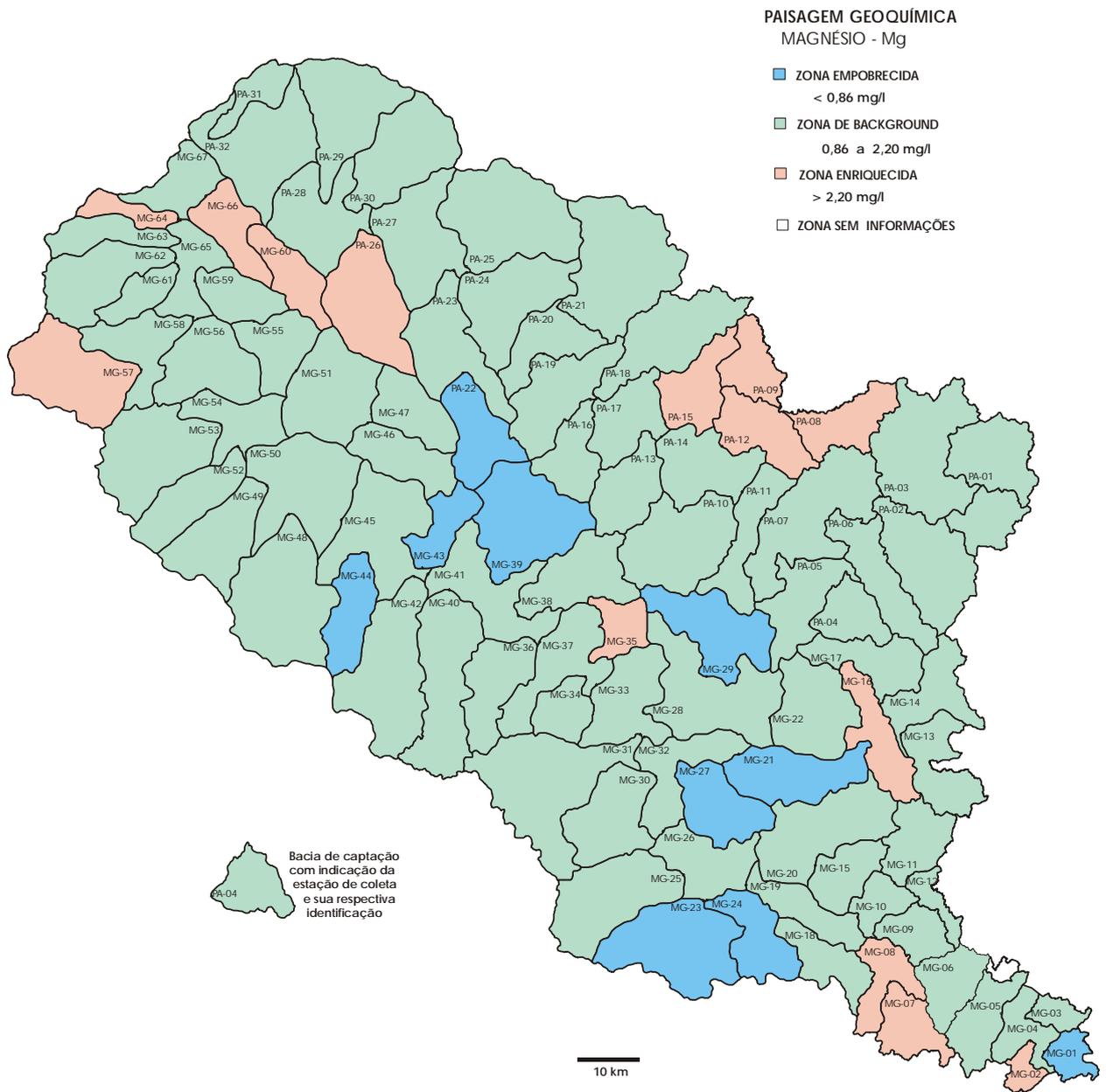


Figura 25 - Mapa geológico de distribuição iônica de magnésio nas águas fluviais

Também por ser um elemento importante aos seres vivos, destacam-se, na figura 24, as zonas empobrecidas cujos solos devem estar carentes em **Mg**.

Zinco – Zn – (figuras 26 e 27) - O zinco desempenha um papel vital no desenvolvimento animal. No homem sua deficiência pode causar dermatites e nanismo. Uma dieta rica em zinco diminui o risco de hemorragias e melhora a cicatrização das feridas. Na agricultura, os baixos teores de **Zn** podem evidenciar áreas com baixa produtividade agrícola e nesses casos ele é usado como suplemento nutritivo para promover o crescimento das plantas.

No mapa dos sedimentos de corrente (figura 26), pode-se observar possíveis solos empobrecidos sobre sedimentos arenosos pobres em elementos essenciais e solos argilosos (predominantemente terra roxa) ricos nestes mesmos elementos, desenvolvidos sobre os derrames basálticos da Formação Serra Geral. É claro que em alguns casos, além da geologia favorável, os solos podem estar enriquecidos por contaminação de origem antrópica, principalmente naquelas bacias que abrigam grandes centros urbanos (Ribeirão Preto por exemplo). Altos teores de zinco no solo podem ser tóxicos para a plantação de cereais, bem como no organismo humano podem causar problemas circulatórios e de concentração mental. Apenas para corroborar o exemplo de Ribeirão Preto, o mapa das águas fluviais (figura 27) mostra a contaminação das mesmas na bacia de captação que envolve aquela cidade e seus arredores.

Chumbo – Pb – (figuras 28 e 29) - De um modo geral é muito tóxico, acumulando-se principalmente nos ossos. Leva a distúrbios de aprendizagem em crianças bem como pode causar danos irreversíveis ao cérebro. Pode provocar cefaléia intensa, vertigem, tremores, dores articulares, distúrbios mentais, hiperatividade, anorexia, lesões musculares, dores abdominais, tumores renais e outros carcinomas. Os compostos de chumbo são igualmente nocivos para os animais. O efeito da absorção do elemento não afeta os vegetais. No entanto, estes acumulam chumbo que entra na cadeia alimentar pela ingestão destes vegetais pelos animais e pelo homem que se alimenta dos animais e vegetais contaminados. O chumbo e o seu sulfato são muito pouco absorvidos, considerando-se praticamente inócuos. No entanto, os sais solúveis, o cloreto, o nitrato, o acetato etc., são venenos muito ativos (TABELA PERIÓDICA, *op.cit*).

No Vale do Ribeira onde existem muitas minas de chumbo, hoje paralisadas ou abandonadas, e muitas outras áreas mineralizadas, os solos ali desenvolvidos possuem altíssimas concentrações de **Pb**. As populações que vivem nessas regiões (municípios de Apiaí, Iporanga, Ribeira e Eldorado) são de baixo poder aquisitivo e desenvolvem sobre esses solos uma cultura de subsistência. Por informação verbal da geóloga Fernanda G. da Cunha (CPRM-RJ) que esta realizando um trabalho de pesquisa para sua tese na área da Geomedicina junto a UNICAMP, os resultados de análises de sangue em crianças daqueles municípios, acusaram altas concentrações de **Pb**. Esses resultados caracterizam um problema de saúde pública por contaminação de chumbo.

No mapa de distribuição nos sedimentos de corrente (figura 28), as bacias das zonas enriquecidas, posicionadas sobre as rochas do embasamento cristalino parecem estar refletindo mineralizações sulfetadas de elementos calcófilos (afinidade pelo enxofre) **As-Ag-Au-Cd-Pb-Mo-Ni-Sb** (o **Au, Mo** e **Ni** na realidade são sidero-calcófilos, possuem afinidade pelo ferro também). Assim, as bacias relativas as amostras PA-06 e PA-07 mostram associação de **As-Au-Cd-Pb-Sb** (ver figuras correspondentes). Nas das amostras MG-11, MG-16 e MG-17 a associação é **As-Pb**. Na amostra MG-14, cuja bacia engloba as cidades de São João da Boa Vista e Águas da Prata, a associação é **Ag-Cd-Mo-Ni-Pb**, possivelmente causada por mineralizações do tipo hidrotermal em rochas metabásicas *sensu lato* (anfíbolitos, granulitos básicos, granodioritos e metabásicas) e granitóides que ocorrem naquelas regiões. As bacias enriquecidas da região de Guariba e Barrinha, dentro da Bacia do Paraná, possivelmente tem origem de contaminação urbana. Nas águas (figura 29) só aparecem com resultado definido nas bacias MG-04 e MG-58.

Cádmio – Cd – (figura 30) – Tão tóxico quanto o **Pb** com o qual é comum vir associado, o cádmio é acumulativo no organismo humano. Pode causar hipertensão arterial, cardiomegalia, arteriosclerose, osteoma, nefrite, calcificação nos rins, deformações nos ossos e disfunção renal. Também pode causar câncer. Teores acima de 30ppm em solos, podem contaminar plantações (TABELA PERIÓDICA, *op.cit*).



Figura 26 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de zinco nos sedimentos de corrente

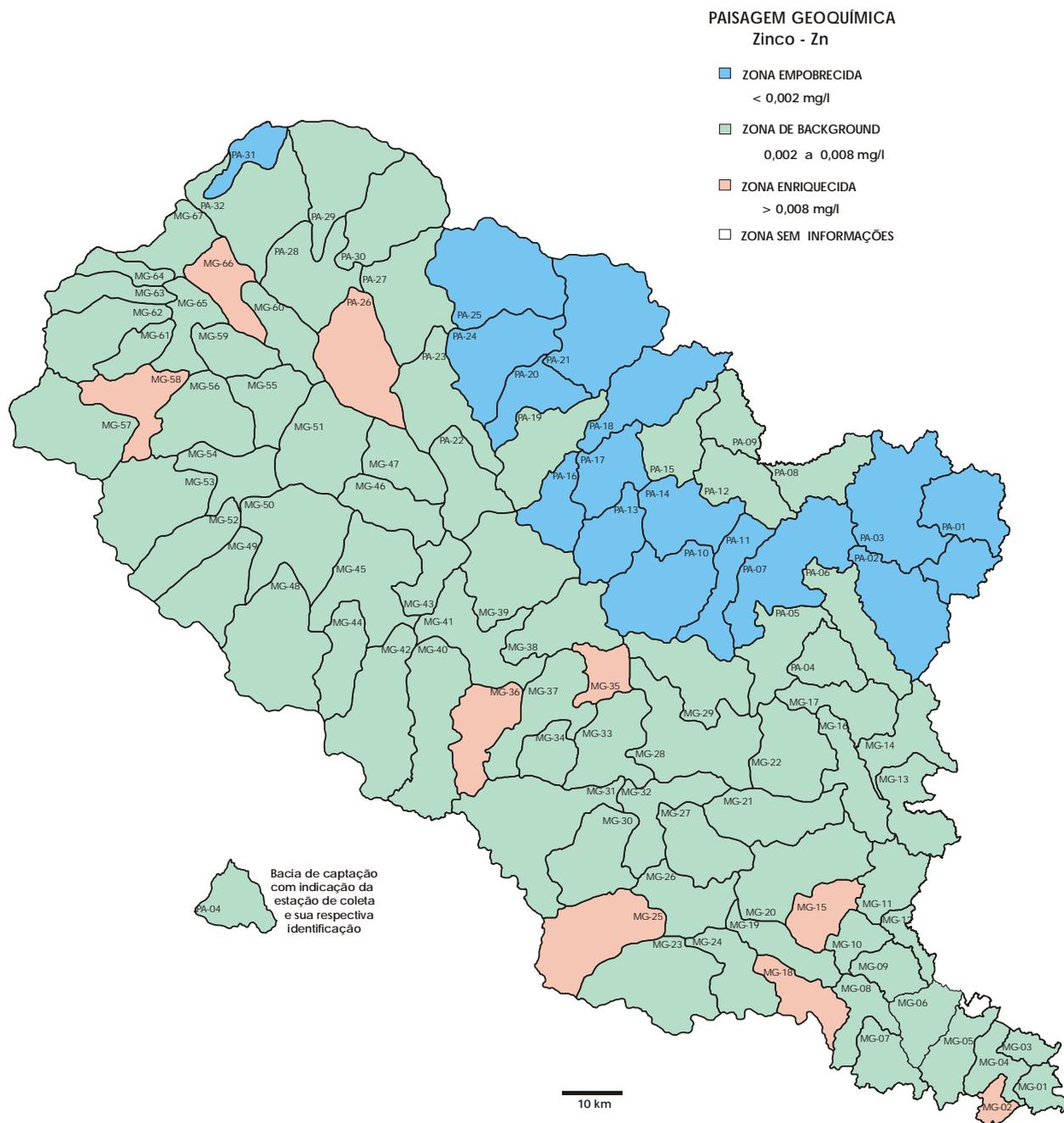


Figura 27 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de zinco nas águas fluviais

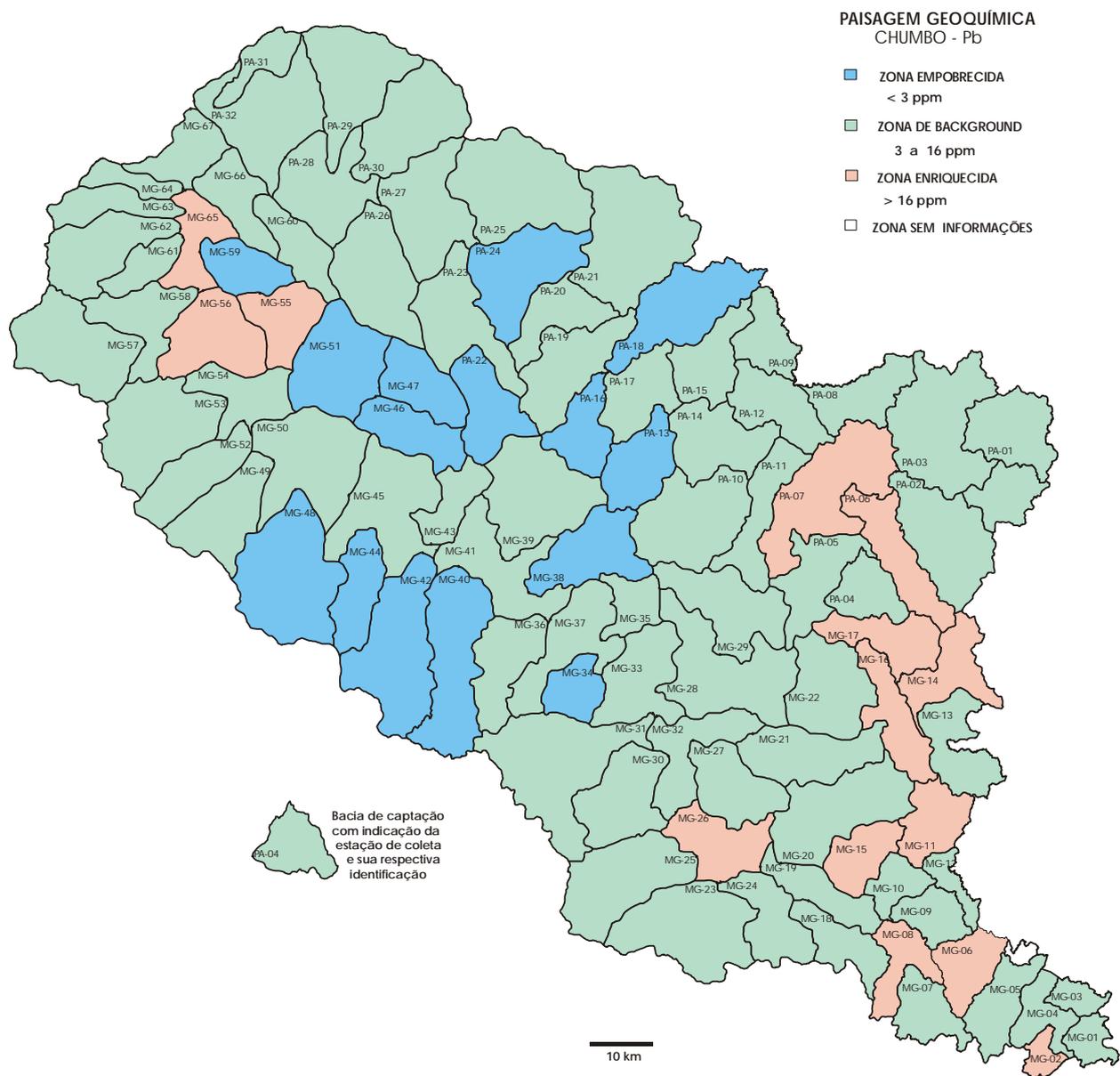


Figura 28 - Mapa geológico de distribuição iônica de chumbo nos sedimentos de corrente



Figura 29 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de chumbo nas águas fluviais

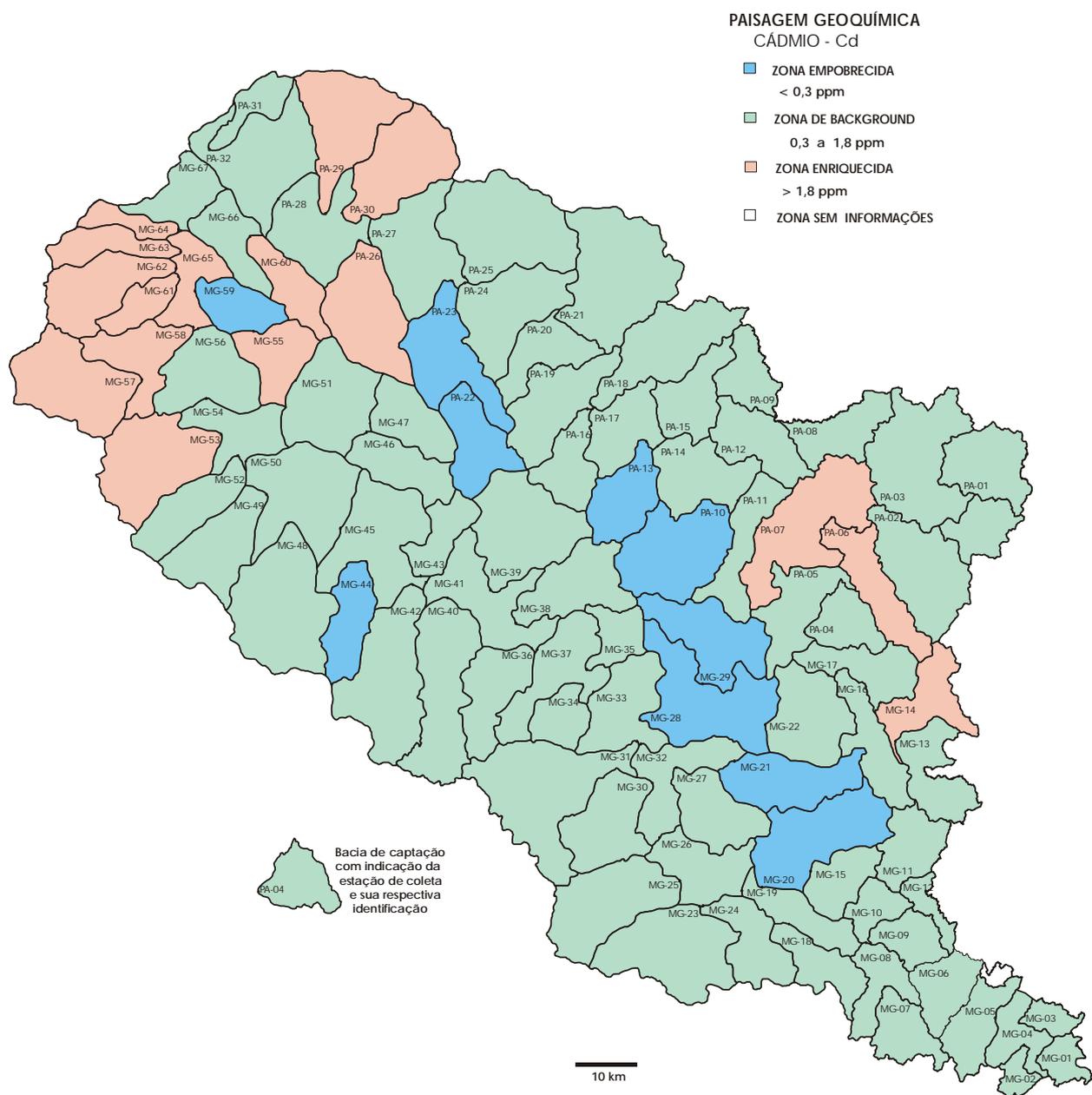


Figura 30 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de cádmio nos sedimentos de corrente

No mapa, as bacias da zona enriquecida da porção leste, como já abordadas na descrição do chumbo, podem estar refletindo mineralizações. Entretanto, as zonas enriquecidas da porção noroeste devem estar mostrando contaminações produzidas pelo homem. Com isso os solos podem estar sendo contaminados sem que afete os vegetais mas com terríveis conseqüências para os animais e para o homem. Nesses casos, em geral, o cádmio origina-se de rejeitos de metalurgia, indústrias de baterias e de lonas de freio.

