



BACIA DO RIO PARANAÍBA

ATLAS

geoquímico



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

ATLAS GEOQUÍMICO DA BACIA DO RIO PARANAÍBA

ESTADO DE GOIÁS

**PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO
DE BAIXA DENSIDADE DA BACIA DO RIO PARANAÍBA**



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Wellington Moreira Franco

Secretário Executivo

Márcio Felix

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vicente Humberto Lôbo Cruz

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/ SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antonio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti (Interino)

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho (Interino)

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira (Interino)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

ATLAS GEOQUÍMICO DA BACIA DO RIO PARANAÍBA

ESTADO DE GOIÁS

DALIANE BANDEIRA EBERHARDT
FERNANDA GONÇALVES DA CUNHA



Goiania, GO
2018

CRÉDITOS TÉCNICOS

Departamento de Gestão Territorial

Jorge pimentel - Geólogo MSc.

Coordenação Nacional

Cássio Roberto da Silva - Geólogo DSc.

Coordenação Técnica

Fernanda Gonçalves da Cunha - Geóloga DSc.

Equipe Executora

Daliane Bandeira Eberhardt – Geóloga MSc.

Fernanda Gonçalves da Cunha – Geóloga

Flávio Fernandes Faleiro – Geógrafo MSc.

Linaldo de Sousa Mesquita

Liliane Viana dos Santos

João Rocha de Assis

Warley Sena de Oliveira

Pedro Ricardo Soares Bispo

Estagiários

Kátia Siqueira Batista

Marcus Vinicius Melo Mitidiere

Revisão Técnica e Gramatical

Antônio Augusto Frasca - Geólogo DSc.

Montagem Final

Eduardo Viglio

Julia Quintarelli

Projeto Gráfico e Diagramação

DIEDIG - Divisão de Editoração Geral

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

E16a Eberhardt, Daliane Bandeira.
Atlas geoquímico da bacia de Paranaíba: estado de
Goiás / Daliane Bandeira Eberhardt [e] Fernanda
Gonçalves da Cunha. – Goiânia : CPRM, 2018.
206 p.

ISBN

1Geoquímica – Atlas – Brasil. I. Cunha, Fernanda
Gonçalves da. II. Título.

CDD 551.909 81

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA BACIA DO RIO PARANAÍBA	8
2.1. Clima	9
2.2. Vegetação	10
2.3. Geomorfologia	11
2.4. Hidrografia	11
2.5. Solos	14
2.6. Atividades Econômicas	16
2.7. Infraestrutura de Saneamento Ambiental	16
3. GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS	17
3.1. Geologia	17
3.2. Recursos Minerais	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1. Coleta das Amostras, Sedimentos de Corrente e Solos	22
4.2. Análises Químicas	26
4.3. Tratamento dos Dados Analíticos	26
4.4. Elaboração dos Mapas Geoquímicos	26
5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	28
5.1. Parâmetros Legais e Sumários Estatísticos	28
5.2. Mapas Geoquímicos	33
5.3. Elementos	166
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	198
6.1. Águas para Abastecimento Público e Superficiais	198
6.2. Sedimentos de Corrente e Solos	199
REFERÊNCIAS	201

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM tem a grata satisfação de disponibilizar à sociedade mais um produto da série Atlas Geoquímicos Estaduais do Brasil: o Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Paranaíba, no Estado de Goiás. Este atlas é o primeiro produto a ser disponibilizado, vinculado ao Projeto Levantamento Geoquímico no Estado de Goiás. Os resultados contribuirão para o enriquecimento do conhecimento ambiental e geológico, visando subsidiar as ações governamentais municipais e estadual, com informações quantitativas e qualitativas para o planejamento e a execução de projetos de sustentabilidade ambiental, bem como auxiliar no planejamento das atividades relacionadas ao desenvolvimento econômico do estado de Goiás.

O Atlas concentra informações geoquímicas aplicáveis a estudos sobre a distribuição espacial da abundância ou carência de elementos químicos ou substâncias de origem natural ou antropogênica, relacionados a diferentes áreas do conhecimento, tais como a agricultura, veterinária, saúde pública e monitoramento ambiental, como ainda permitirem a identificação de prováveis áreas com potencial mineral.

No Atlas são apresentados, em meio digital, mapas geoquímicos acompanhados de textos explicativos.

No âmbito da geoquímica ambiental e geologia médica, a CPRM/SGB tem dado destaque à Ação Levantamentos Geoquímicos, com o Projeto Mapeamento Geoquímico de Baixa Densidade, desenvolvido desde 2003, cujo objetivo é avaliar, em todo o território nacional, a composição do substrato rochoso, dos solos, dos sedimentos ativos de corrente e das águas de drenagem e de abastecimento humano. A metodologia de amostragem, armazenamento das amostras e análises químicas seguem os padrões geoquímicos estabelecidos pelo projeto IGCP-259 da UNESCO-IUGS, e pelo Working Group on Global Geochemical Baseline, do IUGS-IAGC.

Os produtos finais deste Projeto são os atlas geoquímicos estaduais e o banco de dados geoquímicos inserido no GeoSGB, disponível na CPRM/SGB. A utilização dessas informações estruturadas pode contribuir para a formulação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento regional, assim como apoiar a tomada de decisões em bases sustentáveis.

José Leonardo da Silva Andriotti

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

1. INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM executa, desde 2003, o Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade no Brasil, com o objetivo de avaliar em todo o território nacional as composições químicas dos sedimentos de corrente, solos e águas de superfície e de abastecimento público, que consideram a natureza do substrato rochoso e de contaminantes que foram adicionados aos mesmos. Este projeto visa disponibilizar a multiusuários dados e informações para fertilidade natural dos solos para a agricultura, fontes de contaminações naturais e antropogênicas de elementos químicos nocivos à saúde humana, animal e ambiental e para a pesquisa de novos depósitos minerais, entre outras.

Os estudos já foram concluídos em vários estados brasileiros, tais como, Roraima, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo. Estão em desenvolvimento os trabalhos nos estados do

Pará, Goiás e Bahia. No estado de Goiás, englobando o Distrito Federal, o levantamento geoquímico foi iniciado em 2010, com o estudo da bacia do rio Paranaíba, que corresponde a uma área de 44% do território estadual e abrange estas duas importantes regiões metropolitanas.

O atlas apresenta informações integralizadas e sistematizadas de 52 (cinquenta e dois) elementos químicos analisados nos sedimentos de corrente ou de fundo dos rios e nos solos e, de 28 (vinte e oito) cátions, 7 (sete) ânions e 4 (quatro) parâmetros físico-químicos analisados nas águas superficiais e nas utilizadas para abastecimento público, coletadas nas ETAs. A avaliação do solo foi estabelecida de acordo com a regulamentação da Resolução CONAMA 420/2009, e representa o primeiro mapeamento dos teores naturais de metais pesados nos solos, de referência ambiental, no Estado de Goiás.

2. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIOGRAFICOS

Localizado na região Centro-Oeste do Brasil, Goiás é um Estado privilegiado em extensão territorial e recursos hídricos. Com uma área de 340.111,78 km², representando 4,0% do território nacional, Goiás é o sétimo estado do país em extensão territorial. Limita-se ao norte com o Estado do Tocantins, ao sul com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a leste com a Bahia e Minas Gerais e a oeste com Mato Grosso.

O Estado possui 246 municípios, com uma população estimada em 2013, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 6.434.048 habitantes e uma densidade demográfica estimada de 18,91 habitantes/km². É drenado por quatro bacias hidrográficas: Bacia do rio Paranaíba, Bacia do rio Tocantins, Bacia do rio Araguaia e Bacia do rio São Francisco (Figura 1) (SIEG, 2014).

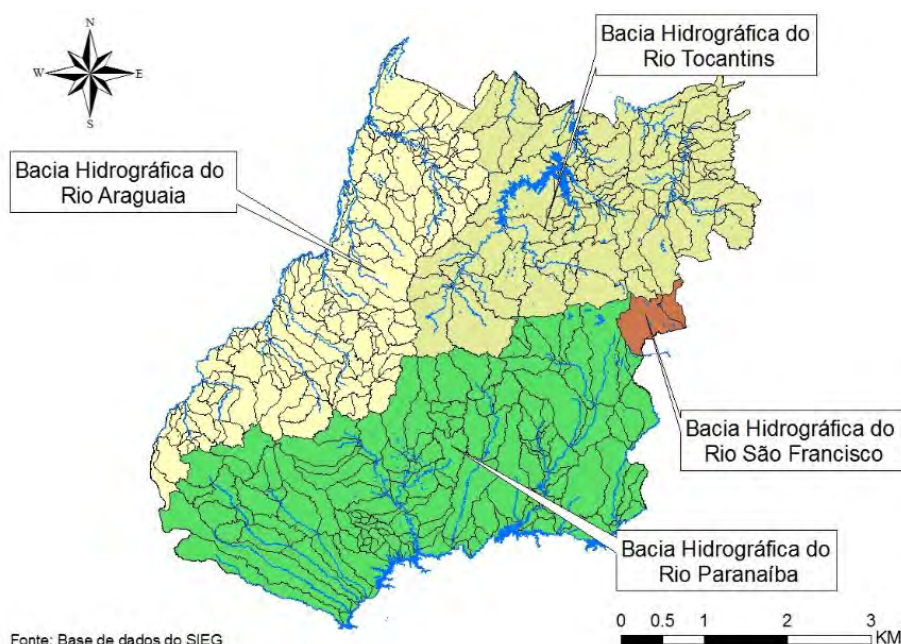


Figura 1 – Bacias Hidrográficas do Estado de Goiás.

O rio Paranaíba é um dos principais formadores do rio Paraná, sendo sua bacia, a segunda maior unidade hidrográfica da bacia do Paraná. Abrange uma área de drenagem de 222.767 Km², englobando parte dos estados de Goiás (65%), Minas Gerais (30%), Distrito Federal (3%) e do Mato Grosso do Sul (2%). O rio Paranaíba é o divisor natural dos estados

de Minas Gerais e Goiás e, na sua foz, divide Minas Gerais com Mato Grosso do Sul.

Na figura 2 observa-se a área da bacia no estado de Goiás formada pelas sub-bacias da margem direita do rio Paranaíba, no limite das unidades federativas de Goiás e Minas Gerais, até a confluência com o rio Grande com a formação do rio Paraná.

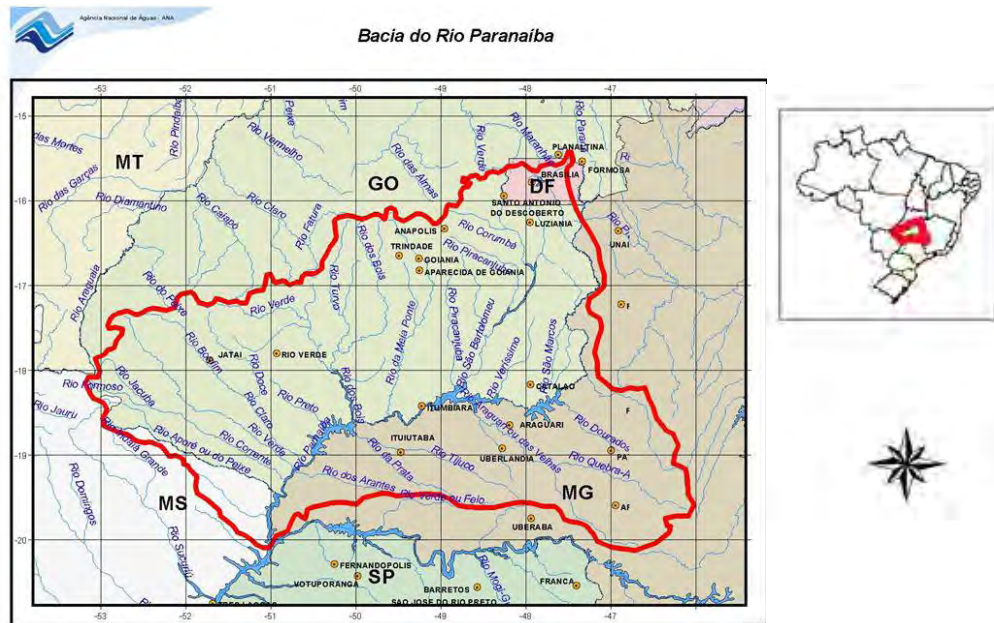


Figura 2 – Bacia do rio Paranaíba nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Fonte: ANA (2007)

O rio Paranaíba tem sua nascente na Serra da Mata da Corda, no estado de Minas Gerais, numa altitude de cerca de 1.100 m, nas proximidades do município de Rio Paranaíba. Percorre uma extensão de 1.170km até sua desembocadura no rio Paraná.

A bacia do rio Paranaíba, por estar localizada na região geoeconômica Centro-Sul do Brasil de grande dinamismo econômico, industrial e agroindustrial, possui centros com elevada taxa de urbanização e nível industrial importante. Dentre os mais importantes pode-se destacar o Distrito Federal e Goiânia, no estado de Goiás.

A bacia do rio Paranaíba abrange uma área de 149.488,7 km² no estado de Goiás, correspondendo a 44% da área estadual, distribuída em 136 municípios e o Distrito Federal. As sub-bacias que integram essa área são: (i) bacia hidrográfica do rio Meia Ponte; (ii) bacia hidrográfica dos rios Turvo e dos Bois; (iii) bacia hidrográfica do rio Corumbá; (iv) bacia hidrográfica do rio São Marcos; (v) bacia hidrográfica dos afluentes goianos do Baixo Paranaíba.

No Distrito Federal, a bacia do rio Paranaíba abrange uma área de 3.708,8 km², integrando as sub-bacias: (i) bacia hidrográfica do rio São Marcos; (ii) bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu; (iii) bacia hidrográfica do rio Corumbá; (iv) bacia hidrográfica do rio Descoberto; e, (v) Lago Paranoá.

De acordo com o IBGE (Censo 2010), aproximadamente 75% da população do estado de Goiás residem nos municípios que integram a área da bacia do rio Paranaíba.

2.1. CLIMA

As condições climáticas na área da bacia do Paranaíba são idênticas às de toda a região Centro-Oeste. Possui características climáticas quentes, úmidas a semiárido, com 1 a 5 meses secos. Segundo a classificação de Köppen enquadram-se no tipo AW, correspondente ao clima tropical quente, com duas estações bem definidas seca no inverno e úmida no verão. Segundo Martins e Rosa (2012), o regime térmico apresenta diferenças pouco significativas, em se tratando de condições médias (Figura 3). O período chuvoso estende-se de novembro a março, com o trimestre mais úmido correspondendo aos meses de janeiro, fevereiro e março. O período seco é representado pelos meses de junho, julho e agosto, com os meses de maio e setembro, os de transição entre as estações seca e úmida, respectivamente. A figura 4 mostra o mapa de precipitação total anual (médias) na bacia do rio Paranaíba, de acordo com Martins e Rosa (2012).