Molibdênio – Mo – (figs.31 e 32) – O **Mo** também é um micronutriente essencial aos seres vivos. A toxicidade do molibdênio e de seus compostos é considerada como pequena na literatura. Os compostos insolúveis têm baixa toxicidade, contudo o trióxido de molibdênio é um irritante dos olhos e das membranas mucosas. Casos de intoxicação humana por molibdênio são raros. Estudos realizados pela EMBRAPA com adição de **Mo** em solos deficientes em micronutrientes, na cultura da soja, mostrou considerável aumento da produção por hectare (SFREDO,1994).

No mapa dos sedimentos de corrente (figura 31), observa-se que só em 03 bacias o **Mo** aparece com resultado definido. A bacia da amostra MG-14, por estar associada a enriquecimento de outros elementos calcófilos (ver descrição do chumbo), parece estar relacionada a mineralização. Nas águas (figura 32), foi detectado em 05 bacias sem nenhuma relação com os sedimentos.

Níquel – Ni – (figuras 33 e 34) – Trata-se de mais um micronutriente essencial e por essa razão no mapa dos sedimentos (figura 33), as zonas empobrecidas chamam mais a atenção. Nessas bacias os solos devem ser carentes em **Ni** e conseqüentemente os vegetais neles existentes. Como já visto na descrição do chumbo, o enriquecimento da bacia MG-14 pode estar associado a mineralização. Nas demais bacias sobre as rochas cristalinas (porção sudeste), eventualmente o enriquecimento pode estar relacionado à presença de rochas metaultramáficas e/ou à poluição urbana. Naquelas da porção noroeste, a origem do enriquecimento parece estar relacionada à contaminação provocada pelo homem, principalmente na bacia (PA-26) que envolve a cidade de Ribeirão Preto, onde as águas (figura 34) refletem claramente o enriquecimento dos solos.

Prata – Ag – (figura 35) – Excetuando-se a bacia da amostra MG-14 que, como se viu anteriormente, pode ter sua origem em zona mineralizada, as outras 03 em que a **Ag** foi detectada , provavelmente refletem contaminação de lixo urbano (material de chapas radiográficas, por exemplo).

Cromo – Cr – (figura 36) – É um dos micronutrientes essenciais aos animais e ao homem. A principal função biológica do **Cr** (SCHWARZ & MERTZ, 1959) é fazer parte integrante de um complexo orgânico, originalmente isolado com o nome de “Fator de Tolerância de Glicose”(FTG) que trabalha em conjunto com a insulina. O **Cr** também afeta vários enzimas e as vezes é encontrado, em altas concentrações, combinado com ácidos nucleicos (SANER,1980). Num ser humano adulto, deve existir cerca de 6mg de **Cr**. Em quantidades excessivas pode ser muito tóxico, dependendo da forma como ele se apresenta. O trivalente parece ser muito menos tóxico do que o hexavalente que tem uma ação irritante e corrosiva no corpo humano. Em certas condições estes compostos hexavalentes podem causar a precipitação de proteínas. Num ambiente industrial, podem afetar a pele e as via respiratórias, provocando dermatites e ulcerações. A exposição prolongada a poeiras ricas nestes compostos de cromo, pode ter um efeito cancerígeno.

No mapa observam-se as zonas cujos solos estão empobrecidos neste micronutriente. Mais uma vez, as bacias enriquecidas sobre as rochas do embasamento (leste-sudeste da área) podem simplesmente estar refletindo a presença de rochas metaultramáficas ,fontes naturais de **Cr** naquelas regiões. Ao passo que o enriquecimento das outras bacias, provavelmente está relacionado à presença de concentrações urbanas onde o cromo é usado no curtimento de peles, como mordentes, no fabrico de corantes, como preservativos da madeira, na obtenção de pigmentos que se empregam na pintura contra a corrosão dos metais (cromagem), etc.

Manganês – Mn – (figuras 37 e 38) - É um elemento essencial à vida animal e vegetal, que entra na constituição de certos enzimas, e provavelmente condiciona a utilização de certas vitaminas (B1). Por estas razões é freqüentemente adicionado a fertilizantes e a preparados’

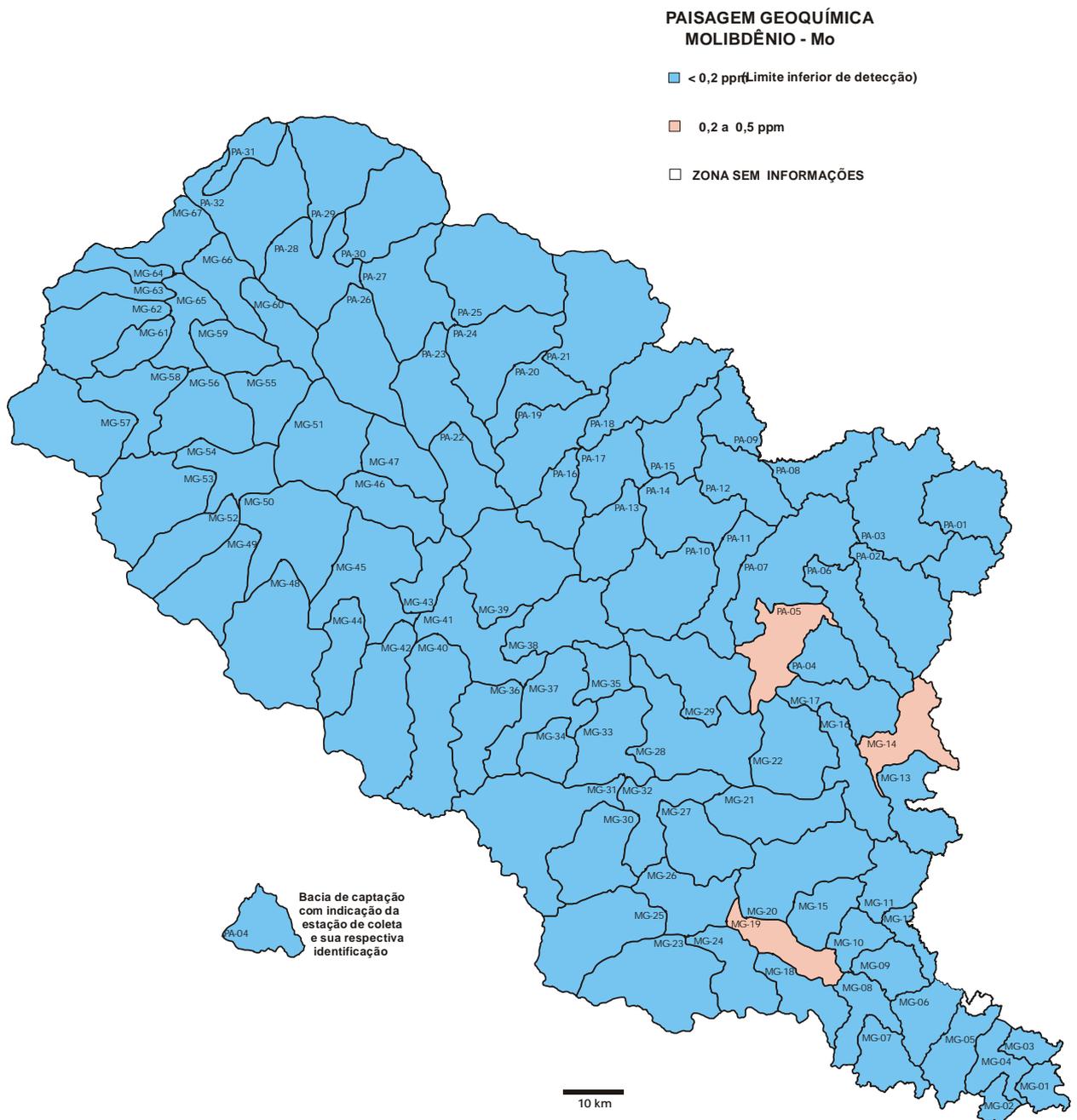


Figura 31 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de molibdênio nos sedimentos de corrente



Figura 32 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de molibdênio nas águas fluviais

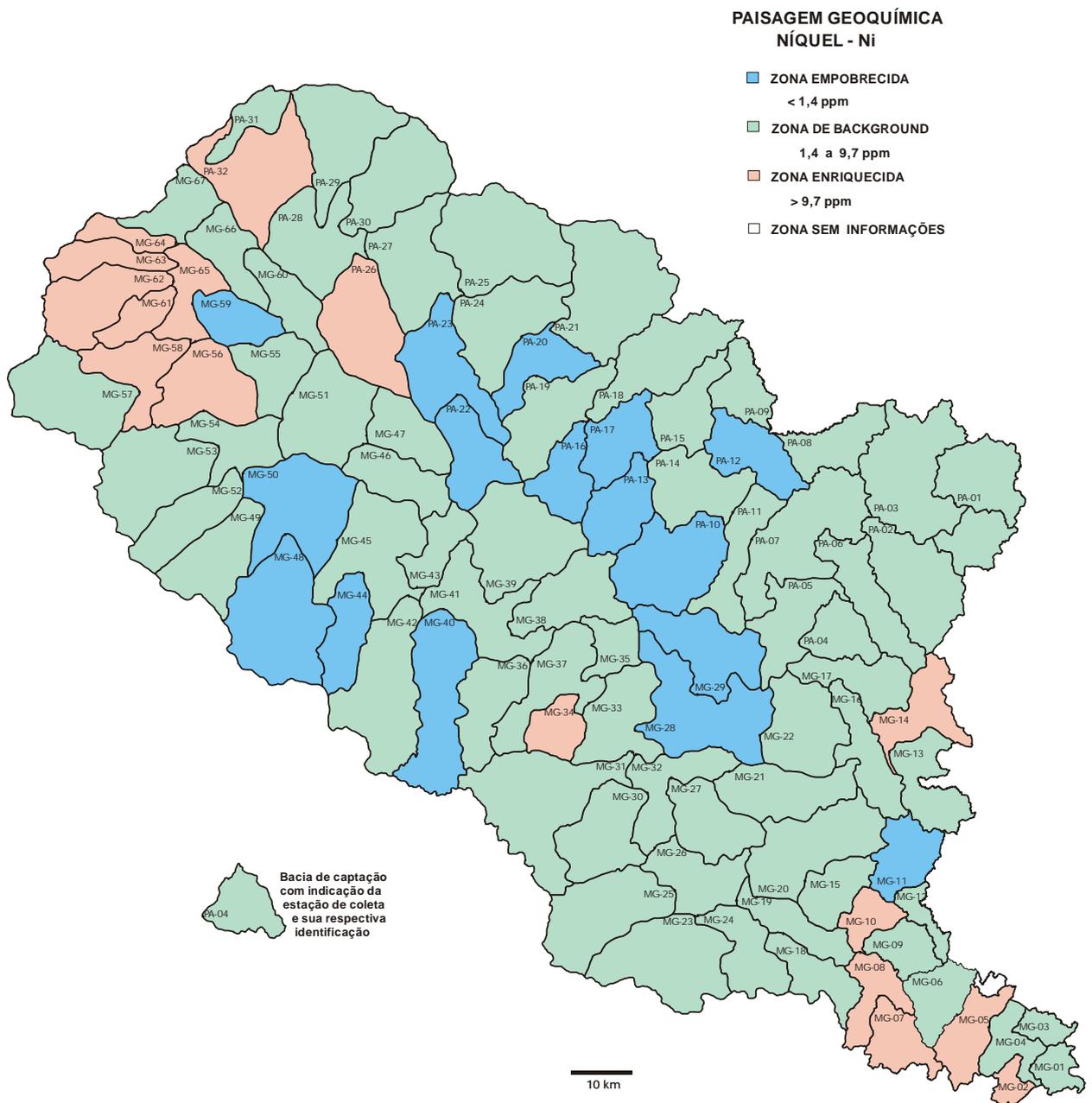


Figura 33 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de níquel nos sedimentos de corrente



Figura 34 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de níquel nas águas fluviais

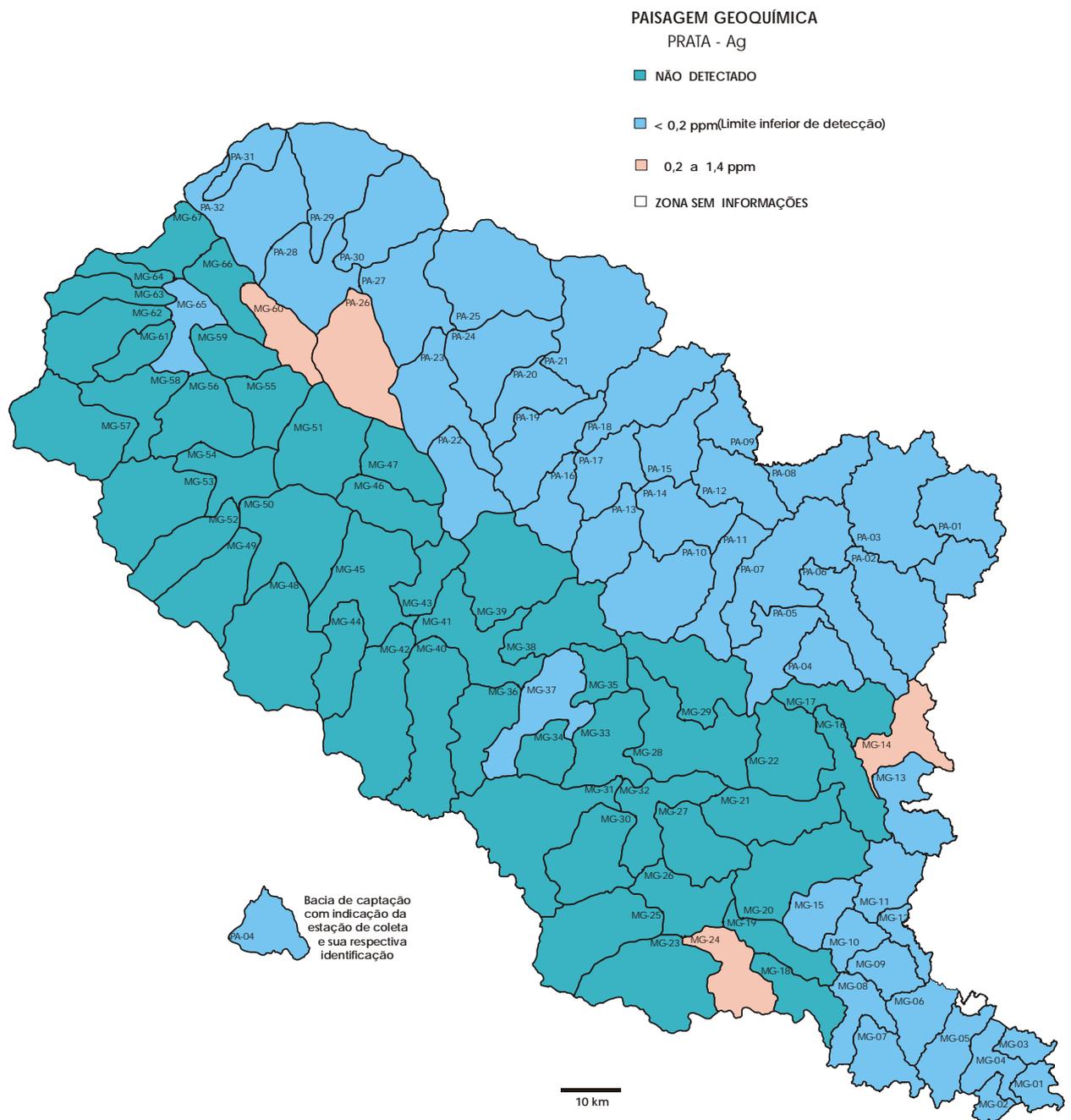


Figura 35 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de prata nos sedimentos de corrente