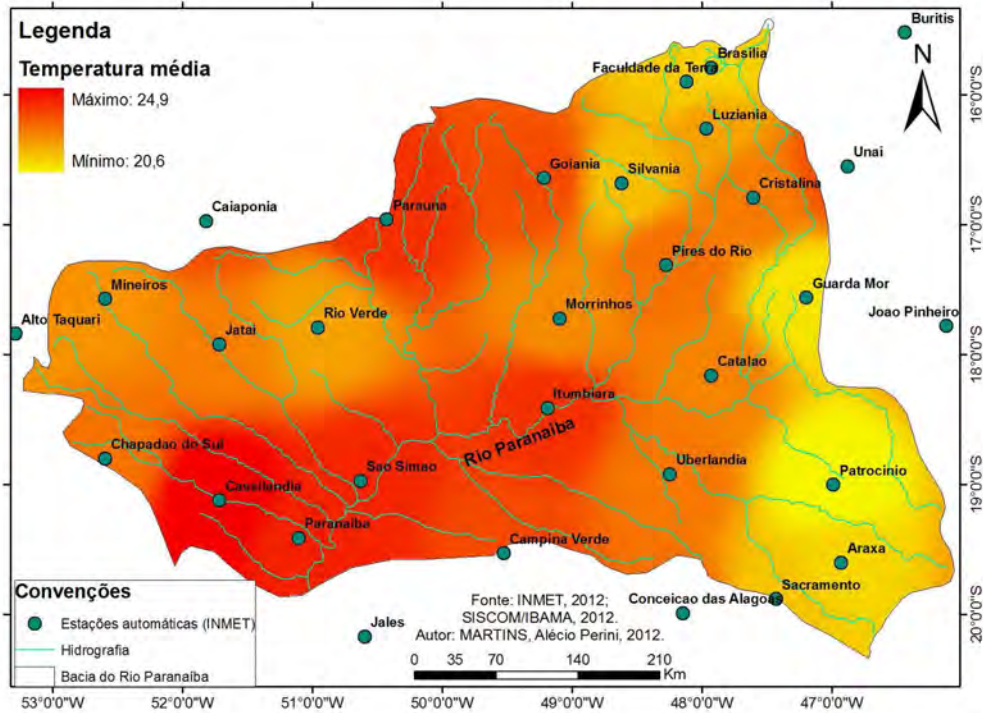


Figura 3 - Temperatura média anual na Bacia do Rio Paranaíba. Fonte: Martins e Rosa (2012)

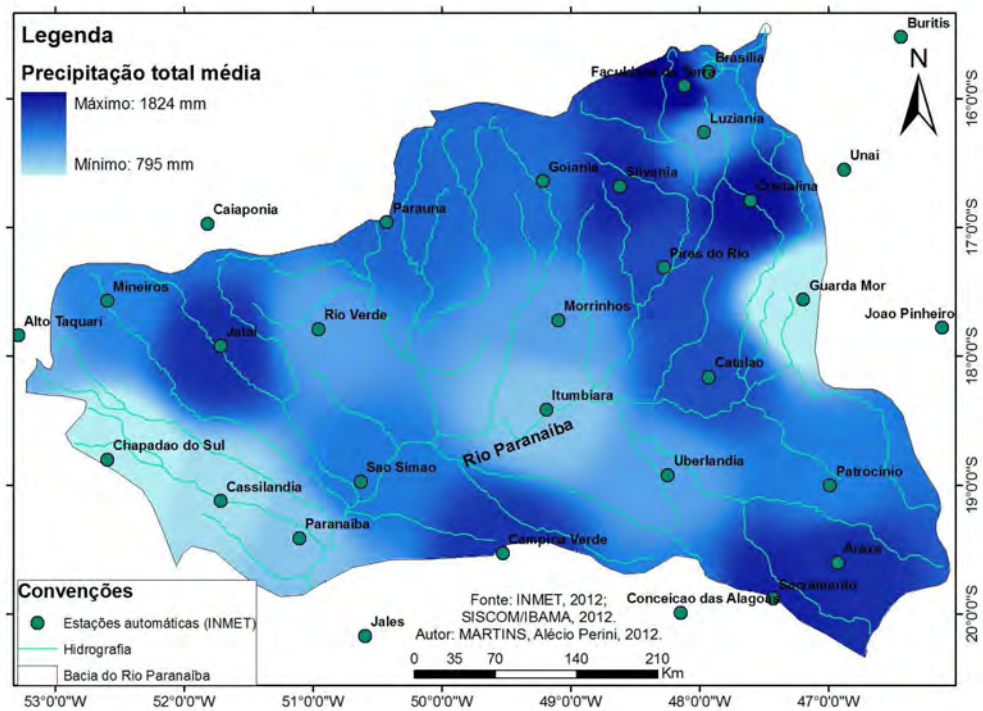


Figura 4 - Precipitação total anual (médias) na Bacia do Rio Paranaíba. Fonte: Martins e Rosa (2012)

2.2. VEGETAÇÃO

A vegetação que caracteriza a bacia é o cerrado. Essa composição vegetativa possui aspectos particulares, as árvores são baixas com troncos retorcidos, folhas e cascas grossas, além de raízes profundas

para que nos períodos da seca as raízes possam atingir o lençol freático e, dessa forma, obter água. Além do cerrado que é predominante, é encontrado também uma restrita área de floresta tropical e vestígios de floresta atlântica nas proximidades de Goiânia, Anápolis, além de outras cidades do sul de

Goiás. Esse tipo de vegetação é comum, principalmente, em áreas acidentadas e nas margens de mananciais, como ainda no interior de unidades de conservação de proteção ambiental – como no Parque Nacional das Emas.

O processo de ocupação da região, a partir dos anos 60, levou a degradação do cerrado pela invasão da pecuária extensiva e o acelerado crescimento da fronteira agrícola. Atualmente, restam apenas cerca de 20% de área do bioma em estado conservado (Castro, 2013; SEMARH, 2012; apud Brochado, 2014). Apresenta, também, um crescente número de projetos de piscicultura, principalmente localizados nos distritos agroindustriais das cidades de Anápolis e Aparecida de Goiânia.

2.3. GEOMORFOLOGIA

Quanto à caracterização geomorfológica, a compartimentação da bacia do rio Paranaíba está representada de forma simplificada na figura 5. Em relação às características geomorfológicas, são definidos dois conjuntos de relevo na região: O primeiro denominado de Planalto Central Goiano, compreende o Planalto do Distrito Federal (1A) e Planalto Rebaixado de Goiás (1B), no domínio das rochas metamórficas e metassedimentares. O segundo, denominado Planalto Setentrional da Bacia do Paraná (Região dos Planaltos Arenítico-Basálticos Interiores), ocorre no domínio da Província Paraná e é subdividido no Planalto (Chapadão) do Rio Verde (2B) e Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná (2A) (EPE, 2007, apud ANA, 2015).