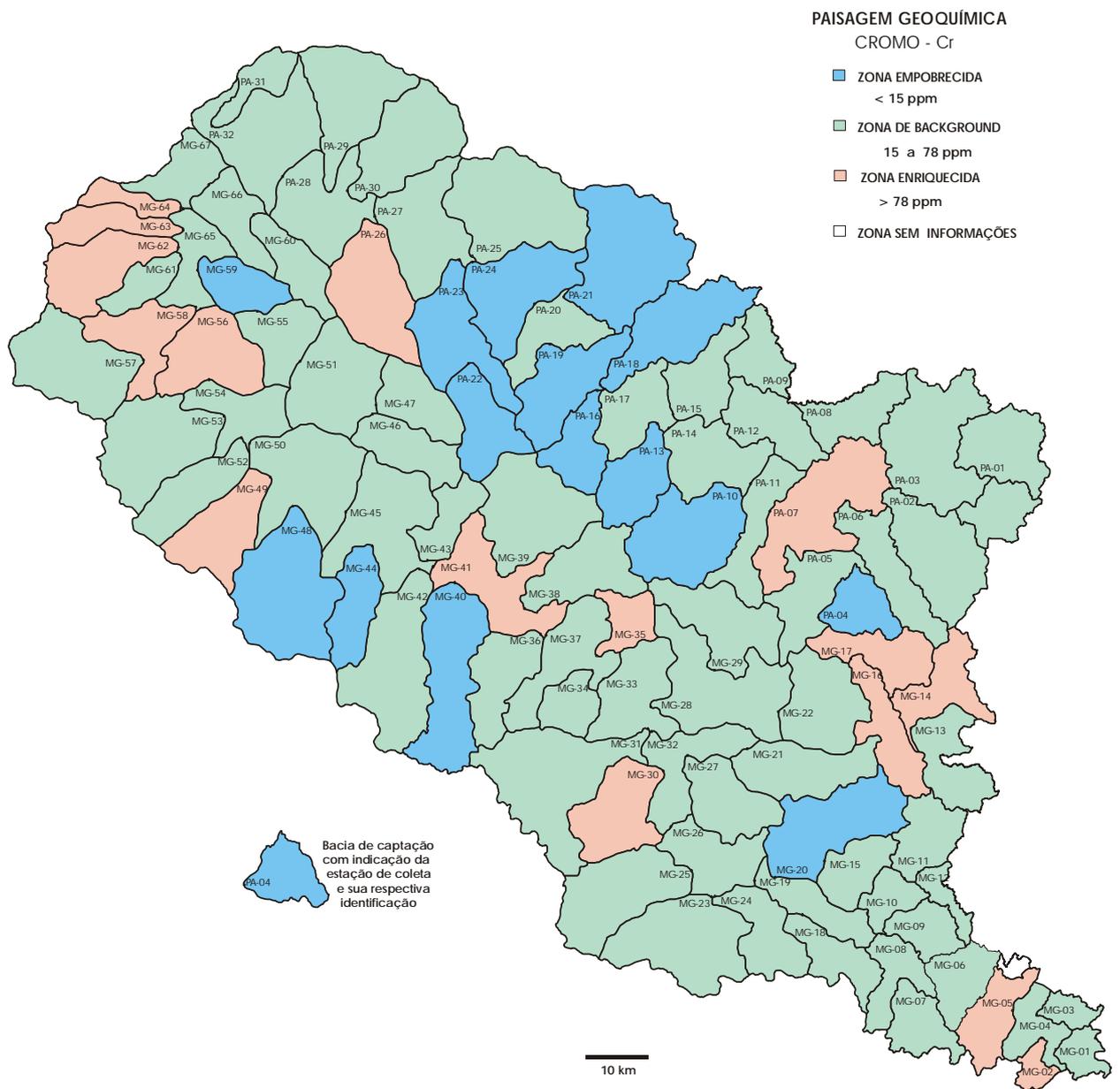


Figura 36 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de cromo nos sedimentos de corrente

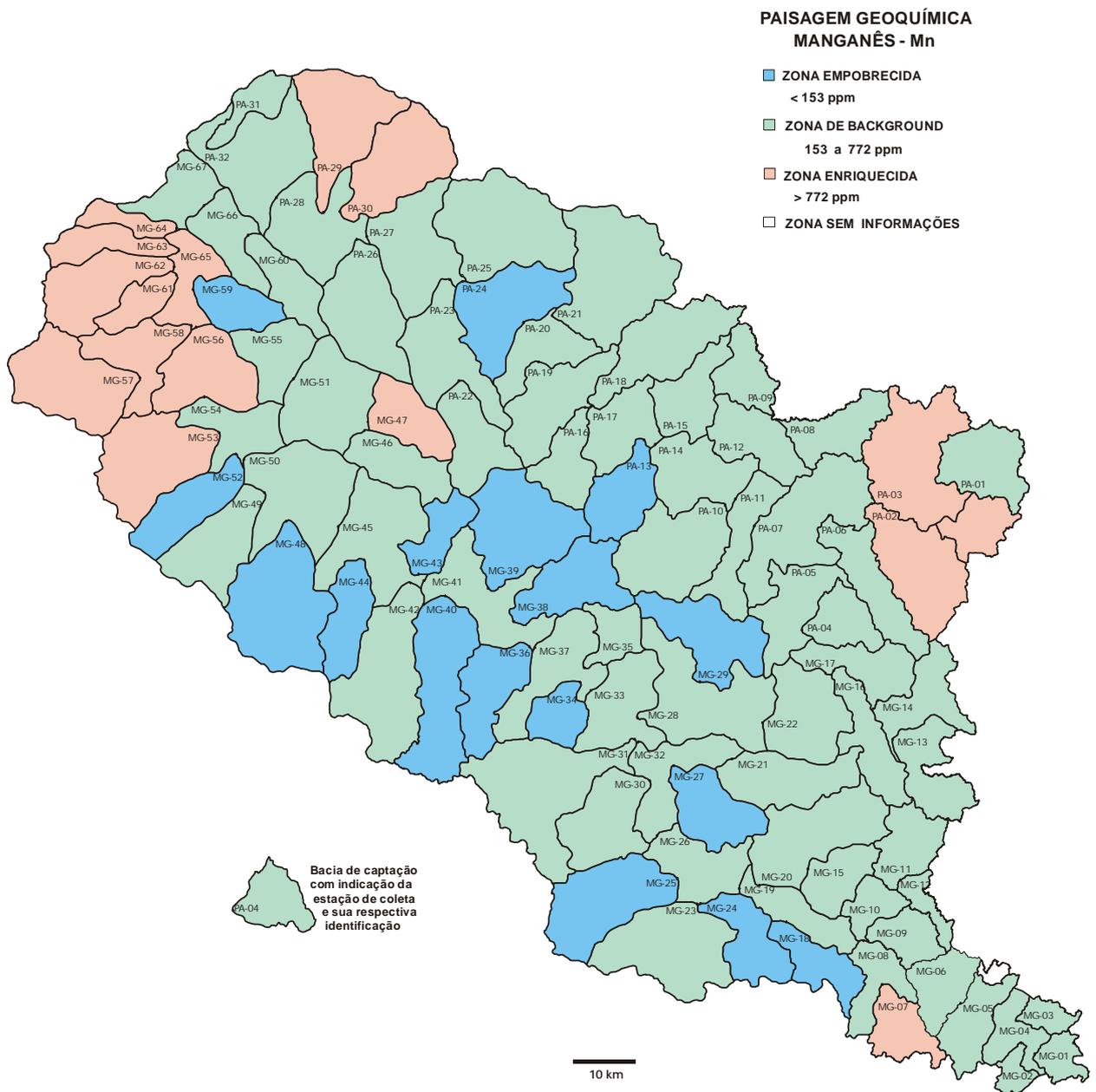


Figura 37 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de manganês nos sedimentos de corrente

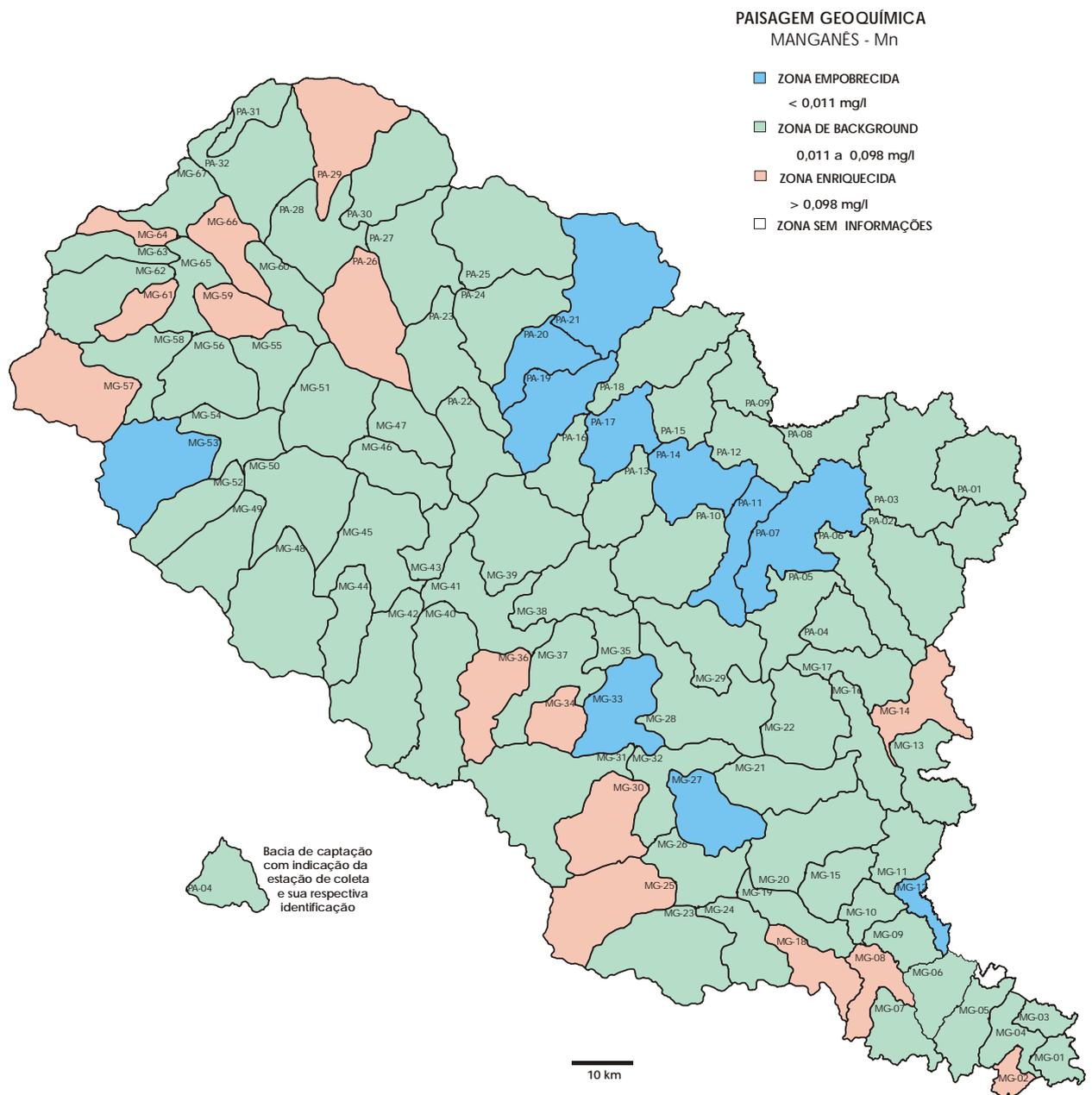


Figura 38 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de manganês nas águas fluviais

vitamínicos farmacêuticos. A sua deficiência provoca a diminuição de clorofila nas plantas (que adquirem um aspecto amarelado) e perturbações nos tecidos ósseos dos animais. Os compostos de manganês, genericamente, não são considerados tóxicos. Contudo, as propriedades oxidantes de alguns permanganatos podem causar irritação da pele e a inalação dos seus vapores pode ser bastante prejudicial (TABELA PERIÓDICA, *op.cit*).

No mapa (figura 37), observa-se que a grande maioria das zonas empobrecidas esta colocada sobre arenitos da Bacia do Paraná e as enriquecidas sobre rochas com alto conteúdo de minerais ferromagnesianos (rochas máficas e ultramáficas), onde é comum a presença do **Mn**, independentemente de estarem na bacia ou no embasamento. Nas águas (figura 38), algumas bacias refletem o enriquecimento dos solos.

Estanho – Sn – (figuras 39 e 40) – Observando-se o mapa de distribuição nos sedimentos de corrente (figura 39), verifica-se que as bacias das zonas enriquecidas sobre as rochas do embasamento cristalino (regiões de Mococa, São Sebastião da Grama, Vargem Grande do Sul, São João da Boa Vista, Santo Antônio do Jardim, Espírito Santo do Pinhal, Itapira, Lindóia, Águas de Lindóia e Socorro) possivelmente estão refletindo a presença de rochas graníticas de filiação alcalina, eventualmente mineralizadas a estanho. As bacias das zonas empobrecidas correspondem, a grosso modo, a área aflorante dos arenitos, normalmente onde os solos são pobres em micronutrientes. As duas zonas enriquecidas dentro da Bacia (regiões de Sertãozinho e Porto Ferreira), provavelmente devem refletir contaminações urbanas. No mapa das águas (figura 40) apenas na bacia correspondente a amostra PA-12 (região de Mococa), uma das 05 em que o **Sn** foi detectado, parece estar sendo afetada pelo enriquecimento dos solos.

Apenas um pequena porcentagem de estanho passa para os alimentos nos recipientes feitos com este elemento. O máximo permitido nos alimentos é cerca de 300 mg por quilograma apesar de concentrações mais elevadas não serem, em geral, prejudiciais. Pode considerar-se o estanho como um elemento não tóxico.

Vanádio – V – (figuras 41 e 42) – Tem sido considerado como um elemento essencial para algumas espécies animais. Algumas experiências com ratos e pintos, mostrou que a deficiência de **V** em seus organismos prejudicava o crescimento e a reprodução dos mesmos (UNDERWOOD,1977 e PRASAD,1978). Os efeitos da falta de **V**, também pode causar alterações no colesterol, nos fosfolípidos e nos triglicérides. Embora tenha sido encontrado com alto teor em algumas plantas de uma determinada região, o **V** não se mostrou um elemento bioacumulador na cadeia alimentar, mesmo quando, em outra região, os vegetais tenham se desenvolvido em solos com altas concentrações de **V** oriundo de atividades industriais (PARKER *et al.*,1978).

Como o vanádio geralmente é encontrado em associação com o ferro e em rochas máficas e ultramáficas que são ricas em minerais ferromagnesianos, já era de se esperar que as bacias das zonas enriquecidas (figura 41), se posicionassem sobre rochas dessa natureza. Assim, lá estão sobre os derrames basálticos da Formação Serra Geral (à noroeste) e em algumas bacias da região do embasamento cristalino com aquelas características.

Fósforo – P – (figura 43) - O fósforo é um elemento de vital importância no crescimento e saúde de plantas e animais. Enquanto hidroxapatita, o fósforo é um importante constituinte dos dentes e dos ossos. Como trifosfato de adenosina (ATP), ou outros fosfatos orgânicos, o elemento tem um papel indispensável em processos bioquímicos. Todos os mecanismos biológicos que utilizam fósforo, utilizam-no na forma de ortofosfato ou, alternativamente, como polifosfato, que, por hidrólise, se transforma em ortofosfato. Exemplos destes processos são a fotossíntese, a fermentação, o metabolismo, etc. Nos seres vivos animais, o fósforo é também elemento constituinte do tecido nervoso bem como do protoplasma celular (TABELA PERIÓDICA, *op.cit*).

Na área, tem sua fonte natural nas rochas alcalinas (ricas em apatita que é um fosfato de cálcio) do Maciço de Poços de Caldas que deve estar enriquecendo os sedimentos de corrente da bacia relativa a amostra PA-06, cujas cabeceiras drenam essas rochas. Nas referentes às amostras MG-02 e MG-04, provavelmente existem rochas antigas com minerais fosfáticos como apatita, monazita, xenotímio e piromorfita, nas suas composições e que estão a enriquecer aquelas bacias. As outras bacias devem ser produto de contaminação antrópica do tipo esgotos domésticos e/ou fertilizantes.



Figura 39 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de estanho nos sedimentos de corrente

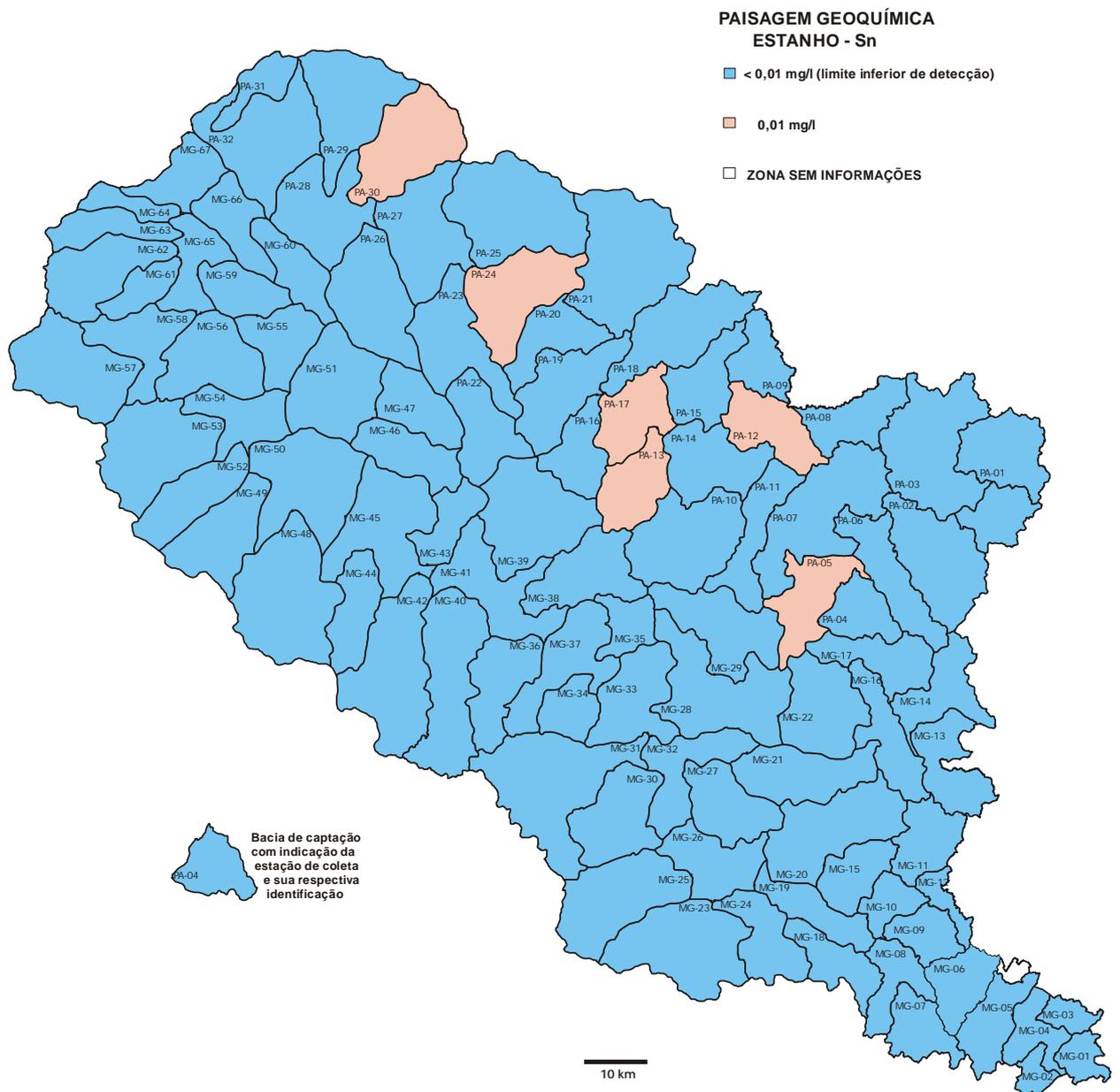


Figura 40 - Mapa geológico de distribuição iônica de estanho nas águas fluviais

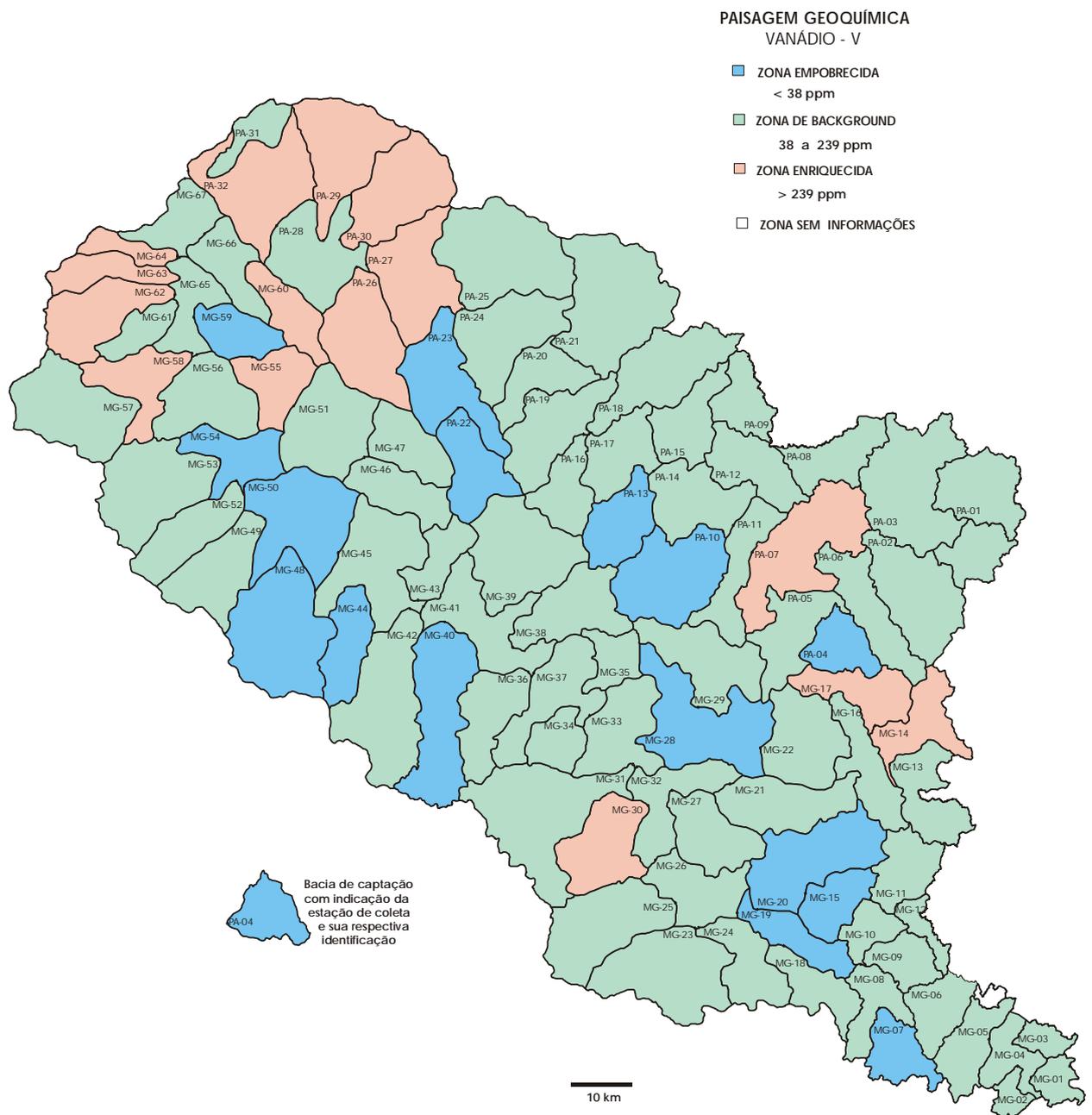


Figura 41 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de vanádio nos sedimentos de corrente



Figura 42 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de vanádio nas águas fluviais

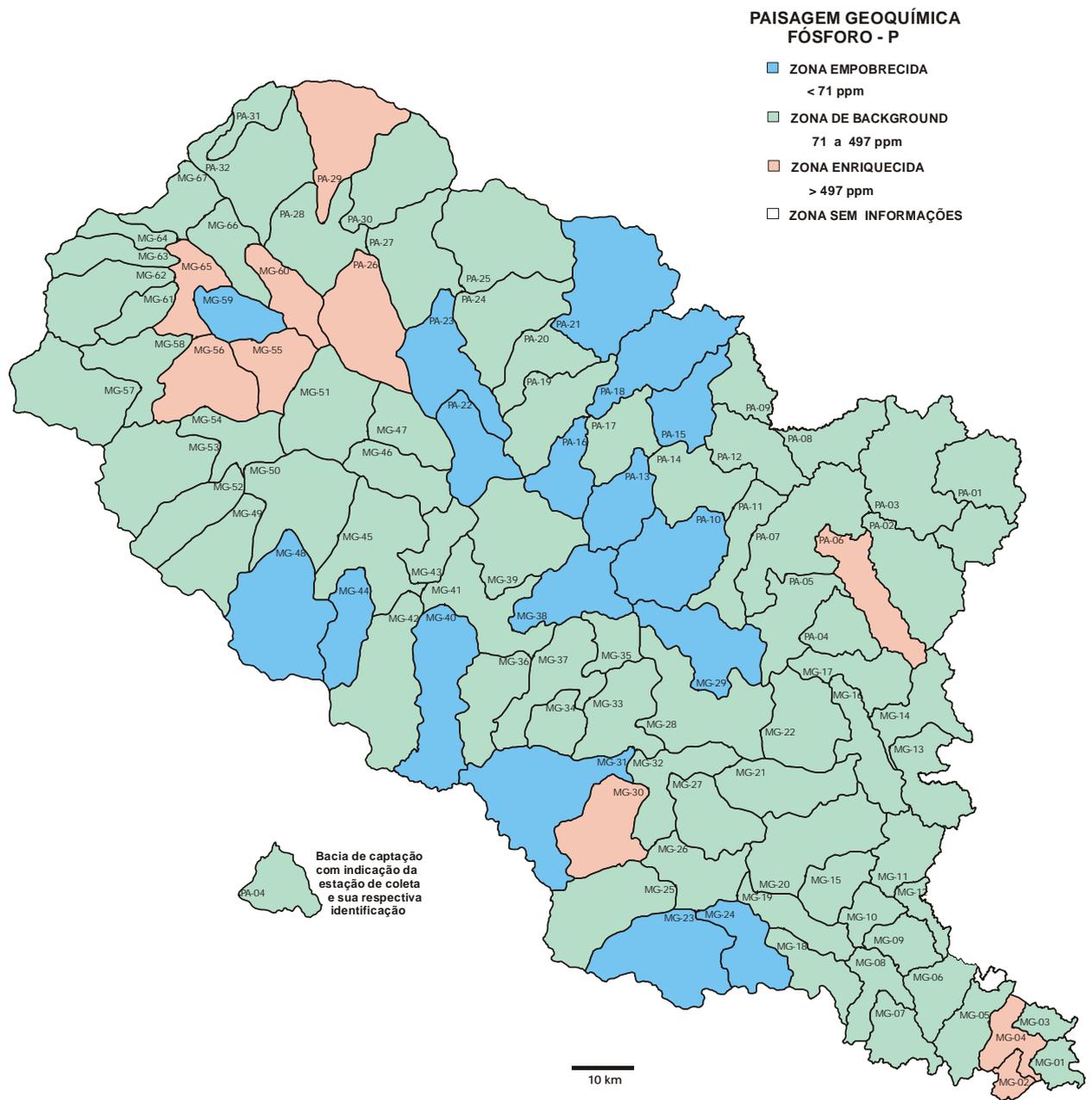


Figura 43 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de fósforo nos sedimentos de corrente

Estrôncio – Sr – (figuras 44 e 45) - O estrôncio tem um papel semelhante ao do cálcio no metabolismo humano, não sendo, portanto, tóxico. No entanto, os isótopos naturais Sr-89 e Sr-90 são extremamente perigosos uma vez ingeridos, pois ocupam o lugar do cálcio na estrutura óssea. Atuam, então, como fonte de radiação interna, podendo danificar a medula óssea e as células do sangue em formação e contribuindo para o aparecimento do câncer. O brometo e o cloreto de estrôncio são utilizados em medicina para controlar certos distúrbios nervosos. Outros compostos deste elemento aplicam-se no tratamento do reumatismo e na prevenção de osteoporose e das cáries. O isótopo radioativo ^{85}Sr é usado na detecção de câncer nos ossos (TABELA PERIÓDICA, *op.cit*).

Como a geologia (Anexo II), não mostra presença de carbonatitos (principal rocha fonte da associação dos metais alcalino terrosos **Ca-Ba-Sr**) que pudessem enriquecer os sedimentos de corrente (figura 44), acredita-se que essas zonas enriquecidas sejam produtos de contaminações pois o carbonato SrCO_3 e o óxido SrO são usados na indústria açucareira. Também como nitrato de estrôncio $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, é usado na produção de fogos de artifício. O sulfeto de estrôncio é usado como depilatório e em tintas luminescentes devido às suas propriedades específicas. O brometo e o iodeto têm aplicações na indústria farmacêutica. Finalmente, se houver alguma fábrica de televisores e/ou monitores em uma daquelas regiões, certamente estará funcionando como fonte de estrôncio pois é considerado um metal de alta tecnologia, componente essencial na composição do vidro frontal dos tubos de imagens para TV em cores. No mapa das águas (figura 45), nota-se que em algumas bacias a contaminação dos solos passou para as águas.

Lítio – Li – (figura 46) – Sua principal fonte são os aluminossilicatos (espodumênio, lepidolita, ambligonita e petalita) que ocorrem nos pegmatitos e nas rochas máficas. Dessa forma o mapa mostra coerência, pois as zonas enriquecidas se posicionam sobre o embasamento cristalino, onde são comuns os pegmatitos, e sobre os derrames (rochas máficas) da Formação Serra Geral. Entretanto, não se descarta o enriquecimento por contaminação industrial pois é utilizado como desgaseificante e agente de refinação de metais fundidos, como por exemplo na produção do cobre e suas ligas. Também atua como agente de refinamento de grão e aumenta a fluidez dos metais fundidos. A existência de pequenas percentagens de óxido de lítio em algumas substâncias utilizadas em cerâmica tem a vantagem de fazer baixar sensivelmente os respectivos pontos de fusão. Para esse efeito bem como para a produção de certas qualidades especiais de vidro usa-se o carbonato de lítio. O fluoreto de lítio é utilizado na construção de prismas e espectrofotômetros de infravermelhos e aplica-se no fabrico de esmaltes. O cloreto e o brometo de lítio são utilizados como lubrificantes. Uma das aplicações mais importantes deste elemento consiste na preparação de reagentes para síntese orgânica, em particular os hidretos complexos de alumínio e boro, de aplicação muito generalizada.

Deve evitar-se a ingestão excessiva de compostos de lítio pois estes podem causar abatimentos nervosos e tonturas. Por vezes era recomendada a ingestão de cloreto de lítio, em certas dietas para substituir o tradicional cloreto de sódio, no entanto, na maior parte dos casos, pode dar origem a tonturas, distúrbios visuais, tremuras ou confusão mental. Desde que se verificaram estes sintomas, é desaconselhada a ingestão deste composto, apesar de não ser cumulativo. No entanto, compostos de lítio, em doses apropriadas, são utilizados no tratamento de doenças maniaco-depressivas. O lítio não é considerado um elemento indispensável no crescimento das plantas e não há indicação de que desempenhe um papel importante na biologia animal. Os efeitos adversos mencionados devem-se provavelmente aos distúrbios causados pelo lítio no equilíbrio de sódio-potássio-cálcio das células vivas (TABELA PERIÓDICA, *op.cit*).

Selênio – Se – (figura 47) – Trata-se de elemento que em função da sua concentração pode ser essencial ou tóxico ao ser humano. Quando deficientes nos solos e nas águas, pode provocar cardiomiopatia e distrofia muscular. Em excesso, pode causar câncer e deformação nas unhas e cabelos. O levantamento geoquímico da China, forneceu um notável exemplo de como esse tipo de trabalho pode ser útil e prático. A partir dele, foi constatado que em regiões com cardiomiopatia humana endêmica, existe deficiência de **Se** nos solos e portanto nos alimentos ali produzidos, bem como nas águas consumidas. Com o fornecimento para aquelas populações de uma suplementação de **Se**, resolveu-se o problema e impediu-se o surgimento de novos casos (CHEN *et al.*, 1980).

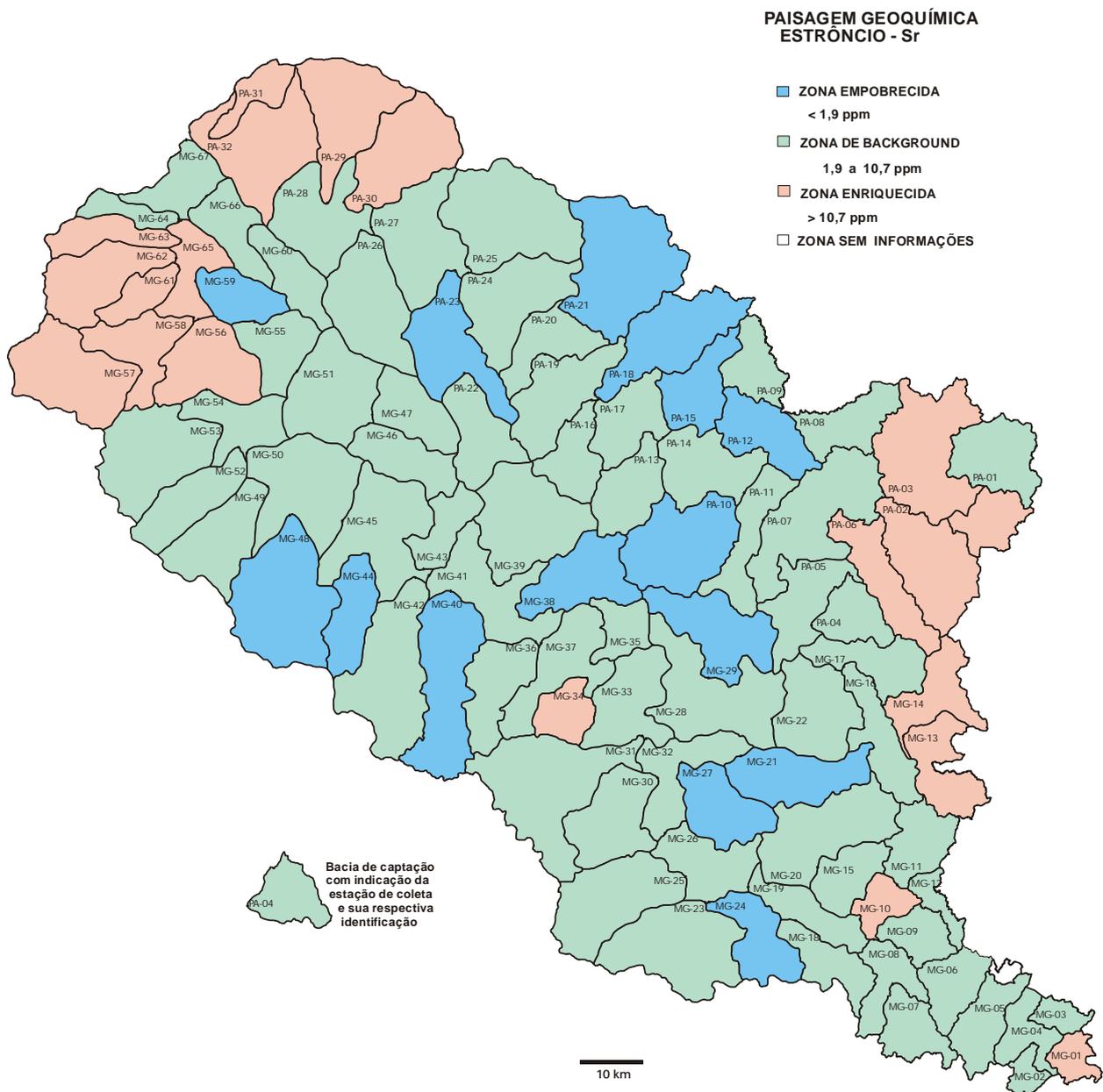


Figura 44 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de estrôncio nos sedimentos de corrente