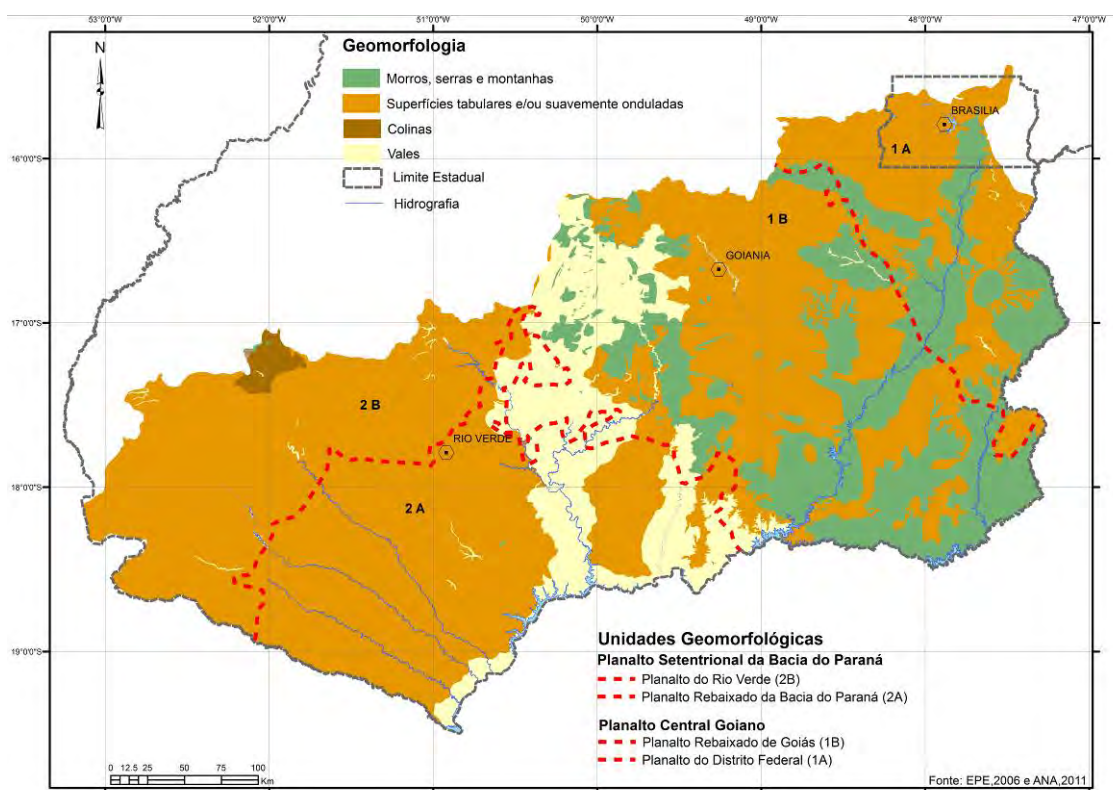


Figura 5: Geomorfologia simplificada da Bacia do rio Paranaíba

2.4. HIDROGRAFIA

As principais sub-bacias que formam a bacia hidrográfica do rio Paranaíba no estado de Goiás abrangem a área do Distrito Federal e a região centro-sudeste do estado de Goiás, relacionadas a seguir, contendo as principais características ambien-

tais segundo o relatório da ANA (2010). A figura 6 mostra as sub-bacias da bacia do rio Paranaíba no Distrito Federal e nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Observa-se que na figura, as sub-bacias da margem direita do rio Paranaíba são as que pertencem à bacia no estado de Goiás.

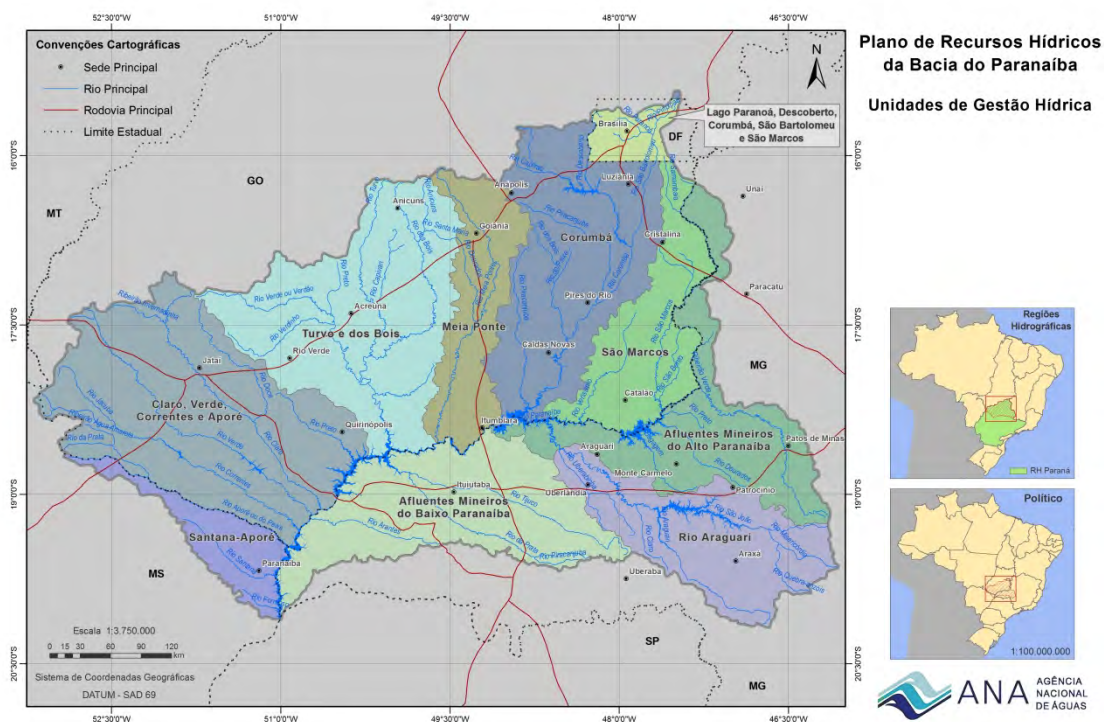


Figura 6 – Sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Paranaíba

Distrito Federal

No Distrito Federal, vários cursos d'água configuraram os afluentes distritais do rio Paranaíba. Eles estão distribuídos em fragmentos – as cabeceiras – de 4 bacias: São Marcos, São Bartolomeu, Corumbá e Descoberto. A sub-bacia do Rio Paranoá faz parte da bacia do Rio São Bartolomeu e é a única integralmente localizada dentro do território do Distrito Federal. O Rio Descoberto marca a divisa a oeste com o Estado de Goiás.

Bacia do Rio São Marcos - A bacia do rio São Marcos é a bacia hidrográfica de menor área no DF, localizando-se na porção sudeste, sendo formada apenas por uma pequena parte da Região Administrativa do Paranoá, o que corresponde uma área de apenas 68,60 km². No Distrito Federal a bacia não apresenta qualquer núcleo urbano no seu território e limita-se com a bacia do rio Preto a nordeste e a bacia do rio São Bartolomeu a noroeste. O curso principal do rio São Marcos marca a divisa entre os estados de Goiás e Minas Gerais. Destaca-se nesta bacia o rio Samambaia, cuja nascente está localizada no DF.

Bacia do Rio São Bartolomeu - A bacia do rio São Bartolomeu é a de maior do Distrito Federal, com uma área de drenagem de 1.494,61 km². Nela estão situadas partes das Regiões Administrativas de So-

bradinho, Planaltina, Paranoá, São Sebastião e Santa Maria. O rio São Bartolomeu tem como afluentes de maior importância o ribeirão Sobradinho, o ribeirão Mestre D'Armas e o rio Paranoá.

Bacia do Rio Paranoá - A bacia do rio Paranoá está situada na porção central do Distrito Federal, sendo uma das bacias hidrográficas que apresenta o contingente populacional mais expressivo. Sua área de drenagem é de 928,65 km². O Lago Paranoá foi formado artificialmente em Brasília no período chuvoso de 1959/1960, tendo como principais objetivos: recreação, paisagismo, melhoria do microclima (umidade relativa do ar) e aproveitamento do potencial hidroelétrico. A Bacia Hidrográfica do rio Paranoá tem grande destaque ambiental, pois conta com duas áreas de proteção ambiental: a APA do Lago Paranoá e a APA das Bacias do Gama e Cabeça de Veado, esta última contendo as estações ecológicas do Jardim Botânico e da Universidade de Brasília.

Bacia do Rio Corumbá - A bacia do rio Corumbá se localiza na porção sudoeste do DF, onde estão compreendidas as Regiões Administrativas de Samambaia, Recanto das Emas, Gama e Santa Maria. Sua área de drenagem dentro do DF é de 368,69 km². A bacia se caracteriza por alta declividade, solos de baixa fertilidade e com deficiência hídrica.

Seus solos, com pouca cobertura vegetal, facilitam a ocorrência de processos erosivos.

Bacia do Rio Descoberto - A bacia do rio Descoberto localiza-se na porção ocidental do Distrito Federal e, juntamente com a bacia do Lago Paranoá, é uma das mais povoadas. Possui uma área de drenagem de 804,95 km². O rio Descoberto drena o DF no extremo oeste do território, separando-o do Estado de Goiás. Entre outros rios importantes da bacia, destaca-se o ribeirão Melchior que banha os núcleos urbanos de Taguatinga e Ceilândia. No extremo oeste da bacia, localiza-se o lago do Descoberto, formado pelo represamento das águas do próprio rio Descoberto, para fins de abastecimento de água dos núcleos urbanos do Distrito Federal.

Estado de Goiás

No Estado de Goiás, os principais afluentes da bacia do rio Paranaíba são: rio São Marcos, rio Veríssimo, rio Corumbá, rio Meia Ponte, rio Turvo, rio dos Bois, rio Alegre, rio Claro, rio Verde, rio Corrente e rio Aporé.