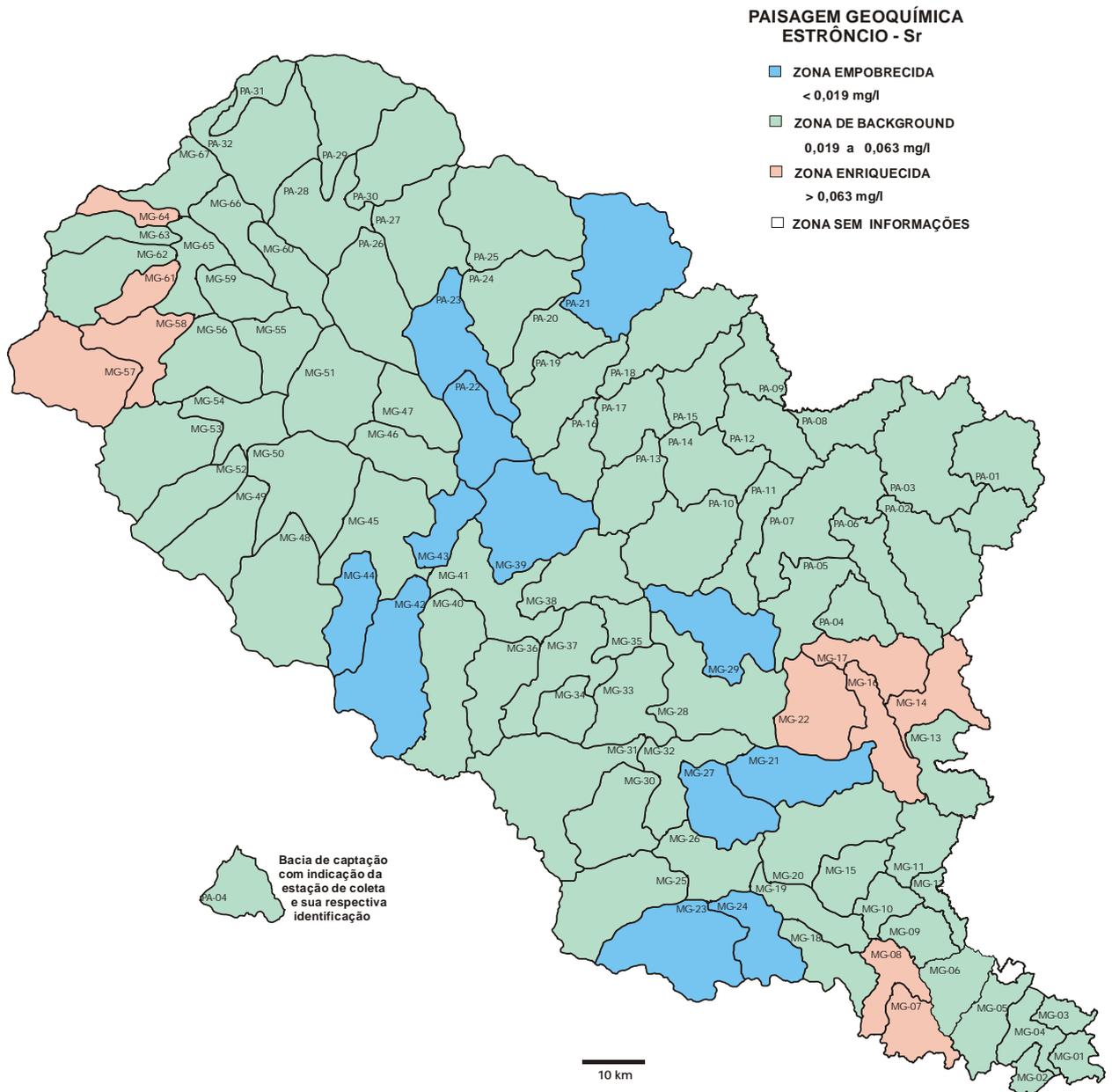


Figura 45 - Mapa geológico de distribuição iônica de estrôncio nas águas fluviais

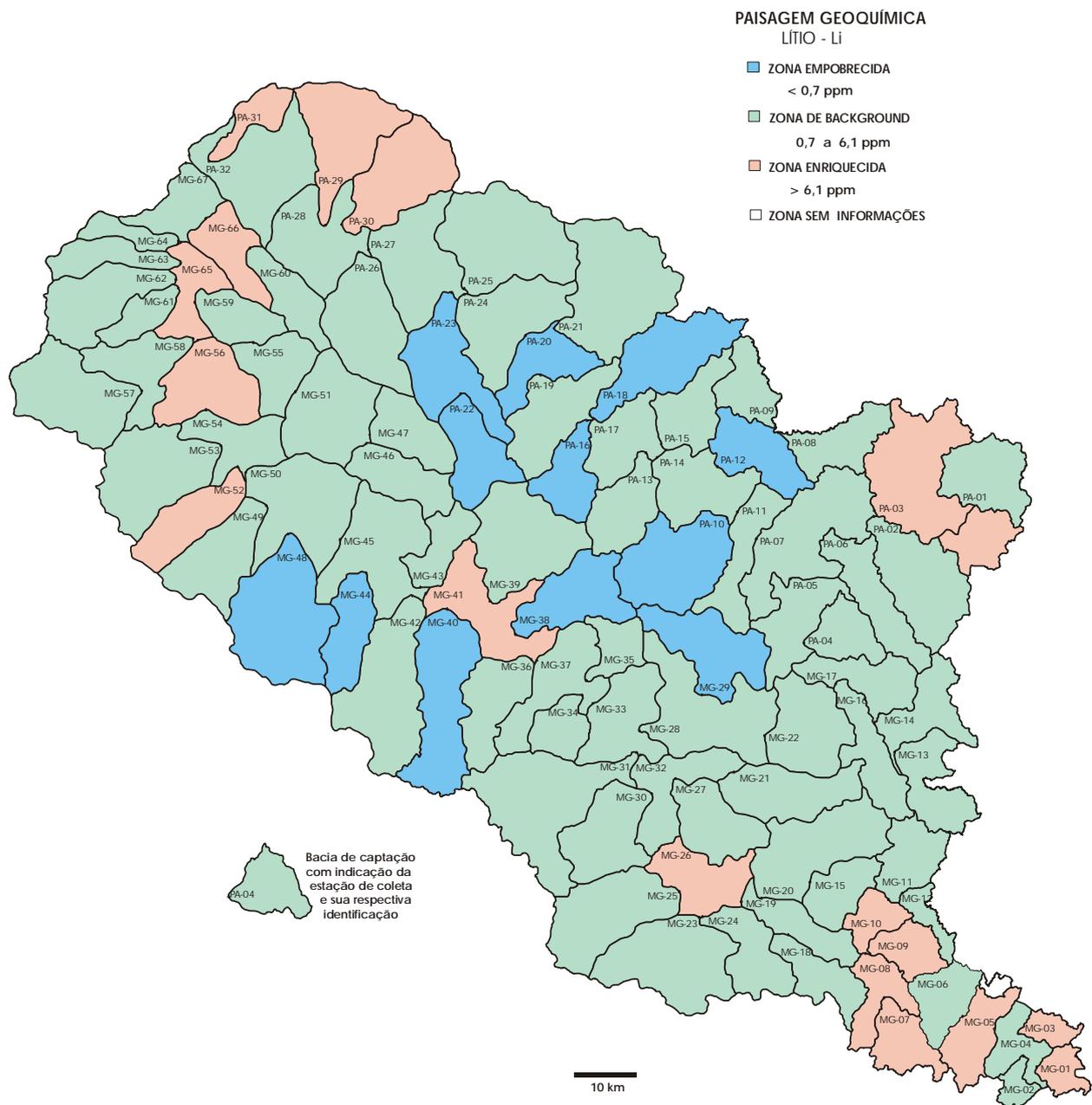


Figura 46 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de lítio nos sedimentos de corrente

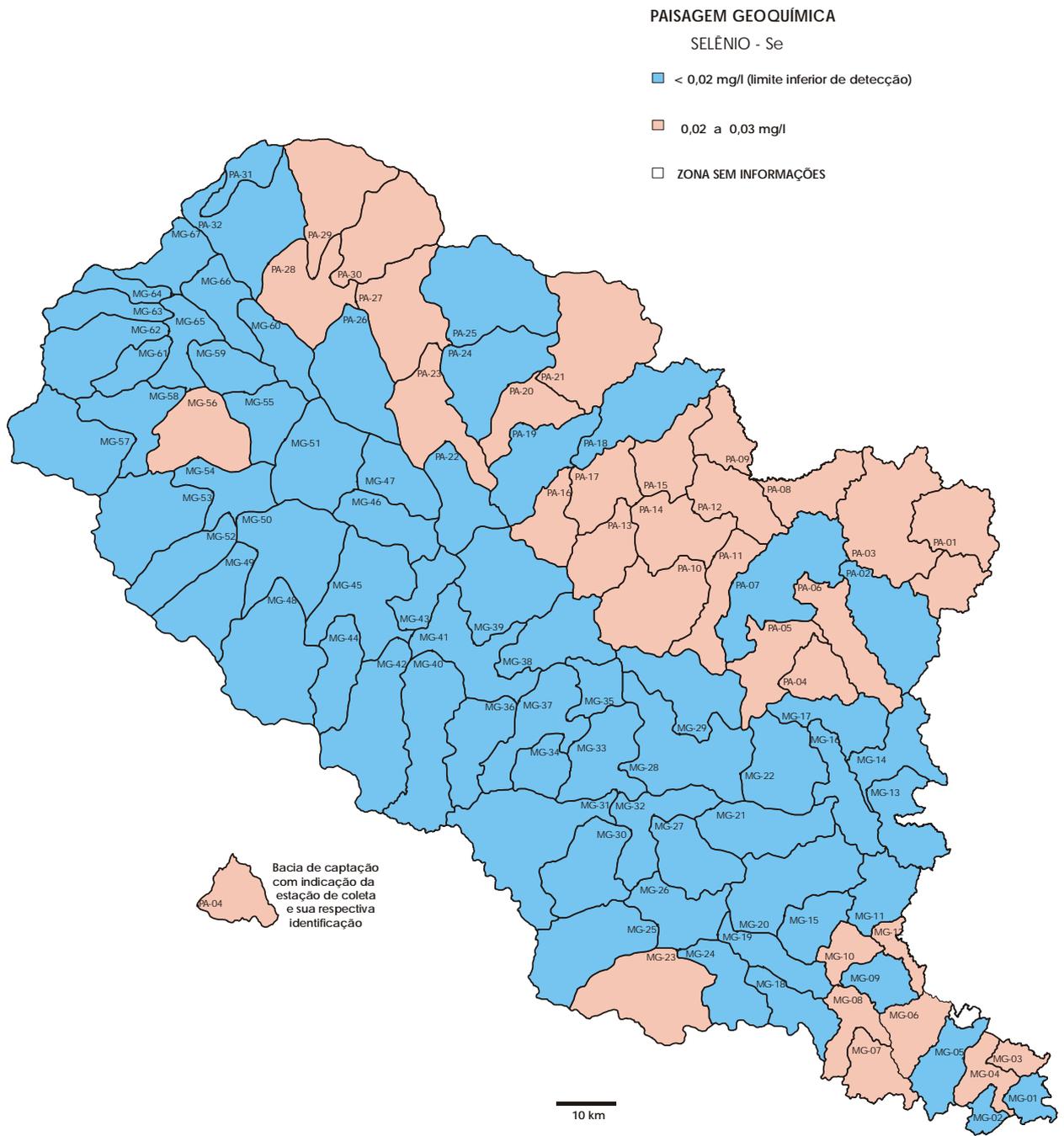


Figura 47 - Mapa geológico de distribuição iônica de selênio nas águas fluviais

O selênio é um elemento calcófilo e portanto sua principal fonte natural são os sulfetos. Como o **Se** não foi analisado nos sedimentos de corrente, fica difícil distinguir se nas bacias onde foi detectado, principalmente sobre as rochas cristalinas, existe alguma contribuição natural ou antrópica. O selênio e os seus compostos são largamente usados nos processos de reprodução xerográfica, nos shampoos anticaspas, na indústria vidreira (selenieto de cádmio, para produzir cor vermelho-rubi), como eliminador de gases na indústria metalúrgica, como agente de vulcanização, como oxidante em certas reações e como catalisador. Por outro lado, com já foi visto, se sua deficiência nas águas fluviais que ocorre na maior parte da área do Projeto fosse confirmada nos sedimentos de corrente, talvez pudesse se detectar algum tipo de cardiopatia endêmica que hoje se desconhece ou não se sabe a origem.

Outros Elementos – Foram analisados outros elementos que apesar de não estarem descritos por não terem tanta importância ou não se ter muito conhecimento de seus efeitos a saúde e ao meio ambiente, seus mapas foram confeccionados e eles se encontram no acervo do Projeto.

São eles: **Berílio – Be** – (figuras 48 e 49)

Escândio – Sc – (figuras 50 e 51)

Tungstênio – W – (figs.52 e 53)

Boro – B – (figura 54)

Ítrio – Y – (figura 55)

Lantânio – La – (figura 56)

Silício – Si – (figura 57)

Titânio – Ti – (figura 58)

2.4 - Ouro

O ouro (figura 59 e Anexo III) apresentou altos teores em amostras de sedimento de corrente na bacia de drenagem do Rio Pardo na altura do ribeirão da Prata e Lambari e dos rios Claro e Verde, fluindo predominantemente sobre rochas do embasamento cristalino. Nas demais regiões ocorrem em concentrações menores ou não detectados. Por ser um resistato (elemento estável e praticamente imóvel no meio ambiente) sua prospecção se realiza tradicionalmente, por meio de concentrados de batéia e contagem de pintas. O **As** que tem boa mobilidade e normalmente está associado ao **Au**, é que se usa como seu farejador nas prospecções por sedimentos de corrente (ROSE *et al.*, 1979). Assim sendo, como o ouro foi detectado com altas concentrações nos sedimentos de corrente, pode-se afirmar a existência de zonas mineralizadas a ouro, à montante das estações de coleta.

As zonas mineralizadas provavelmente devem estar no subsolo junto ao lençol freático, em condições até certo ponto redutoras pois o ouro está sendo remobilizado de forma iônica (**Au** químico) através do lençol freático que vai enriquecer os sedimentos na fração de menos 80 mesh, utilizada nesse levantamento. Essa fração é argilosa e quando se trabalha com ela, visa-se obter anomalias hidromórficas ou iônicas dos elementos que ficam adsorvidos nas partículas de argila (LEVINSON, 1974). Quando o lençol freático atinge a drenagem e o meio ambiente passa a ser oxidante, uma parte deles se precipita, geralmente sob a forma de hidróxidos, enquanto os outros, dependendo do elemento e do pH das águas, podem se dispersar a grandes distâncias. No caso específico do ouro aqui encontrado, devem existir fatores especiais (pH, Eh, presença de matéria orgânica nas drenagens, etc.) para que ele esteja sendo detectado nos sedimentos de corrente. Certamente deve existir ouro livre, sob a forma de pintas, nestas drenagens. Mesmo em condições especiais, o **Au** não permanece por muito tempo ou percorre grande distância da sua fonte como ouro químico, pois qualquer variação, por menor que seja, daquelas condições, ele se precipita na sua forma mais estável formando as pintas (LOPES JR. 1993).

No que diz respeito às rochas fonte, na maioria das bacias com presença de **Au** e que se encontram sobre a Bacia do Paraná, ocorrem intrusivas tabulares, de idade Juro-Cretácica, constituídas de diques ou *sills* de diabásio, dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros e traquitos. São rochas ígneas básicas a intermediárias, todas potencialmente favoráveis a gerar mineralizações auríferas. Como nestas bacias quase não se observa associação com elementos calcófilos, forma mais comum de mineralizações em que o **Au** vem na estrutura dos sulfetos, seriam necessários estudos mais detalhados para se saber de que forma o ouro está mineralizando estas rochas.

O selênio é um elemento calcófilo e portanto sua principal fonte natural são os sulfetos. Como o **Se** não foi analisado nos sedimentos de corrente, fica difícil distinguir se nas bacias onde foi detectado, principalmente sobre as rochas cristalinas, existe alguma contribuição natural ou antrópica. O selênio e os seus compostos são largamente usados nos processos de reprodução xerográfica, nos shampoos anticaspas, na indústria vidreira (selenieto de cádmio, para produzir cor vermelho-rubi), como eliminador de gases na indústria metalúrgica, como agente de vulcanização, como oxidante em certas reações e como catalisador. Por outro lado, com já foi visto, se sua deficiência nas águas fluviais que ocorre na maior parte da área do Projeto fosse confirmada nos sedimentos de corrente, talvez pudesse se detectar algum tipo de cardiopatia endêmica que hoje se desconhece ou não se sabe a origem.

Outros Elementos – Foram analisados outros elementos que apesar de não estarem descritos por não terem tanta importância ou não se ter muito conhecimento de seus efeitos a saúde e ao meio ambiente, seus mapas foram confeccionados e eles se encontram no acervo do Projeto.

São eles: **Berílio – Be** – (figuras 48 e 49)

Escândio – Sc – (figuras 50 e 51)

Tungstênio – W – (figs.52 e 53)

Boro – B – (figura 54)

Ítrio – Y – (figura 55)

Lantânio – La – (figura 56)

Silício – Si – (figura 57)

Titânio – Ti – (figura 58)

2.4 - Ouro

O ouro (figura 59 e Anexo III) apresentou altos teores em amostras de sedimento de corrente na bacia de drenagem do Rio Pardo na altura do ribeirão da Prata e Lambari e dos rios Claro e Verde, fluindo predominantemente sobre rochas do embasamento cristalino. Nas demais regiões ocorrem em concentrações menores ou não detectados. Por ser um resistato (elemento estável e praticamente imóvel no meio ambiente) sua prospecção se realiza tradicionalmente, por meio de concentrados de batéia e contagem de pintas. O **As** que tem boa mobilidade e normalmente está associado ao **Au**, é que se usa como seu farejador nas prospecções por sedimentos de corrente (ROSE *et al.*, 1979). Assim sendo, como o ouro foi detectado com altas concentrações nos sedimentos de corrente, pode-se afirmar a existência de zonas mineralizadas a ouro, à montante das estações de coleta.

As zonas mineralizadas provavelmente devem estar no subsolo junto ao lençol freático, em condições até certo ponto redutoras pois o ouro está sendo remobilizado de forma iônica (**Au** químico) através do lençol freático que vai enriquecer os sedimentos na fração de menos 80 mesh, utilizada nesse levantamento. Essa fração é argilosa e quando se trabalha com ela, visa-se obter anomalias hidromórficas ou iônicas dos elementos que ficam adsorvidos nas partículas de argila (LEVINSON, 1974). Quando o lençol freático atinge a drenagem e o meio ambiente passa a ser oxidante, uma parte deles se precipita, geralmente sob a forma de hidróxidos, enquanto os outros, dependendo do elemento e do pH das águas, podem se dispersar a grandes distâncias. No caso específico do ouro aqui encontrado, devem existir fatores especiais (pH, Eh, presença de matéria orgânica nas drenagens, etc.) para que ele esteja sendo detectado nos sedimentos de corrente. Certamente deve existir ouro livre, sob a forma de pintas, nestas drenagens. Mesmo em condições especiais, o **Au** não permanece por muito tempo ou percorre grande distância da sua fonte como ouro químico, pois qualquer variação, por menor que seja, daquelas condições, ele se precipita na sua forma mais estável formando as pintas (LOPES JR. 1993).

No que diz respeito às rochas fonte, na maioria das bacias com presença de **Au** e que se encontram sobre a Bacia do Paraná, ocorrem intrusivas tabulares, de idade Juro-Cretácica, constituídas de diques ou *sills* de diabásio, dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros e traquitos. São rochas ígneas básicas a intermediárias, todas potencialmente favoráveis a gerar mineralizações auríferas. Como nestas bacias quase não se observa associação com elementos calcófilos, forma mais comum de mineralizações em que o **Au** vem na estrutura dos sulfetos, seriam necessários estudos mais detalhados para se saber de que forma o ouro está mineralizando estas rochas.

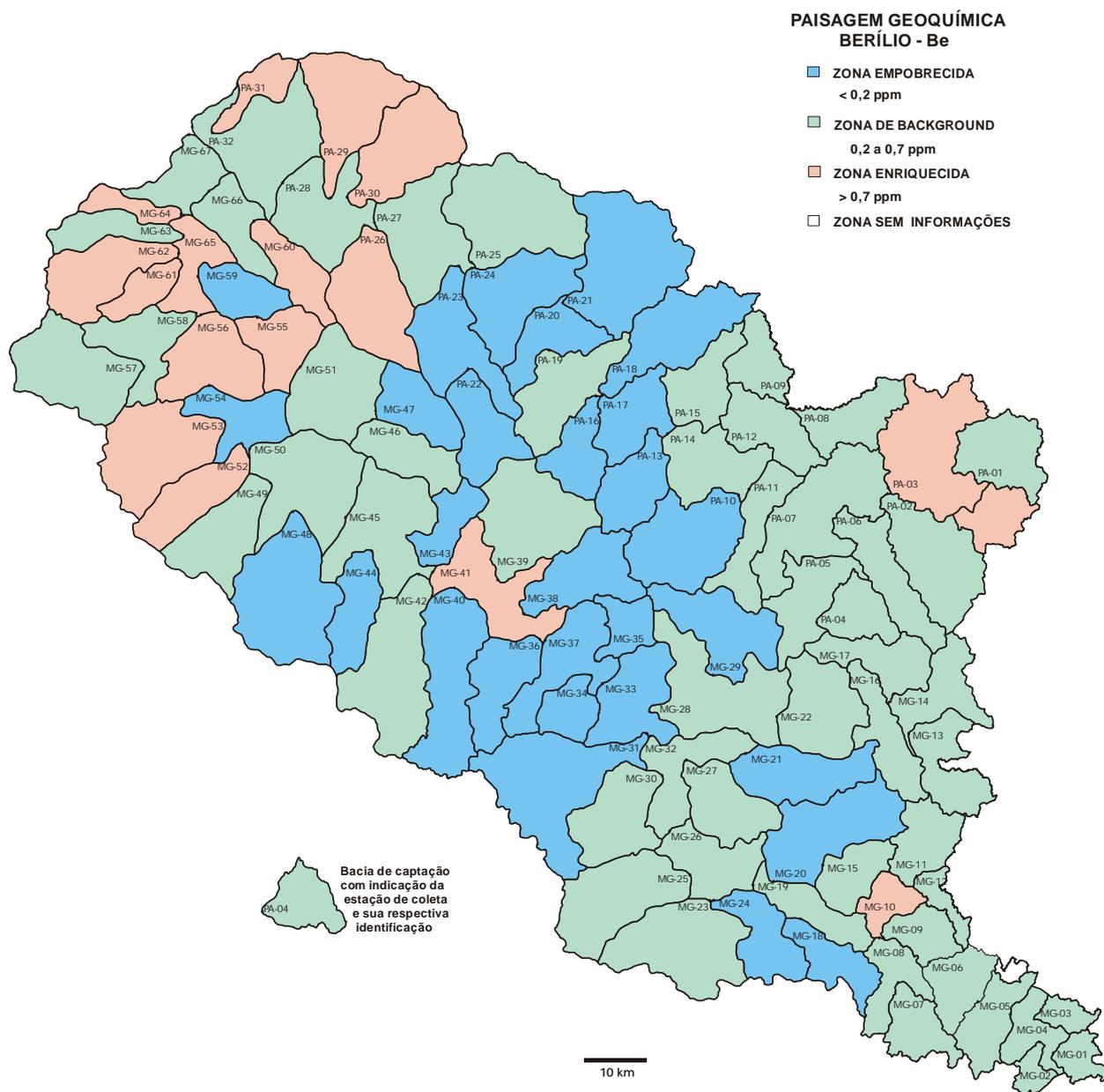


Figura 48 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de berílio nos sedimentos de corrente

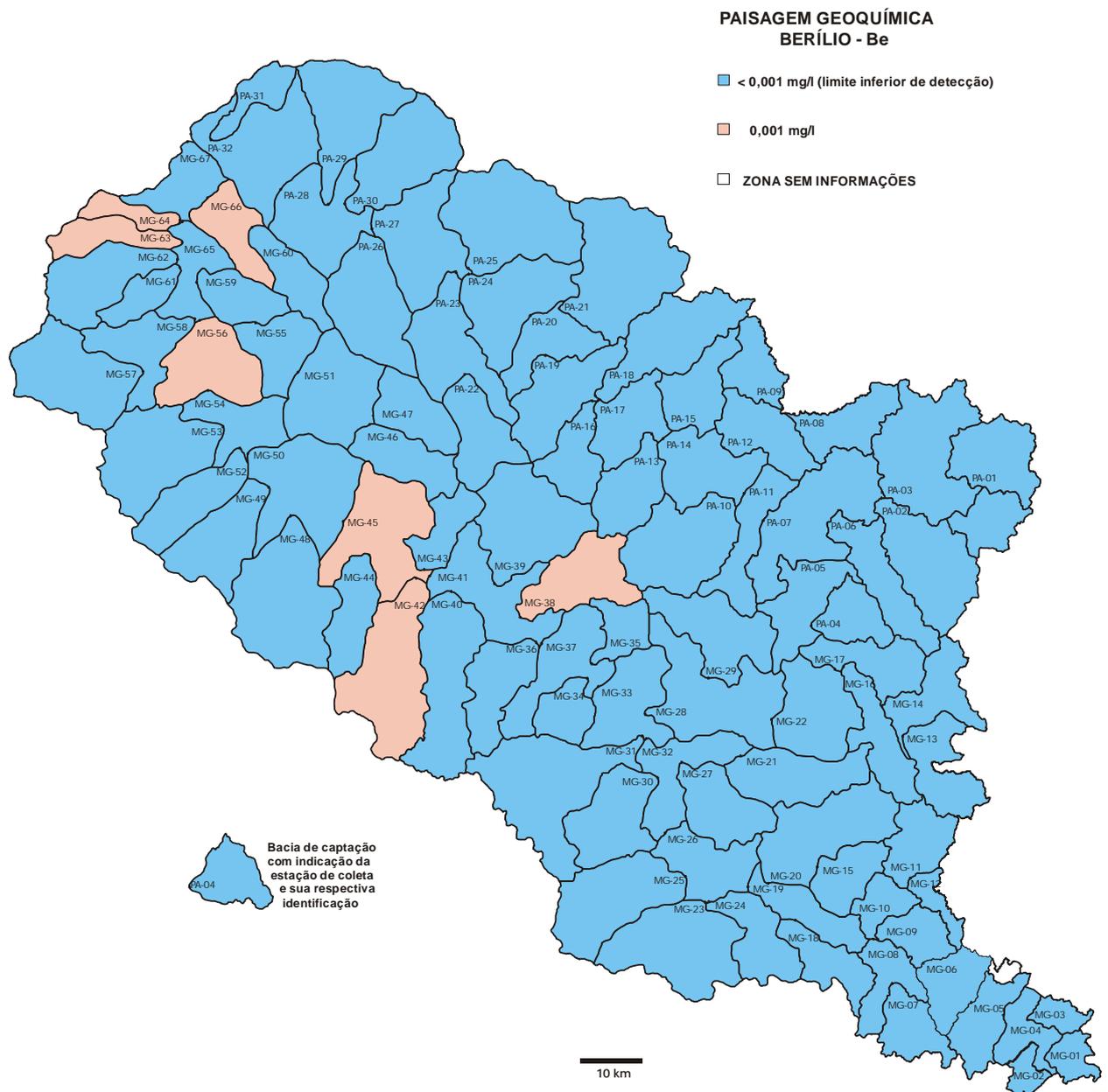


Figura 49 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de berílio nas águas fluviais

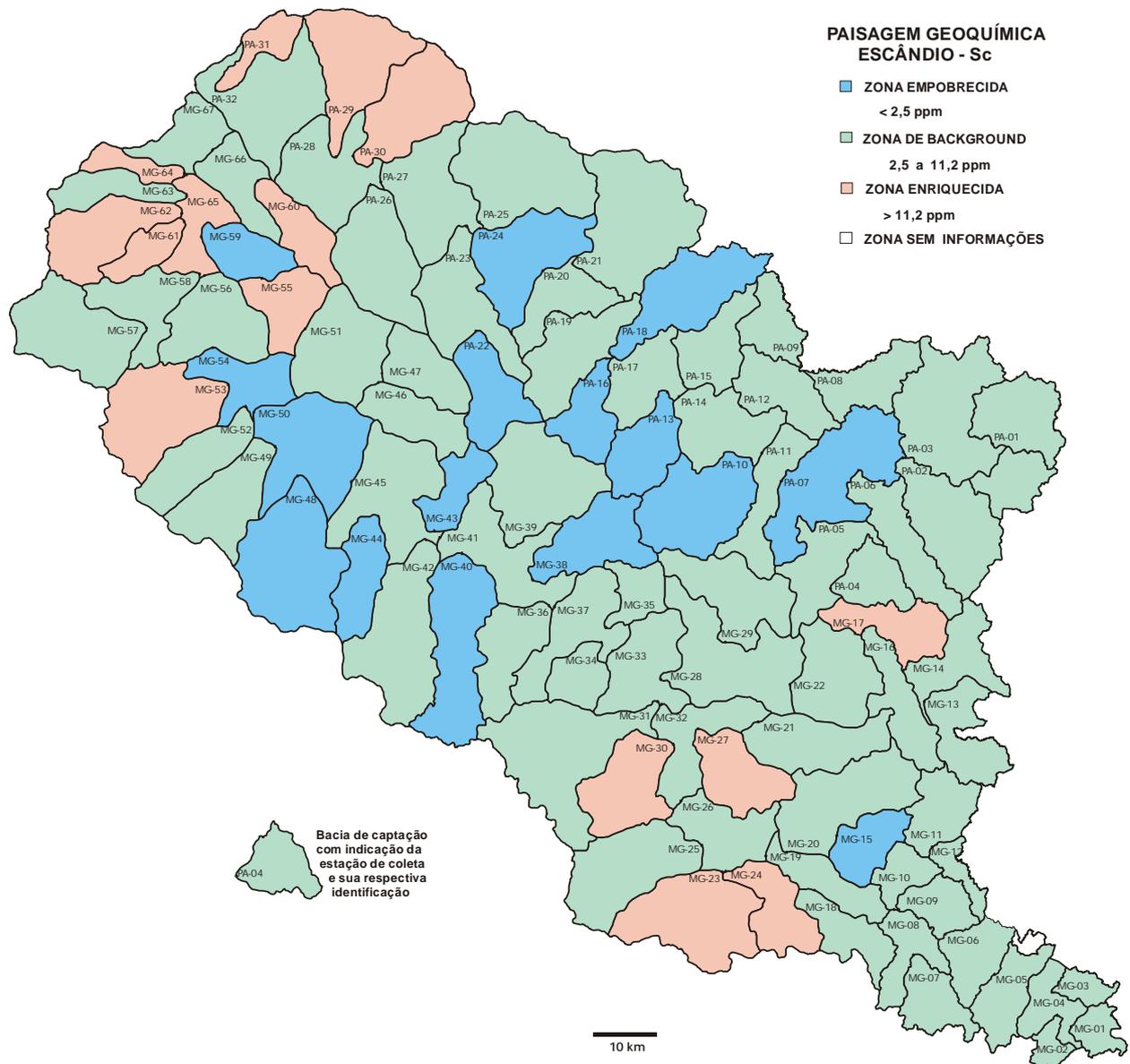


Figura 50 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de escândio nos sedimentos de corrente



Figura 51 - Mapa geológico de distribuição iônica de escândio nas águas fluviais

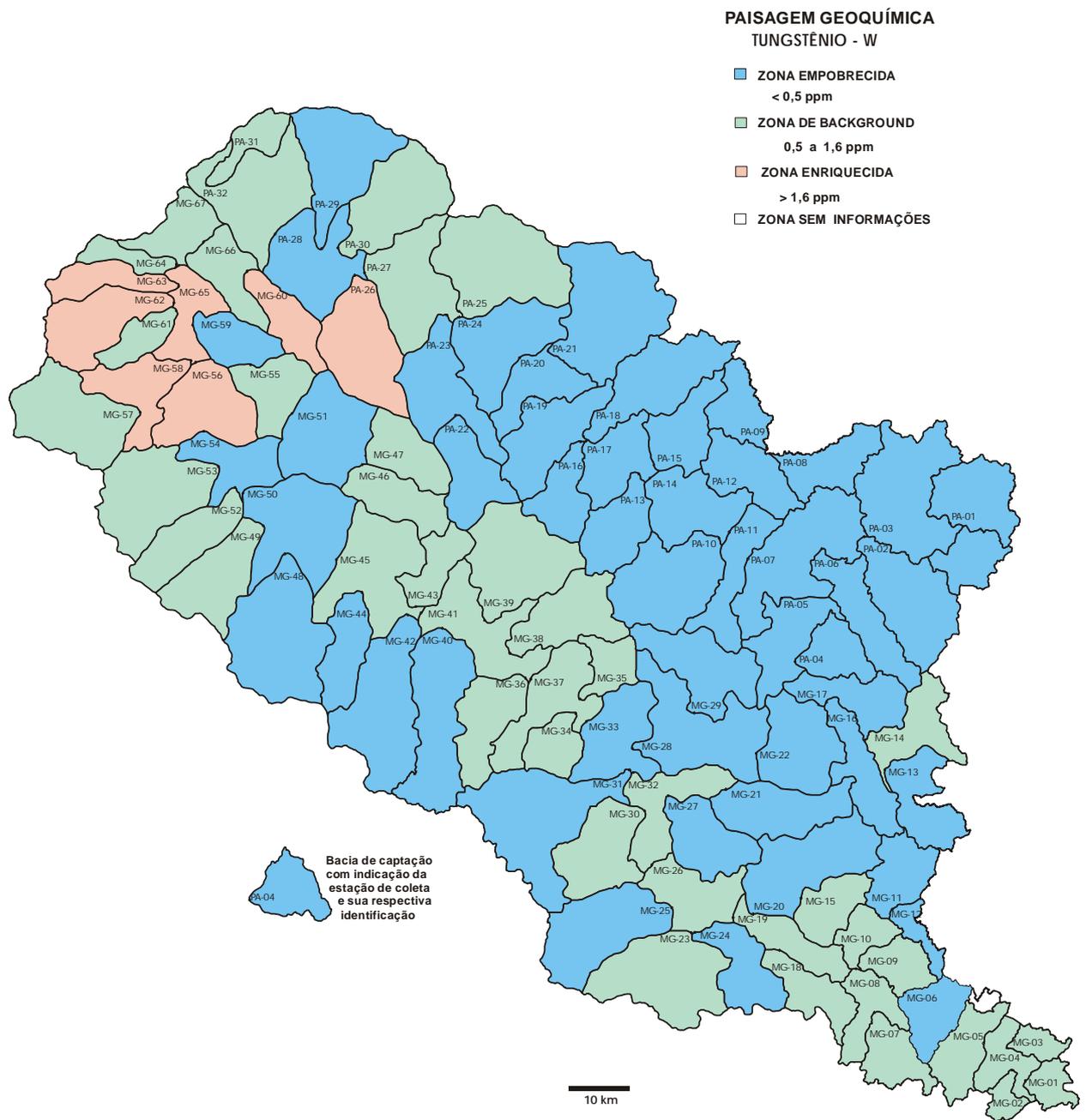


Figura 52 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de tungstênio nos sedimentos de corrente

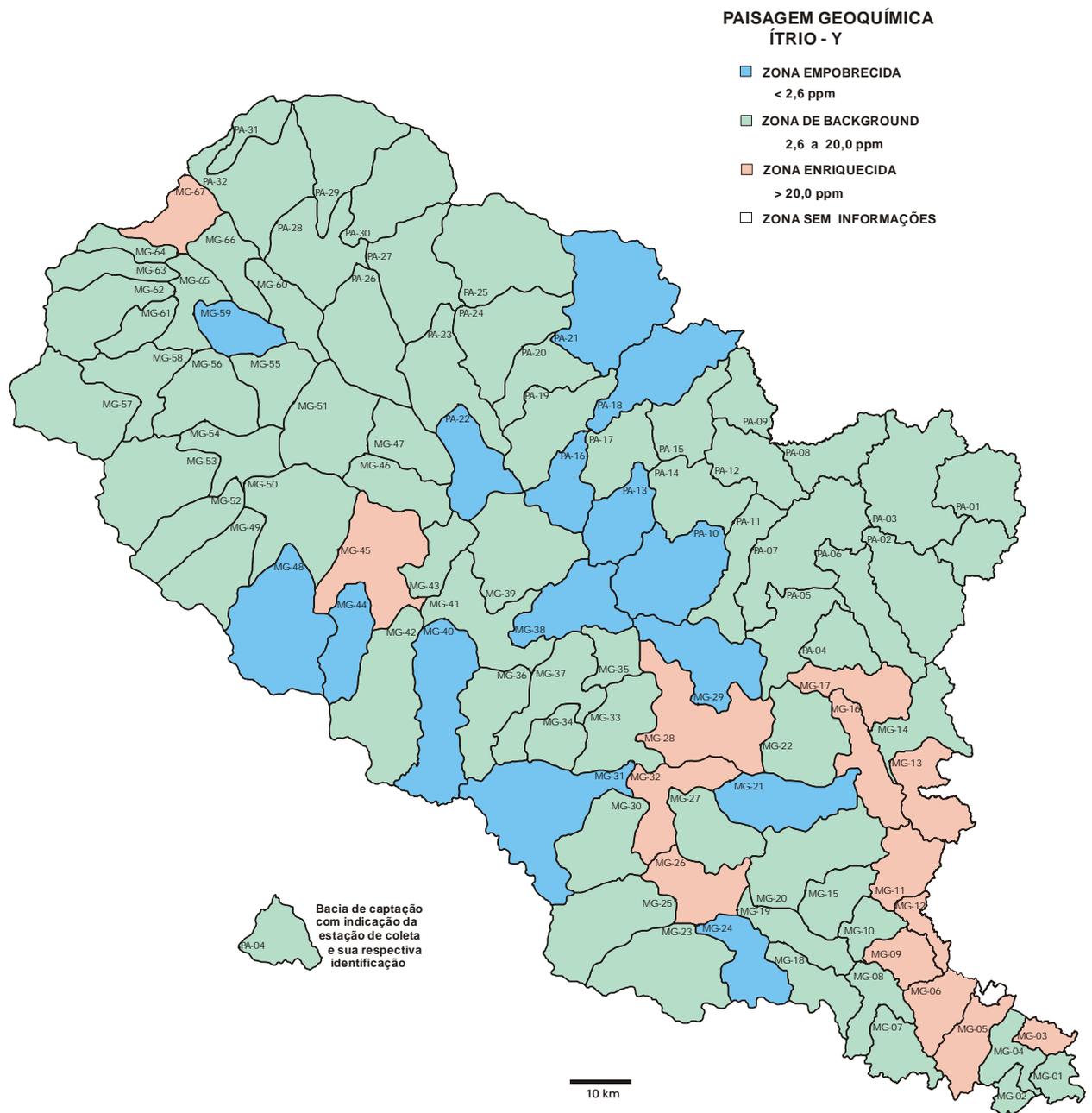


Figura 55 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de ítrio nos sedimentos de corrente