Bacia do rio São Marcos - Com as principais nascentes no território do Distrito Federal, o curso principal do Rio São Marcos marca a divisa entre os Estados de Goiás e Minas Gerais. Suas águas são largamente utilizadas na irrigação de lavouras e, em 2008, teve seu curso desviado para construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Serra do Facão. No Estado de Goiás, banha os municípios de Cristalina, Campo Alegre de Goiás, Catalão, Ouidor e Davinópolis.

Bacia do rio Veríssimo - Com uma área de 4.533,7 km², a bacia do rio Veríssimo localiza-se na região sul do Estado de Goiás e abarca os municípios de Corumbá, Anhangüera, Cumari, Goiandira, Nova Aurora, Catalão, Ipameri e Campo Alegre de Goiás. A formação florestal é esparsa e com fortes intervenções antrópicas sobre as matas ciliares devido à substituição de parte da floresta por pastagens e atividades agrícolas. Na região de Catalão, são observadas atividades de mineração, o que contribui para a degradação dos mananciais.

Bacia do rio Corumbá - A bacia do rio Corumbá situa-se na porção centro leste do Estado de Goiás, ocupando uma área de aproximadamente 9.000 km². Seus principais afluentes são o Rio Descoberto e o Rio São Bartolomeu, os quais banham parte do Distrito Federal. O Rio Corumbá é um dos três principais contribuintes do Rio Paranaíba, tendo suas nascentes localizadas na Serra dos Pirineus, a uma

altitude de 1.100 m. Suas águas servem ao abastecimento de cidades, à geração de energia e à irrigação de lavouras.

Bacia do rio Meia-Ponte - A bacia do rio Meia Ponte possui uma área de drenagem de aproximadamente 12.410,33 km². O rio Meia Ponte percorre 415 km até a sua foz, drenando 37 municípios do estado de Goiás. Suas nascentes localizam-se na Serra dos Brandões, município de Itauçu, sendo sua foz no rio Paranaíba, município de Cachoeira Dourada, divisa do estado de Goiás com o de Minas Gerais. O principal município desta bacia é Goiânia, capital do estado de Goiás. Atualmente, as águas do rio Meia-Ponte encontram-se poluídas, sendo a principal fonte de degradação ambiental os municípios da Região Metropolitana de Goiânia, que despejam o esgoto coletado no leito do rio. Além do esgoto, outros efluentes são descartados no rio Meia-Ponte, entre eles, de laticínios, frigoríferos, fábricas de bebidas e curtumes, acarretando degradação ambiental na bacia.

Bacia do rio dos Bois - O rio dos Bois possui uma área de drenagem de 34.759 km² e uma extensão de 250 km norte-sul e de 250 km leste-oeste. Tem suas nascentes no município de Americano do Brasil e sua foz no reservatório da UHE São Simão, na margem direita do Rio Paranaíba, nas proximidades do município de Inaciolândia. Destacam-se na bacia, os rios Turvo e Verde, ambos pela margem direita do rio dos Bois. Em diversos pontos, recebe efluentes urbanos e de origem rural (pecuária) acarretando a deterioração da qualidade de suas águas. Uma característica marcante nesta bacia é o cultivo intenso de cana-de-açúcar. A bacia hidrográfica do rio dos Bois abrange terras pertencentes a municípios como Santa Helena, Rio Verde, Acreúna, Jandaia, Indiará e outros.

Bacia do Rio Preto - O Rio Preto é um afluente goiano do rio Paranaíba, com extensão total de 127,26 km e sua área de drenagem é de 2.302,56 km². Sua nascente está localizada no município de Rio Verde e, atualmente, encontra-se bem preservada. Outros municípios banhados pelo rio Preto são Quirinópolis e Cachoeira Alta. A bacia é ocupada basicamente pela agricultura e pecuária, sendo que a cana-de-açúcar está em franca expansão na região.

Bacia do Rio Alegre - A bacia do Rio Alegre tem uma área de drenagem de 1.423,25 km² e tem sua nascente no município de Cachoeira Alta, em boas condições de preservação. Até sua foz no reservatório da UHE São Simão, revela em seu baixo curso

boas condições ambientais, com o rio protegido por mata de galeria. Não há nenhuma sede municipal na área desta bacia.

Bacia do Rio Claro - O Rio Claro é o limite oeste do município de Perolândia com Jataí e delimita a fronteira do município de Caçu com os municípios de Aparecida do Rio Doce, Cachoeira Alta, Paranaguara e São Simão. A Bacia do Rio Claro possui uma área de drenagem de 13.684,16 km², nasce na Serra do Caiapó e apresenta trechos bem protegidos por mata ciliar nas áreas íngremes, com ocupação de pecuária nas áreas menos íngremes e ocupação agrícola intensa na parte superior da área de drenagem próxima à nascente. Ainda em seu alto curso recebe a drenagem do Ribeirão Bonfim, que por sua vez capta a drenagem pluvial da sede urbana de Perolândia. Já em seu médio curso, o Rio Claro recebe seu afluente Rio Doce com a carga de efluente doméstico do município de Aparecida do Rio Doce.

Bacia do Rio Verde - A Bacia do Rio Verde está situada na divisa do município de Mineiros com Portelândia. Possui uma área de drenagem de aproximadamente 11.768,20 km². Em sua nascente a degradação é visível, com ocupação agrícola. Em seu curso superior, apresenta segmentos meandantes em vale coberto por vegetação de mata e cerrado preservados. A fragilidade do relevo associada ao solo arenoso se mostra no assoreamento de vários cursos d'água neste trecho da bacia.

Bacia do Rio Corrente - A bacia do Rio Corrente possui uma área de drenagem de aproximadamente 7.323,46 km², sendo formado pela junção dos Rios Formoso e Jacuba, cujas nascentes estão situadas no Parque Nacional das Emas, no município de Mineiros. Apesar de estar muito próximo da área urbana de Chapadão do Céu, o Rio Formoso não drena a área urbana deste município, que tem como característica uma ocupação intensa por agricultura mecanizada. O Rio Corrente igualmente drena áreas mais úmidas e relativamente bem preservadas em sua seção superior. Em janeiro de 2008, em decorrência do rompimento da barragem da UHE Espora, teve grande parte do seu leito deteriorado, restando pouca mata ciliar em suas margens.

Bacia do Rio Aporé - O Rio Aporé traça a linha limítrofe dos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, desde sua nascente até sua foz, no reservatório de Ilha Solteira. Possui uma área de drenagem de aproximadamente 6.965,32 km². Apresenta vegetação de cerrado, em ambas às margens, apenas em seus primeiros quilômetros, sendo esta substituída por

atividades de monocultura nos demais trechos, o que contribui diretamente para o assoreamento do seu leito. Em seu médio trecho, recebe contribuição da drenagem urbana do município de Aporé, onde fica notável o excesso de sedimentos existentes no leito do rio. Em alguns segmentos o rio está inteiramente desprotegido de sua vegetação ciliar, gerando erosões e voçorocamentos laterais, bem como quedas de solo do talude (ANA, 2010).

2.5. SOLOS

Analisando a pedologia da região estudada, verifica-se que os solos presentes nas duas principais províncias geológicas que ocorrem na área da bacia, têm características distintas. Ocorre o predomínio do latossolos, seguido por cambissolos e podzólicos. Na Província do Paraná (porção ocidental da bacia) observa-se a predominância de latossolos. Embora apresentem baixa fertilidade natural, esses solos possuem boas propriedades físicas, que somadas a relevos planos e suavemente ondulados, favorecem a mecanização agrícola. São profundos, porosos, bem drenados e bem permeáveis. Já na Província do Tocantins (porção oriental da bacia) são observados cambissolos, podzólicos e algumas faixas de latossolo vermelho. A forte presença de cambissolos nessa região da bacia caracteriza uma redução na aptidão agrícola, pois são solos pouco desenvolvidos, pouco profundos e, muitas vezes, cascalhento. Em regiões de cerrado, os solos não costumam ser muito férteis (ANA, 2013).