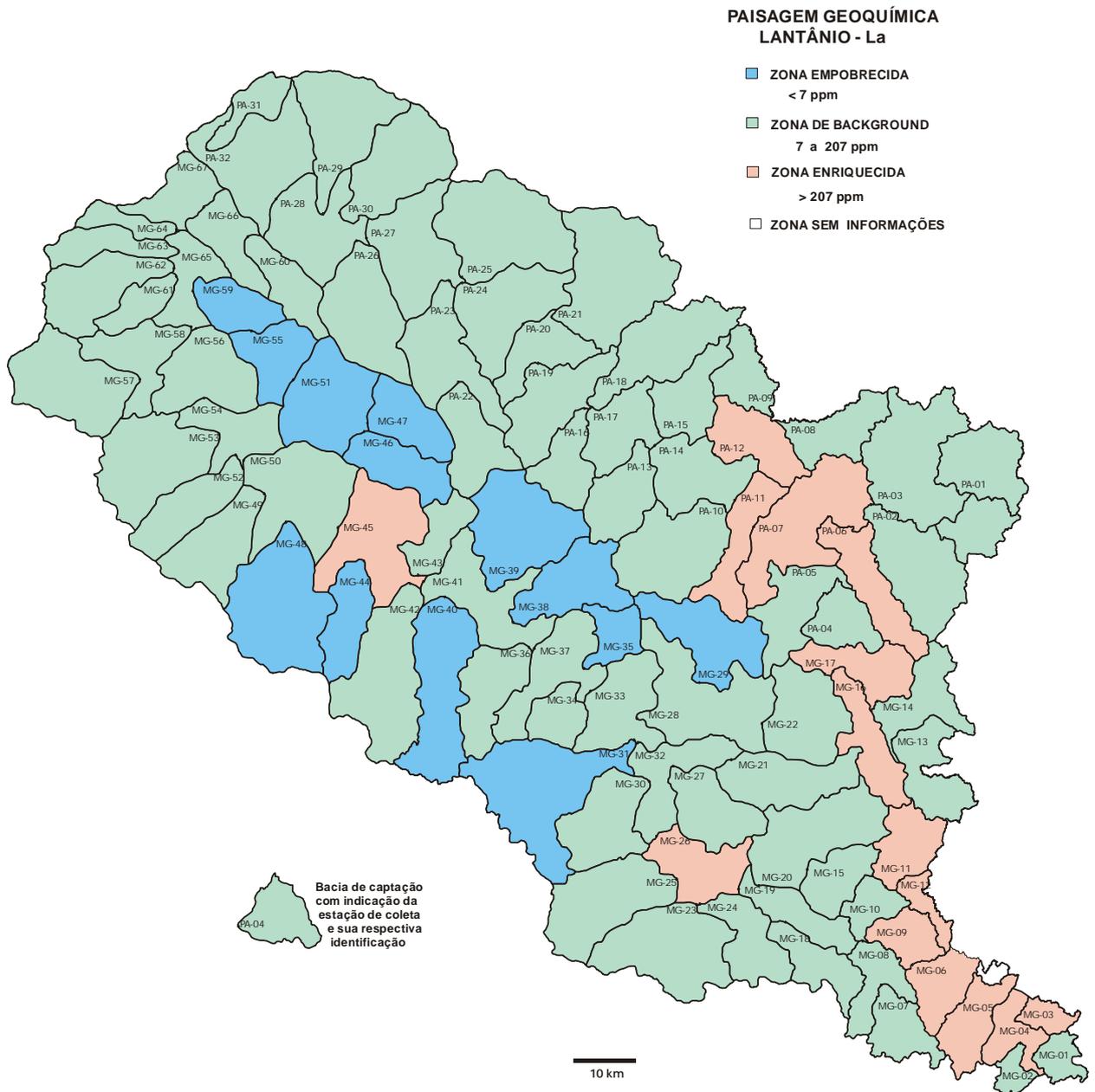


Figura 56 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de lantânio nos sedimentos de corrente

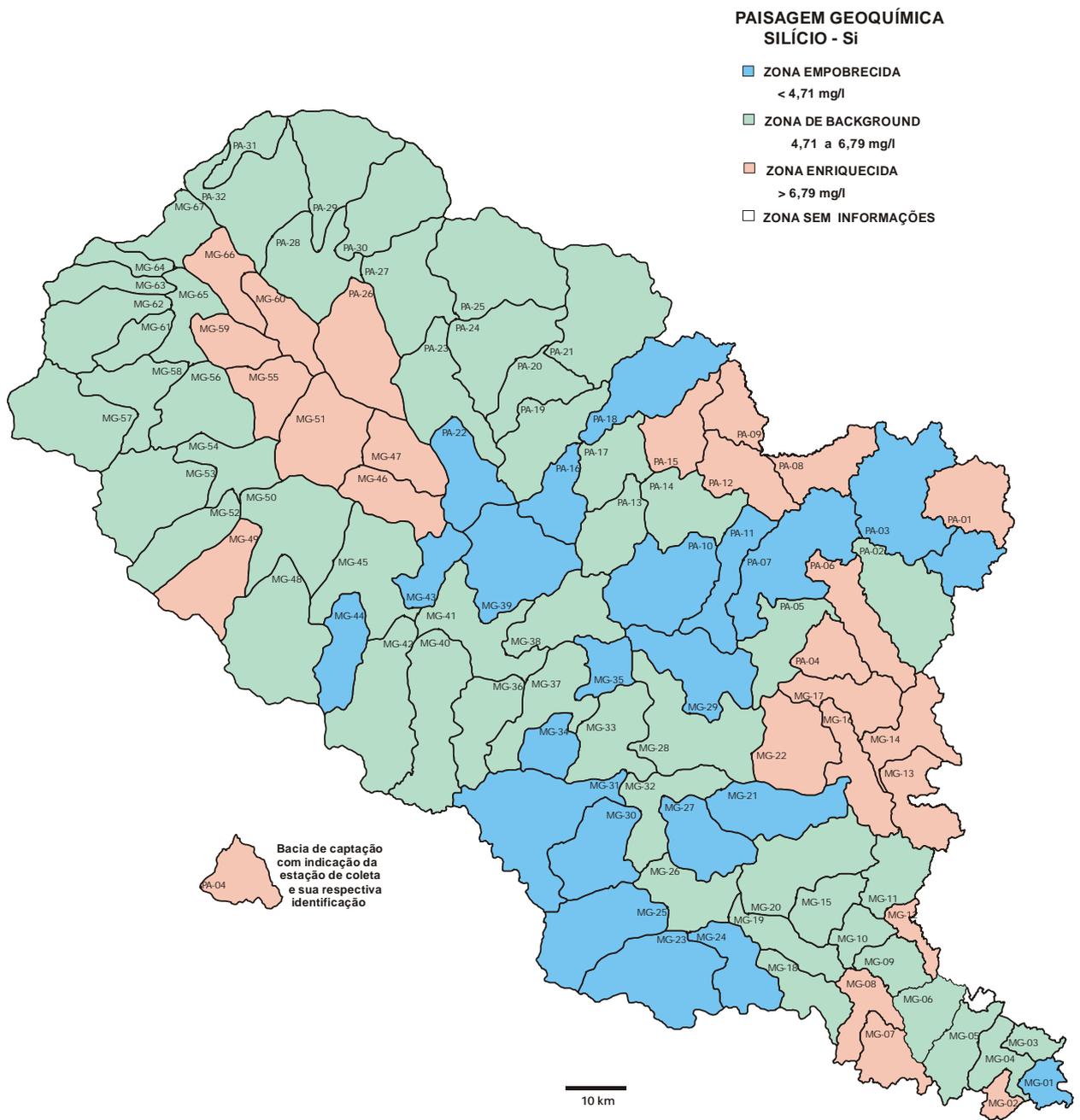


Figura 57 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de silício nas águas fluviais

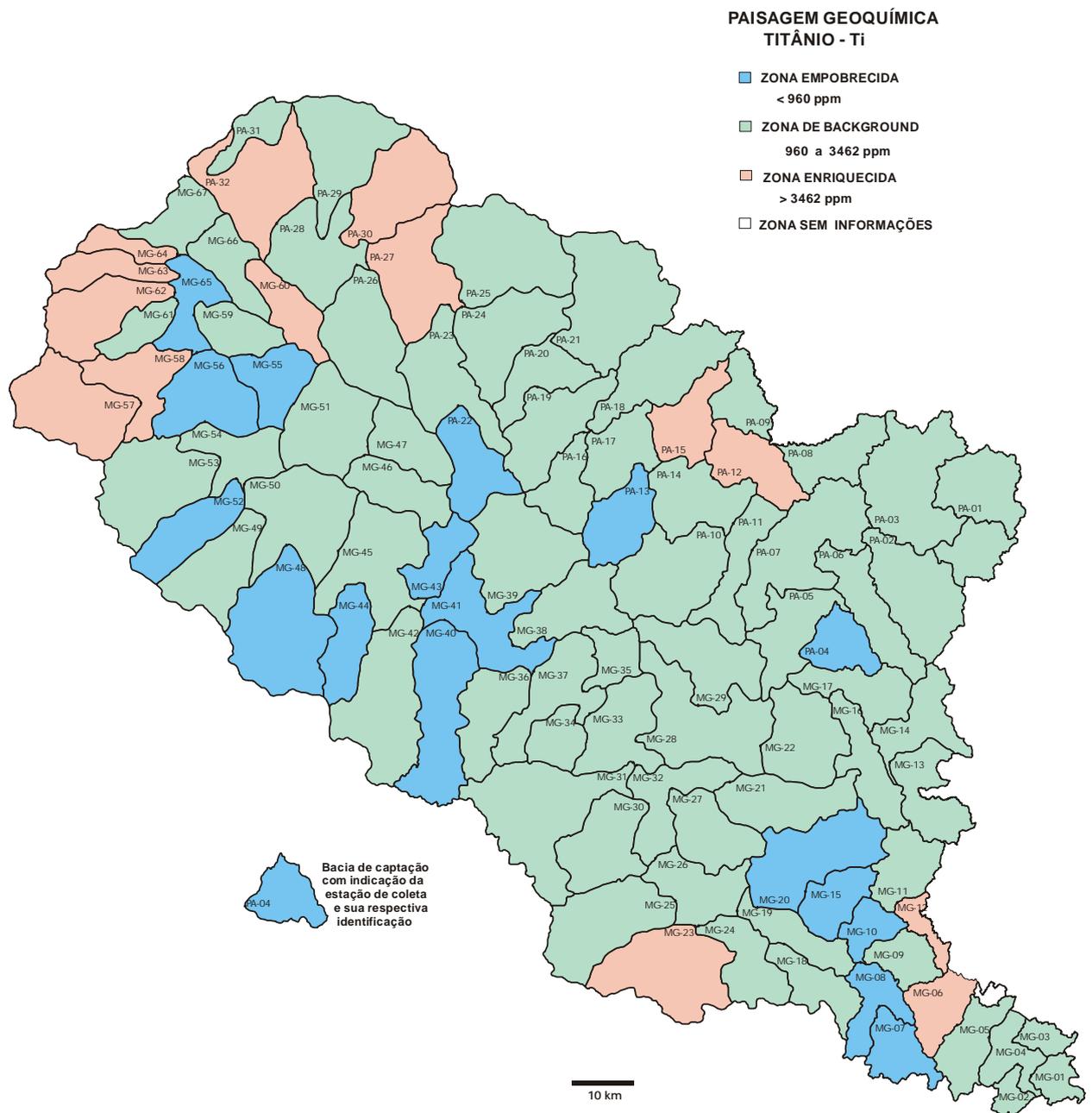


Figura 58 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de titânio nos sedimentos de corrente

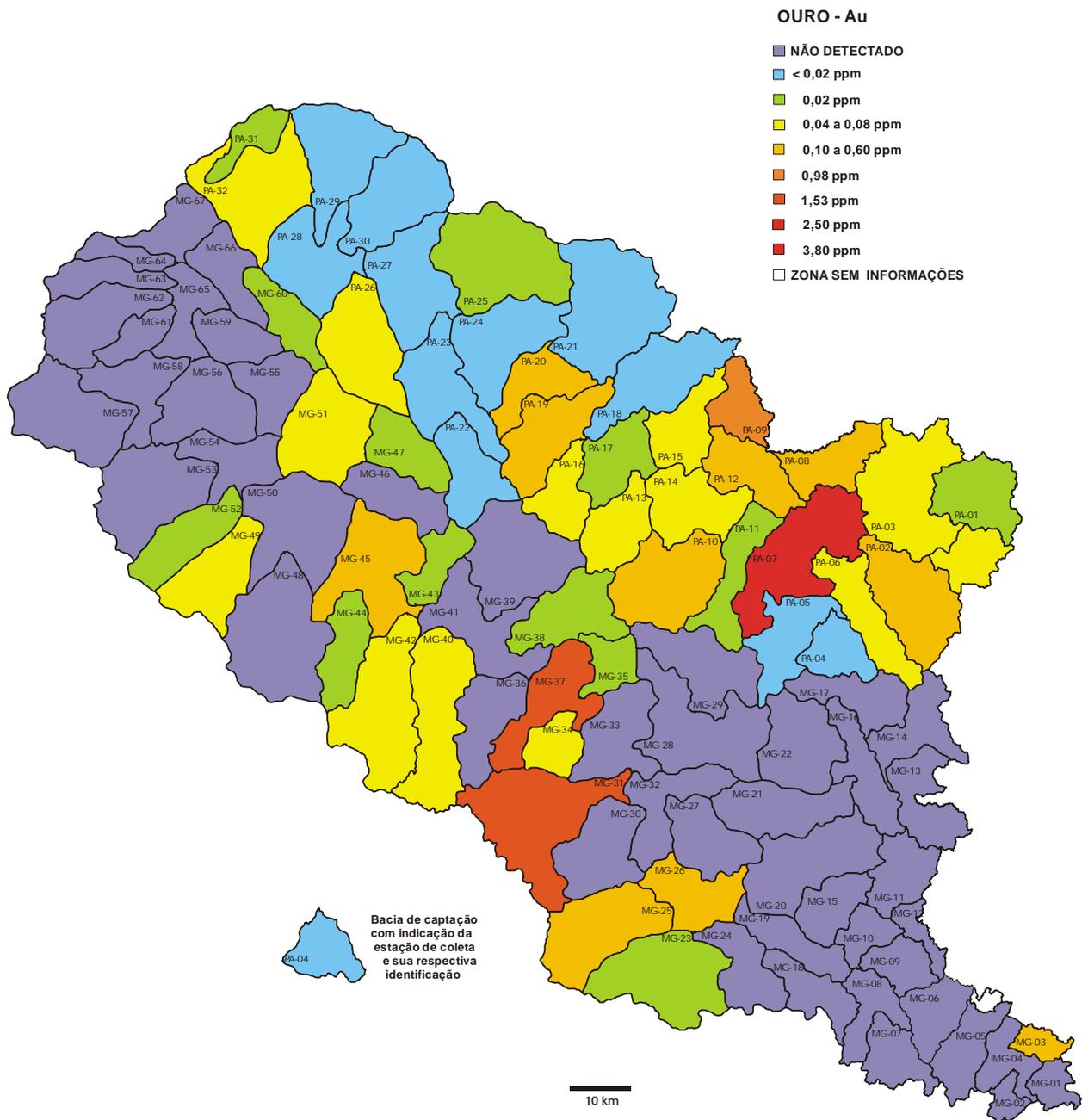


Figura 59 - Mapa geoquímico de distribuição de ouro nos sedimentos de corrente

Por outro lado, nas bacias das regiões de Mococa, Tapiratiba, Caconde, São José do Rio Pardo, Divinolândia e São Sebastião da Gramma, sobre rochas proterozóicas e arqueanas do Embasamento Cristalino, o **Au** está associado aos calcófilos **As-Cd-Pb-Sb**. O antimônio – **Sb** – (figura 60) que só aparece na bacia correspondente a amostra PA-06, é um incontestável elemento guia para indicar mineralizações do tipo epitermal, isto é relacionadas a vulcanismo. Dessa forma o ouro presente nessa região, provavelmente tem sua origem em rochas metavulcânicas com mineralizações de sulfetos hidrotermais (pirita, arsenopirita e galena são os mais comuns para esse caso) onde o **Au** ocorre na estrutura dos mesmos (LOPES JR. *et al.*, 1994,1998,1999). Embora não apareça na Carta Geológica (Anexo II), essas rochas antigas são comumente afetadas por zonas de cisalhamento que em muitos casos servem como agentes remobilizadores de ouro. Certamente se houvesse necessidade de se priorizar uma área para se iniciar um trabalho detalhado de prospecção de ouro, esta sem dúvida seria a da bacia PA-06.



Figura 60 - Mapa geoquímico de distribuição iônica de antimônio nos sedimentos de corrente

3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mais uma vez a geoquímica mostrou ser uma ferramenta útil, barata e pragmática. Da mesma forma que ela pode ajudar a descobrir áreas com ouro e outros bens minerais, ela também mostrou que se pode “prospectar” regiões carentes de elementos essenciais aos seres vivos ou contaminadas com elementos tóxicos.

Sendo uma geoquímica de baixa densidade (bacias de captação com mais de 200km²), ela tem um caráter de diagnosticar problemas. Se houver necessidade de se chegar na origem dos mesmos (uma fonte poluidora, por exemplo), utiliza-se a mesma técnica de *follow-up* da prospecção geoquímica mineral. Isto é, faz-se um detalhamento de coletas na bacia de forma que o alvo irá ficar perfeitamente identificado, seja ele uma ocorrência mineral ou o rejeito de uma indústria.

Finalmente, espera-se que as informações geoquímicas aqui disponibilizadas, mapas, relatório e base de dados, possam auxiliar com interpretações diferenciadas os mais variados profissionais como médicos, veterinários, agrônomos, engenheiros, geólogos, etc., pertencentes ou não ao poder público do Estado de São Paulo.