A maior parte da bacia do rio Paranaíba apresenta aptidão para lavouras e uma pequena parte para pastagem.

Na porção oeste da bacia existem áreas com risco de erosão hídrica extremamente forte, abrangendo as sub-bacias dos rios Claro, Verde, Correntes, Aporé, Turvo e dos Bois. Nessas áreas observa-se ausência de vegetação e a presença de pastagens nas margens dos rios.

Segundo o relatório da Agência Nacional de Águas – ANA (2013), o uso e ocupação dos solos na bacia do rio Paranaíba ocorre com a predominância das atividades agropecuárias, sendo que a pecuária é predominante a oeste, enquanto a agricultura domina a porção leste da bacia no estado de Goiás. O uso agrícola na bacia está relacionado principalmente aos cultivos de soja e milho e cana-de-açúcar, sendo que a de arroz e feijão são para subsistência.

Observa-se que o crescimento da agricultura moderna na bacia além de acirrar o processo pré-existente de degradação do cerrado, introduziu novas variáveis: o uso intensivo da água para irrigação e o risco de contaminação do solo, das águas e do lençol freático pela utilização de agrotóxicos (EPE, 2006, apud ANA, 2010). A esse crescimento se associa o aumento do parque industrial e dos núcleos urbanos, gerando maiores necessidades de consumo da água e, por outro lado, maior degradação dos recursos hídricos por rejeitos industriais e sanitários.

Com a intensificação do uso, os solos da bacia em geral, apresentam problemas que exigem investimentos consideráveis em tratamentos agrícolas, calagem e nutrientes. Segundo Alloway & Ayres (1997) apud Baggio (2008), a agricultura é uma das maiores fontes não pontuais de poluição por metais pesados, sendo as fontes principais as impurezas em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn); os pesticidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn); os preservativos de madeiras (As, Cu, Cr) e os dejetos de produção de aves e porcos (Cu, Zn).

Remanescentes de cerrado e floresta são encontrados na forma de fragmentos por toda a bacia, com maior concentração no interior de unidades de conservação de proteção integral – como no Parque Nacional das Emas – e em terrenos cristalinos de

maior altitude e forte declividade – como nas UGHs Corumbá e São Marcos, na porção leste da bacia. Dentre as principais áreas urbanas da bacia, que ocupam 1,2% do território, destacam-se a Região Metropolitana de Goiânia e o Distrito Federal e seu entorno, além dos municípios de Rio Verde e Anápolis. Na figura 7 estão discriminadas as diversas formas de uso e ocupação do solo na bacia do rio Paranaíba, segundo o relatório da ANA (2013).

Atualmente, na área da bacia do rio Paranaíba no estado de Goiás, há uma coincidência entre as áreas de alta densidade rural e elevada concentração de núcleos urbanos, devido às fortes inter-relações entre os meios urbano e rural, destacando-se Brasília/DF, Goiânia/GO e suas respectivas regiões metropolitanas. As maiores indústrias da bacia em Goiás localizam-se nos municípios de Brasília/DF, Cachoeira Dourada/GO, Catalão/GO, Goiânia/GO, Aparecida de Goiânia/GO e Ipameri/GO.

O uso agropecuário na bacia, em Goiás, está relacionado principalmente aos cultivos de soja, milho e cana-de-açúcar, além de criações de bovinos, suínos e frangos. A pecuária, especialmente, ocupa a bacia de forma mais heterogênea que a atividade agrícola. Os rebanhos bovinos em larga escala são os mais frequentes nos municípios da bacia (ANA, 2013).

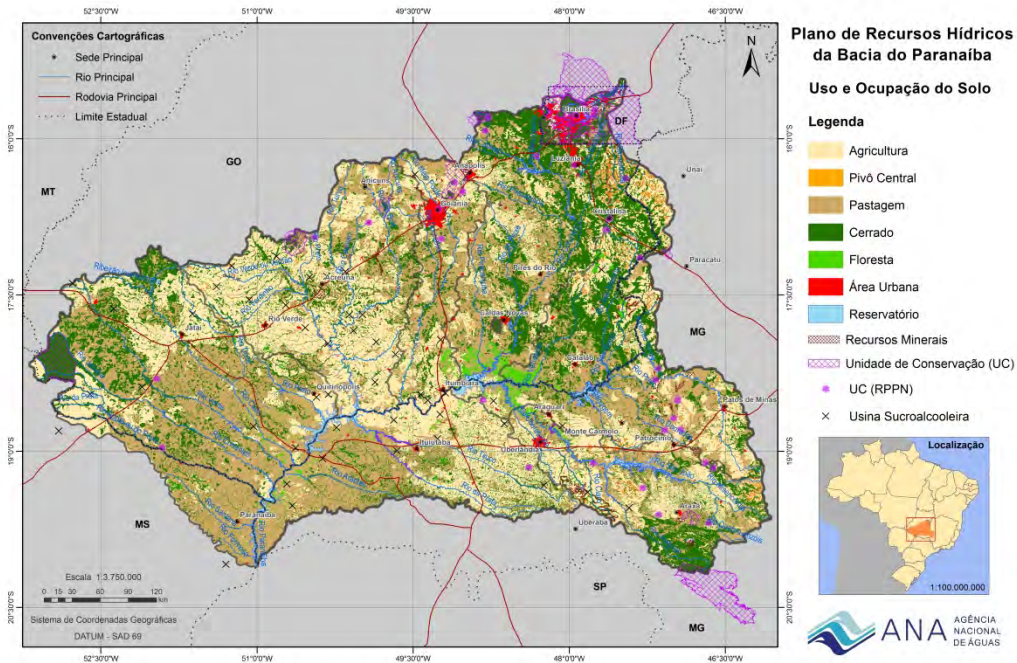


Figura 7 – Uso e ocupação do solo na bacia do rio Paranaíba (ANA, 2013)

2.6. ATIVIDADES ECONÔMICAS

A bacia do rio Paranaíba está localizada em uma região estratégica no contexto nacional, possuindo relativa diversificação de suas atividades econômicas e grande potencial de expansão.

A dinâmica produtiva da bacia do Paranaíba está concentrada no agronegócio, incluindo-se a produção de bioenergia, irrigação e a extração de recursos naturais. A mineração também é importante no processo de ocupação da bacia, destacando-se principalmente a produção de fosfato e nióbio. A bacia tem uma importância significativa na produção de energia hidrelétrica no cenário nacional, as oito principais usinas em operação nesta bacia geram 7.165 MW, segundo estudos da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) sendo responsável pela geração de grande parte da energia de Minas Gerais e Goiás. Considerando as usinas em construção, estudos de viabilidade aprovados e aproveitamentos com estudos de inventário em elaboração ou aprovados, seriam acrescidos quase 2.640 MW (<http://www.cemig.com.br/>).

Como já mencionado anteriormente, o uso agrícola na bacia está relacionado principalmente aos cultivos de soja e milho, além da cana-de-açúcar,

cultura para produção de álcool e açúcar que se expandiu fortemente na bacia. Foram identificadas na bacia várias usinas sucroalcooleiras em operação, concentradas especialmente nas UGHs Turvo e dos Bois.

2.7. INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

O saneamento ambiental está diretamente relacionado à qualidade ambiental dos ecossistemas, com impacto direto sobre os recursos hídricos, a qualidade de vida e a saúde pública.

A Tabela 1 apresenta os índices de abastecimento de água e de tratamento de esgotos nas sub-bacias da bacia do Paranaíba no estado de Goiás, em relação ao percentual da população urbana atendida por estes serviços (ANA, 2013).

Os serviços de limpeza urbana e coleta de lixo estão presentes em praticamente todos os municípios da bacia. Os serviços de coleta seletiva e reciclagem apresentam menor cobertura. A coleta seletiva apresenta abrangência satisfatória apenas em Brasília (100%) e é igual a zero nas sub-bacias dos rios Claro, Verde, Correntes, Aporé, Corumbá e Turvo e dos Bois.

Sub-bacia	População Urbana	Abastecimento de Água (%)	Tratamento de Esgoto (%)
Distrito Federal	2.273.601	100	100
Claro, Verde, Correntes, Aporé	276.735	96,6	48,3
Corumbá	1.279.215	97,6	22,3
Meia Ponte	2.248.414	87,6	40,8
São Marcos	174.451	99,5	27,6
Turvo e dos Bois	624.079	91,0	30,6

Tabela 1 – Índices urbanos de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos por sub-bacia

Em relação à destinação de resíduos sólidos, praticamente todos os municípios das sub-bacias de Goiás fazem uso do vazadouro a céu aberto (lixão). Porém, destaca-se o de Meia Ponte, em que apenas

4% dos resíduos são destinados a esse tipo de disposição final. O aterro controlado é a disposição final predominante em Brasília, segundo a tabela 2 (ANA, 2013).

Sub-bacia	Vazamento à céu aberto - lixão (%)	Aterro Controlado (%)	Aterro Sanitário (%)
Distrito Federal	0	100	0
Claro, Verde, Correntes, Aporé	45	43	50
Corumbá	62	61	19
Meia Ponte	4	9	88
São Marcos	25	0	75
Turvo e dos Bois	62	56	19

Tabela 2 – Destinação de resíduos sólidos nas sub-bacias (% da população atendida)

3. GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

3.1. GEOLOGIA

Na bacia hidrográfica do rio Paranaíba podem ser identificadas duas grandes províncias estruturais em termos de compartimentação da estrutura geológica, de origens e comportamentos distintos, e que condicionam respostas diferenciadas às intervenções e avaliações em cada uma delas. São elas: Pro-

víncia Tocantins e Província Paraná. Adicionalmente, numa pequena porção da bacia, em sua divisa leste, ocorre uma terceira e distinta unidade geológica denominada Bacia Sanfranciscana (Figura 8). A ocorrência dessas grandes províncias condiciona questões importantes relacionadas à ocupação da bacia, como relevo, pedologia, aptidão agrícola e suscetibilidade à erosão.

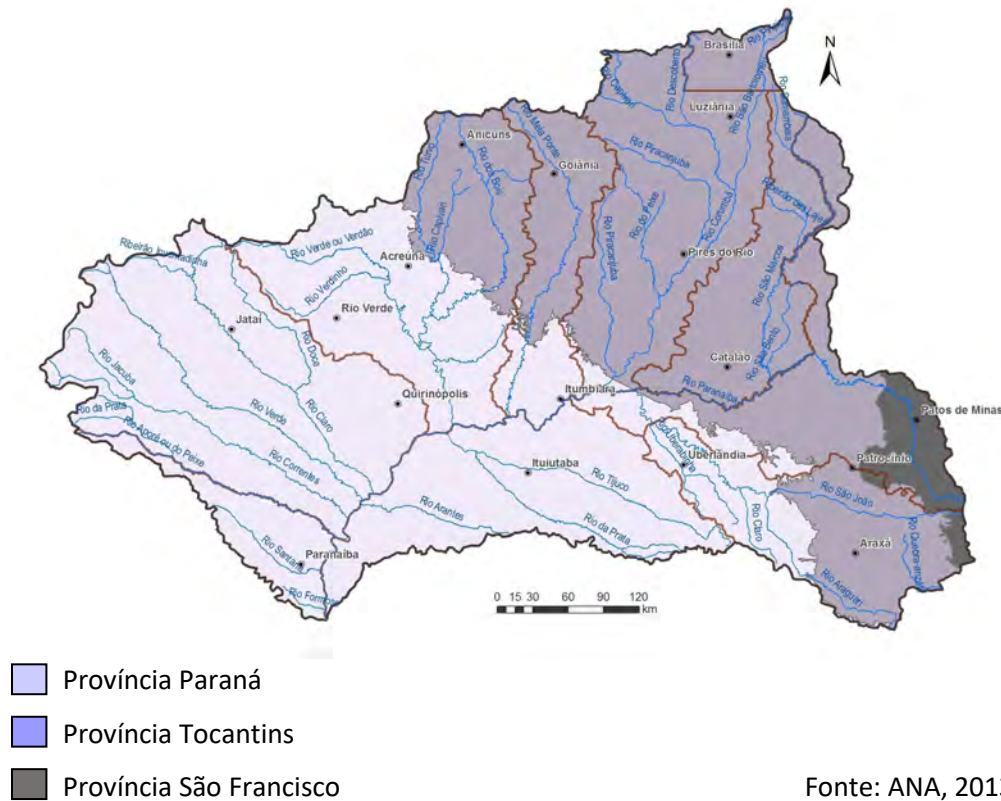


Figura 8 – Províncias Geológicas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

As unidades litoestratigráficas que ocorrem na área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no estado de Goiás estão resumidas nos parágrafos seguintes, segundo CPRM (2002) apud ANA (2013).

Província de Tocantins

A Província do Tocantins ocorre na porção centro-leste e está representada unicamente pela Faixa Brasília.

A Faixa Brasília é composta por rochas supracrustais do período Meso e Neoproterozóico, cujo me-

tamorfismo e deformação ocorreram durante o Ciclo Brasileiro.

As principais unidades litoestratigráficas inseridas na Província Tocantins são:

(a) Sequência Metavulcanossedimentar Silvânia - É constituída por rochas metavulcanossedimentares, representadas por anfibolitos, xistos, metabasaltos, metandesitos, metadacitos e quartzo-andesitos. As rochas metassedimentares compreendem metapelitos aluminosos e psamo-pelitos representados por xistos, filitos e quartzitos.

(b) Grupo Canastra

▪ Grupo Canastra Indiviso - O litotipo dominante é clorita-sericita quartzo xisto, com intercalações de sericita xisto, quartzo-muscovita xisto e lentes de xisto grafitoso, quartzito, ardósia, mármore, metacalcário e clorita calcoxisto.

▪ Formação Chapada dos Pilões - A Formação Chapada dos Pilões foi dividida em dois membros: Serra da Urucânia na base, formado por quartzo-sericita-clorita filitos intercalados com quartzitos e metassiltitos, e membro Hidroelétrica Batalha no topo, composto por ortoquartzitos, com intercalações subordinadas de filitos.

▪ Formação Paracatu - A formação Paracatu é predominantemente pelítica, representada por xistos com associação subsidiária de calcários e quartzitos. Ocupa uma faixa relativamente extensa no extremo nordeste da área.

▪ Formação Serra do Landim - Esta formação consiste de calcita-clorita-sericita xistos bandados, verde-escuro a verde-claro e milonitizados. No topo são freqüentes lentes métricas e eventuais níveis centimétricos de quartzito fino branco. O topo da formação é por vezes marcado por nível métrico de quartzo-sericita-clorita filito, rico em material carbonoso.

(c) Grupo Paranoá

▪ Unidade Rítmica Pelito-Carbonatada - A unidade é composta de metargilitos, ardósias, metassiltitos vermelhos, brancos e amarelados, filitos carbonosos rítmicos, calcixistos e quartzitos feldspáticos finos a médios.

▪ Unidade Rítmica Quartzítica Intermediária A base da unidade é de quartzito fino a muito fino, feldspático, friável, bem selecionado que transiciona para uma alternância de filito carbonoso, argilitos amarelos ou vermelhos e metassiltitos.

(d) Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu - O complexo compreende ampla variedade de gnaisses com paragêneses de metamorfismo de alto grau, reunidos na associação de ortogranulitos e de supracrustais granulitizadas tectonicamente imbricadas com as rochas metassedimentares do Grupo Araxá.

(e) Sequências metavulcanossedimentares do Arco de Goiás - Sequências compostas por serpentinito, metabasalto, anfíbolito, talco clorita xisto, BIF, filito, filito grafitoso, metarenito, metatufo, metadacito, metandesito, metarriolito, metagrauvaca, metaconglomerado, lentes de mármore, granada-muscovita-biotita xisto e quartzito.