4 - RECOMENDAÇÃO

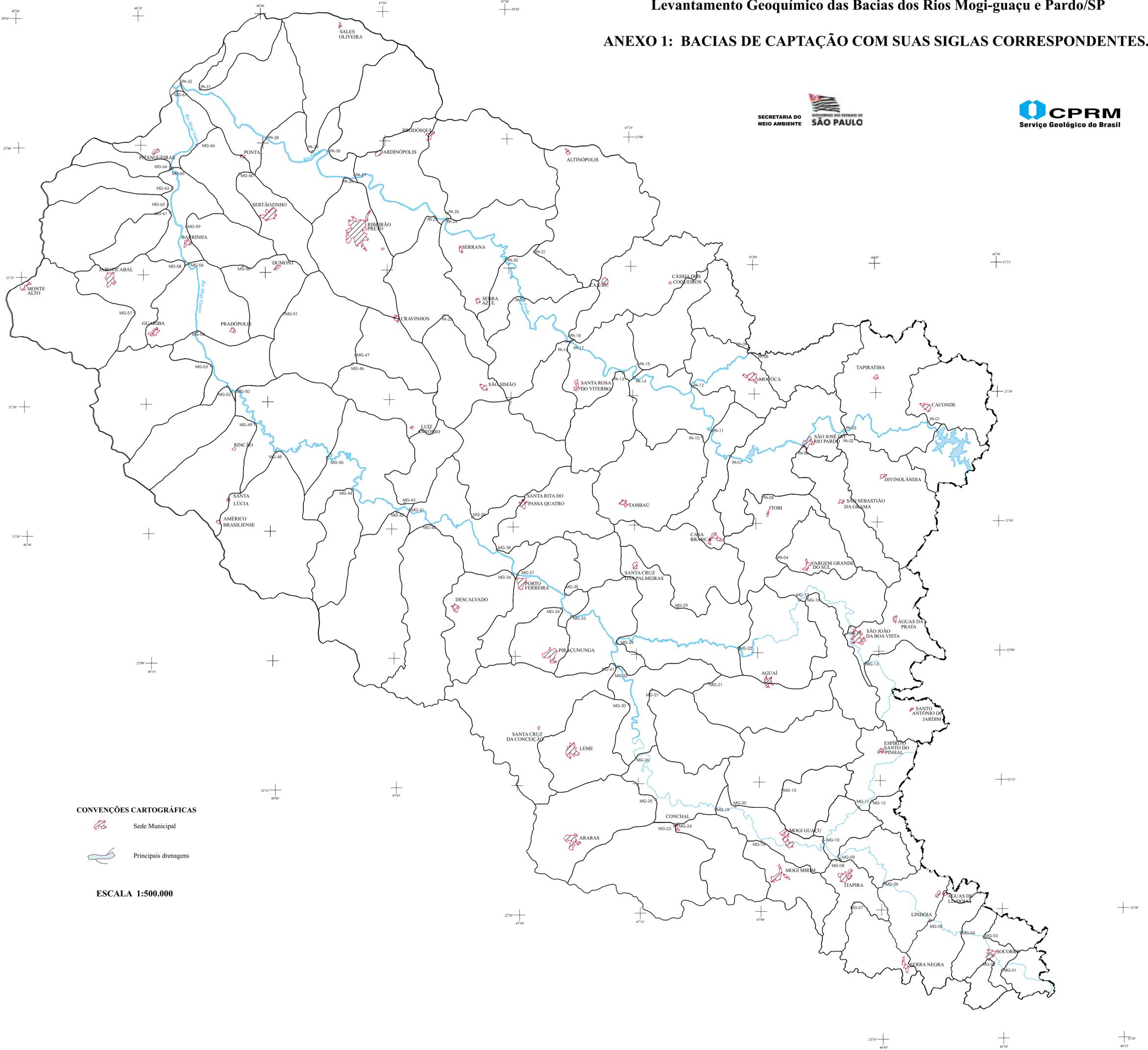
Pelo exposto, recomenda-se à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, estender o levantamento geoquímico, com essa mesma densidade, a todas as outras bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Diferentemente do atual Projeto, sugere-se que o material coletado seja apenas os sedimentos dos leitos ativos de corrente e que os elementos a serem analisados sejam aqueles mais importantes aos seres vivos e conseqüentemente ao meio ambiente. Com isso, o levantamento seria menos oneroso e de mais fácil execução sem perda de qualidade. O mais importante é que o Estado passaria a ter um atlas com todo o seu território geoquimicamente mapeado além de um banco de dados que deverá ter uma importância vital para as futuras gerações.

5 - BIBLIOGRAFIA

- CETESB.SÃO PAULO Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, Relatórios CETESB, São Paulo, 1995. pp.243-248.
- CHEN, X.; YANG, G.; CHEN, J.; CHEN, X.; WENG, Z.; GE, K. Biol. Trace Elem. Res. 2.1980. pp.91-107.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (1986). Resolução nº 20, Brasília, D.O.U. de 30/06/1986, pp.72-89.
- GOUVEIA DA SILVA, R.B. Estudo Hidroquímico e Isotópico das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo(Tese de Doutorado, Inst. Geoc. Univ. São Paulo) São Paulo /s.ed./1983. 133p.II.
- HOWARTH, R.J.; THORNTON, I. Regional Geochemical Mapping and its Applications to Environmental Studies.IN:_____ Applied Environmental Geochemistr. London,1983. 501p.cap2, p.41-78.Academic Press, pp.41-73.
- LEVINSON, A.A. (1974).Introduction to Exploration Geochemistry.Canada.Applied Publishing, 612p.
- LICHT, O.A.B.; PIEKARZ, G.F.; SILVA, J.C.C.da; LOPES JR., I. (1997). Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade no Estado do Paraná. Hidrogeoquímica – Resultados Preliminares. Revista da Terra, ano (3), nº3, jul./1997. CPRM, pp.34-46.
- LOPES JR., I. (1993). Projeto Rio Alegre. Folha Pontes e Lacerda, MT. Relatório Final, capítulo Geoquímica. CPRM/PLGB. 1: 100.000.
- LOPES JR., I.; CÂMARA, M.M.; VASCONCELOS, C.S.de; PIZZATTO, L.G.(1994).A Prospecção Geoquímica Descobrendo Novas Mineralizações Auríferas no Vale do Ribeira. 38º Congresso Brasileiro de Geologia, V.3, SBG.
- LOPES JR., I. (1994). Sistema de Apresentação de Dados Geoquímicos para Interpretações Metalogenéticas. 38º Congresso Brasileiro de Geologia, V.3, SBG.
- LOPES JR., I. (1998). Projeto Folha Curitiba. 1:100.000. Capítulo Geoquímica. CPRM/PLGB.
- LOPES JR., I.; VASCONCELOS,C.S.de; WILDNER, W.; SILVA, L.A.C. (1999). Geoquímica das Folhas Jacupiranga e Rio Guaraú (1:50.000). VI Simpósio de Geologia do Sudeste.Bol. de Resumos, p.38. SBG, Núcleo São Paulo/Núcleo Rio de Janeiro/Espírito Santo.
- MACHADO, G.J.; CAVALCANTI, E.M.; CUNHA, F.G.da; RAMOS, A.J.de A.(2000). Levantamento Geoquímico do Estado do Rio de Janeiro. CPRM/DGM/DEGEO/DIGEOQ. Rio de Janeiro, março/2000.
- PARKER, R.D.R.; SHARMA, R.P.; MILLER, G.W. (1978). In “Trace Substances in Environmental Health”, Vol.12 (Hemphill, D.D., ed.). University of Missouri Press. Columbia. Missouri.
- PRASAD, A.S. (1978b). In “Trace Elements and Iron in Human Metabolism” (Hemphill, D.D.) pp.3-15. Plenum Press. New York.
- ROSE, A.W.; HAWKES, H.E.; WEBB, J.S. (1979). Geochemistry in Mineral Exploration, New York, Academic Press, 2ed., 657p.
- SANER, G. (1980). Chromium in Nutrition and Disease. Alan R. Liss, Inc., New York.
- SCHWARZ, K.; MERTZ, W. (1959). Arch. Biochem. Biophys. 85, pp.292-295.
- SFREDO, G.J. *et al.* (1994). Estudo de Micronutrientes na Cultura da Soja em um Latossolo Rocho Eutrófico Argiloso de Londrina, PR. EMBRAPA-CNP Soja.
- TABELA PERIÓDICA v2.5 (1999). Soft Ciências.
- THORNTON, I. (1983). Applied Environmental Geochemistry. London, Academic Press, 501p.
- UNDERWOOD, E.J. (1977c). In “Trace Elements in Human and Animal Nutrition”, 4th edn.(Hemphill, D.D., ed.), pp.271-304. Academic Press. New York and London.

Levantamento Geoquímico das Bacias dos Rios Mogi-guaçu e Pardo/SP

ANEXO 1: BACIAS DE CAPTAÇÃO COM SUAS SIGLAS CORRESPONDENTES.



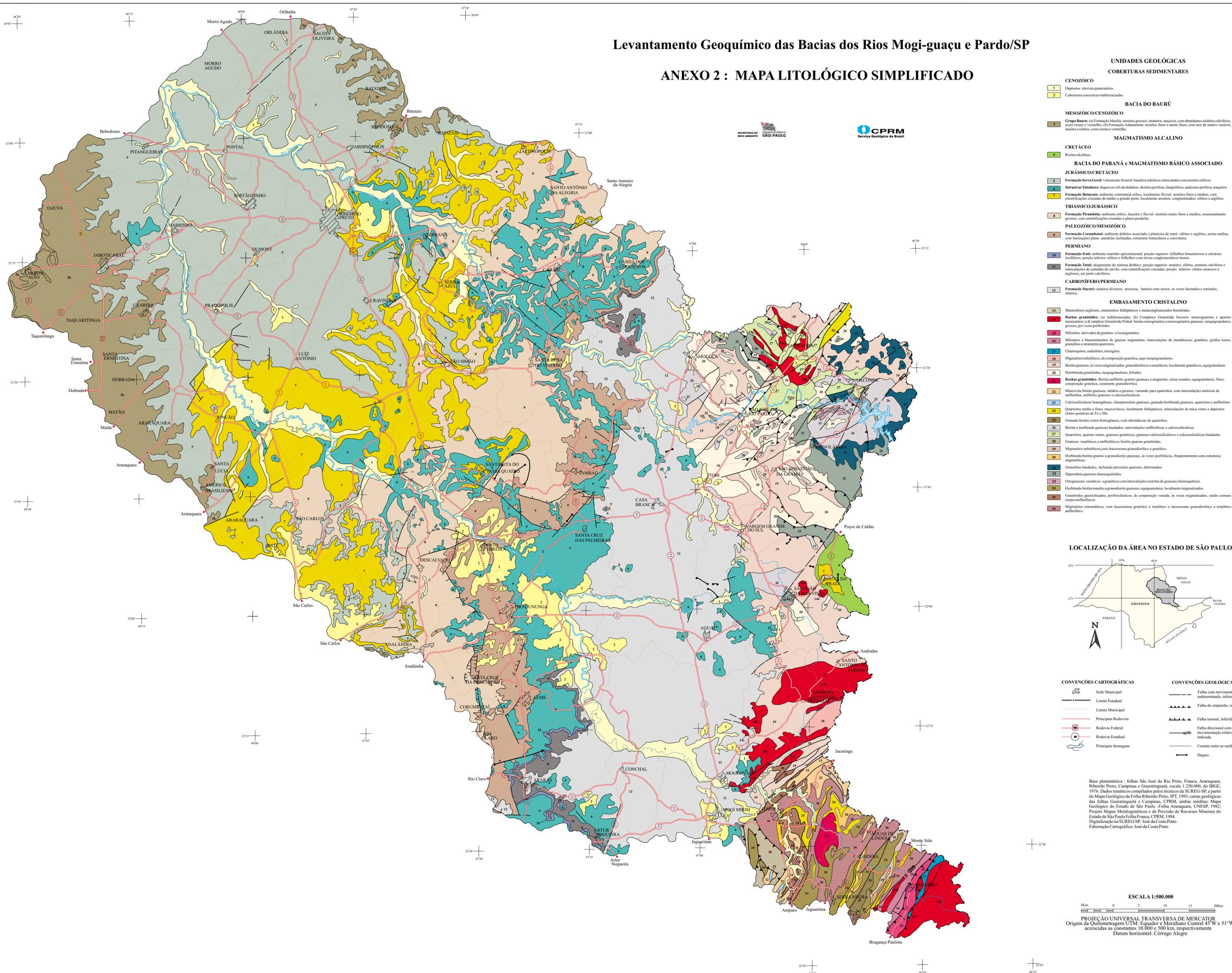
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sede Municipal
- Principais drenagens

ESCALA 1:500.000

Levantamento Geoquímico das Bacias dos Rios Mogi-guaçu e Pardo/SP

ANEXO 2 : MAPA LITOLÓGICO SIMPLIFICADO



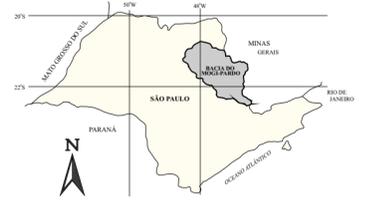
UNIDADES GEOLÓGICAS COBERTURAS SEDIMENTARES

- CENOZÓICO**
- 1 Depósitos aluviais quaternários.
- 2 Coberturas cenozoicas indiferenciadas.
- BACIA DO BAURÚ**
- MESOZÓICO/CENOZÓICO**
- 3 Grupo Baurú: (a) Formação Marília: arenitos grossos, maturos, maços, com abundantes nodulos calcíferos, cores creme e vermelho; (b) Formação Adamantina: arenitos finos a muito finos, com teor de matriz variável, lamitos e siltitos, cores creme e vermelho.
- MAGMATISMO ALCALINO**
- 4 Rochas alcalinas.
- BACIA DO PARANÁ e MAGMATISMO BÁSICO ASSOCIADO**
- JURÁSSICO/CRETÁCEO**
- 5 Formação Serra Geral: vulcanismo fissural: basaltos toleíticos intercalados com arenitos colúmbicos.
- 6 Intrusivos Taboares: diques ou sill de diabásio: dioritos porfíricos, lamprofíros, andesitos porfíricos, traquitos.
- 7 Formação Botucatu: ambiente continental eólico, localmente fluvial: arenitos finos a médios, com estratificações cruzadas de médio a grande porte, localmente arenitos, conglomerados, siltitos e argilitos.
- TRIÁSSICO/JURÁSSICO**
- 8 Formação Pirambóia: ambiente eólico, lacustre e fluvial: arenitos muito finos a médios, ocasionalmente grossos, com estratificações cruzadas e plano-paralelas.
- PALEOZÓICO/MESOZÓICO**
- 9 Formação Corumbataí: ambiente delatício associado a planícies de maré: siltitos e argilitos, arcias médias, com laminações plano-paralelas inclinadas, estruturas tectônicas e corvolutas.
- PERMIANO**
- 10 Formação Itati: ambiente marinho epicontinental: porção superior: folhelhos betuminosos e calcários fossilíferos; porção inferior: siltitos e folhelhos com níveis conglomeráticos basais.
- 11 Formação Tatui: afloramento de sistema delatício: porção superior: arenitos, siltitos, arenitos calcíferos e intercalações de camadas de carvão; com estratificações cruzadas; porção inferior: siltitos arenosos e argilitos, em parte calcíferos.
- CARBONÍFERO/PERMIANO**
- 12 Formação Itararé: arenitos diversos, arciosos, lamitos com setos, às vezes facetados e estratidos, ritmicos.

EMBASAMENTO CRISTALINO

- 13 Metassiltos argilosos, metarenitos feldspáticos e metaconglomerados brechóides.
- 14 Rochas granitoides: (a) indiferenciadas; (b) Complexo Granítico Socorro: monzogranitos e quartzo monzonitos; (c) Complexo Granítico Pindal: biotita migmatitos a monzogranitos gnaissos, inequigranulares, grossos, por vezes porfoliados.
- 15 Migmatitos derivados de granitos e/ou migmatitos.
- 16 Migmatitos a blastomelanos de gnaiss migmatitos; intercalações de metabásicas, gneissos, grafita xistos, granitos e raramente quartzitos.
- 17 Charnóquitos, enderbites, khatyngitos.
- 18 Migmatitos neobásicos, de composição granítica, equi-inequigranulares.
- 19 Biotita gnaissos, às vezes migmatizados, granodioríticos a tonalíticos, localmente graníticos, equigranulares.
- 20 Hornblenda granitoides, inequigranulares, foliadas.
- 21 Rochas granitoides: biotita-antifólio granito gnaissos a magnetita, citra rosados, equigranulares, finos, composição granítica, raramente granodiorítica.
- 22 Muscovita biotita gnaissos, médios a grossos, variando para quartzitos, com intercalações métricas de anfíbolas, anfíbolo gnaissos e calcossilicáticas.
- 23 Calcossilicáticas homogêneas, clinopiroxênio gnaissos, granada-hornblenda gnaissos, quartzitos e anfíbolas.
- 24 Quartzitos médio a finos, muscovíticos, localmente feldspáticos, intercalações de mica xistos e depósitos clasto-químicos de Fe e Mn.
- 25 Granada-biotita xistos homogêneos, com alternâncias de quartzitos.
- 26 Biotita e hornblenda gnaissos bandados, intercalações anfíbolicas e calcossilicáticas.
- 27 Quartzitos, quartzo xistos, gnaissos graníticos, gnaissos calcossilicáticos e calcossilicáticas bandadas.
- 28 Gnaissos tonalíticos a anfíbolicos, biotita gnaissos granitoides.
- 29 Migmatitos neobásicos com leucossoma granodiorítico a granítico.
- 30 Hornblenda-biotita granito a granodiorito gnaissos, às vezes porfoliados, freqüentemente com estruturas migmatíticas.
- 31 Granulitos bandados, incluindo piroxênio gnaissos, deformados.
- 32 Hiperstênio gnaissos charnoquíticos.
- 33 Ortognaissos sieníticos a graníticos com intercalações restritas de gnaissos charnoquíticos.
- 34 Hornblenda-biotita tonalito a granodiorito gnaissos, equigranulares, localmente migmatizados.
- 35 Granitoides gnaissificados, porfoliados, de composição variada, às vezes migmatizados, sendo comuns corpos anfíbolicos.
- 36 Migmatitos esotéricos, com leucossoma granítico a tonalítico e mesossoma granodiorítico a tonalítico anfíbolicos.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO DE SÃO PAULO



- | CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS | CONVENÇÕES GEOLÓGICAS |
|--------------------------|--|
| Sede Municipal | Falha com movimentação indeterminada, inferida. |
| Limite Estadual | Falha de empurrão, inferida. |
| Limite Municipal | Falha normal, inferida. |
| Principais Rodovias | Falha direcional com movimentação relativa indicada. |
| Rodovia Federal | Contato entre as unidades. |
| Rodovia Estadual | Diques. |
| Principais drenagens | |

Base planimétrica: folhas São José do Rio Preto, Franca, Araraquara, Ribeirão Preto, Campinas e Guaratinguetá, escala 1:250.000, do IBGE, 1976. Dados técnicos compilados pelos técnicos da SUREG-SP, a partir do Mapa Geológico da Folha Ribeirão Preto, IPT, 1993; cartas geológicas das folhas Guaratinguetá e Campinas, CPRM, ambas inéditas; Mapa Geológico do Estado de São Paulo - Folha Araraquara, UNESP, 1982; Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Mnerais do Estado de São Paulo Folha Franca, CPRM, 1984. Digitalização na SUREG-SP: José da Costa Pinto. Edição Cartográfica: José da Costa Pinto.

ESCALA 1:500.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem do Quilômetro UTM: Equador e Meridiano Central 45°W e 51°W, acrescidas as constantes 10.000 e 500 km, respectivamente.
Datum horizontal: Córrego Alegre