(f) Suíte Máfico-Ultramáfica Tipo Americano do Brasil – Situada na região central de Goiás, os corpos da Suíte ocorrem como sills e stocks de gabro, gabronorito, anfíbolito, dunito, norito, peridotito e piroxenitos. Regionalmente, estes corpos estão dispostos ao longo de zonas de cisalhamento em arco ou semicírculo de concavidade voltada para o sul.

(g) Grupo Araxá - As rochas do Grupo Araxá compõem-se de metamorfitos de fácies epidoto-anfíbolito, consistindo essencialmente de micaxistos e quartzitos com intercalações de anfíbolitos, estes últimos subordinados. Estas rochas estão sotopostas por um embasamento constituído de gnaisses e granitos.

(h) Grupo Ibiá

▪ Formação Rio Verde - Essa formação é composta litologicamente por filitos calcíferos ou calcixistos com laminações quartzosas e intercalações de quartzito fino e filito cinza localmente carbonoso.

(i) Granitos - Com idade Neoproterozóica, encontram-se agrupadas sob a denominação “granitos”, diversas categorias de rochas plutônicas, dentre elas granitos sintectônicos variando de álcali-feldspato granitos, biotita-muscovita granitos, biotita granitos, granodioritos, monzogranitos e granitos deformados. Ocorrem também, granitos tarditectônicos variando de granitos porfiríticos a granodioritos, tonalitos, monzogranitos, sienogranitos, quartzo-monzonitos e sienitos, distribuindo-se de forma dispersa na porção nordeste da bacia.

Província Paraná

A área de abrangência da Província Paraná está restrita à parte ocidental da bacia do rio Paranaíba.

As principais unidades litoestratigráficas inseridas na Província Paraná são:

(a) Grupo Itararé

▪ Formação Aquidauana - As rochas agrupadas nessa unidade compreendem uma sequência depositada em ambiente flúvio-lacustre, constituída no geral, por estratificações de arenitos com granulometrias variáveis, coloração geralmente avermelhada, associadas a siltitos, argilitos e folhelhos rítmicos, de cores variadas, atribuídas ao Período Carbonífero. As rochas sedimentares são maciços, com estratificações cruzadas de pequeno porte e marcas de onda, predominando na área os arenitos avermelhados, os quais, de forma localizada, são seccionados por rochas vulcânicas de idade Cretácea do tipo diabásio, sob a forma de sills ou diques, que ocorrem

rem encaixados em zonas de falhas, exibindo metamorfismo de contato.

(b) Grupo Passa Dois

- Formação Corumbataí - Essa formação compreende uma sucessão rítmica de camadas de siltitos, argilitos e folhelhos fossilíferos, com raras lentes de arenitos finos a muito finos, às vezes calcíferos, de colorações muito variadas, tais como róseo-arroxeadas, lilás, esverdeada, cinza esverdeado e cinza escuro, finamente estratificados, do período Permiano. Essas rochas sedimentares exibem estratificação plano paralela e micro estratificações cruzadas, sendo uma característica marcante a quebra frequente em fraturas conchoidais, cuja deposição caracteriza um ambiente marinho raso, com frequentes oscilações do nível do mar e períodos de estabilidade.

(c) Grupo São Bento

- Formação Botucatu - A Formação Botucatu é constituída predominantemente por arenitos finos avermelhados, bem selecionados, contendo pouca percentagem de matriz ocorrendo, por vezes, silicificados. Subordinadamente ocorrem arenitos conglomeráticos na porção noroeste da bacia. Na área de estudo, a Formação Botucatu assenta-se discordantemente sobre as rochas do Grupo Passa Dois e encontra-se sotoposta às rochas ígneas da Formação Serra Geral, aflorando numa pequena porção do terreno localizada no extremo oeste da bacia. Constitui o Sistema Aquífero Guarani conjuntamente com os basaltos que realizam o seu recobrimento superficial.

- Formação Serra Geral - Esta unidade é constituída por um espesso pacote de rochas vulcânicas que ocorre na Bacia do Paraná, formado por uma extensa sucessão de derrames, constituída por basaltos toleíticos, resultantes do intenso vulcanismo. Intercalados nestes derrames ocorrem de forma esparsa arenitos na forma de lentes e/ou estratos finos, bastante silicificados. Também são verificados diques e soleiras de diabásio granular, cinza escuro e esverdeado. A ocorrência dessas rochas ao longo das calhas dos principais rios e de seus afluentes é marcada por frequentes trechos com controles de lineamentos estruturais de direção NW, além da presença de disjunções colunares indicando derrames mais espessos, resultando quase sempre em pequenos saltos e corredeiras no curso desses rios. Por conta disso, a presença dos basaltos no leito dos rios, com seus desníveis topográficos constitui um condicionante geológico que determina o potencial

hidrelétrico a ser explorado, suportando diretamente a maior parte dos empreendimentos hidrelétricos. Ocorre de forma significativa no centro da área da Bacia do Paranaíba.

(d) Grupo Bauru

- Formação Santo Antônio da Barra - Compreende lavas kamafugíticas e melaleucíticas com raras intercalações de piroclásticas.

- Formação Vale do Rio do Peixe – É composta por estratos de arenitos cinza-claros, bege ou róseos, maciços, finos a muito finos, às vezes médios, em geral mal selecionados e com estratificação plano-paralela e cruzada subordinada.

- Formação Verdinho - Compreende conglomerados com intercalações de arenito. Os conglomerados contêm seixos e matacões de rochas vulcânicas, mal classificados, arredondados a subarredondados. A matriz é quartzosa, fina a grossa. Os arenitos são vermelhos, finos a grossos, com eventuais fragmentos de rocha e de cristais de titanogita e alguns opacos. O cimento é predominantemente de calcita. Esta formação ocorre de modo pouco expressivo na porção noroeste da bacia.

Intrusivas Alcalinas (Complexo Alcalino Catalão)

As rochas Intrusivas Alcalinas se encontram aqui descritas devido a estarem “crono” e “estratigraficamente” dispostas entre os materiais geológicos pertencentes à Província Tocantins (mais antiga) e a Província Paraná (mais recente). Destaca-se, no entanto, que estes corpos alcalinos, caracterizados como produtos do magmatismo ultrapotássico que afetou a região, se encontram intrudidos unicamente na porção nordeste da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, mais precisamente em meio aos materiais geológicos da Província Tocantins.

O Complexo Alcalino inclui as intrusões de Catalão-Ouvidor e Três Ranchos, compostas de dunitos, peridotitos, piroxenitos, kimberlitos, basanitos, andesito-basálticos, sienitos, traquitos, sienogabros e carbonatitos afetados por metassomatismo. As intrusões produziram auréolas de fenetização resultantes da reação entre as soluções ígneas - ricas em álcalis e alumina - e os xistos aluminosos do Grupo Araxá, o que resultou em feldspatização, nefelinização e aegerinização, brechação e pegmatização. Este complexo contém reservas de fosfato, nióbio, titânio, terras raras e vermiculita. Ocorre de forma pouco representativa no leste da bacia.

Formações Superficiais

Recobrando localmente os materiais geológicos mais antigos de algumas regiões da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, encontram-se as chamadas “Formações Superficiais”, que se caracterizam como materiais sedimentares recentes (Quaternário), e que podem ser de origem detrítico-laterítica ou aluvionar, conforme descrito abaixo:

(a) Coberturas Detrítico-Lateríticas - Os sedimentos de cobertura, de idade Quaternária, são constituídos de cascalho e material areno-argiloso, pouco consistente, parcial e/ou totalmente laterizado. Esses depósitos podem atingir dezenas de metros de espessura. Ocorrem de modo esparsos e ao longo das principais drenagens, sendo mais expressivos na porção nordeste da bacia do Paranaíba.

(b) Depósitos Aluvionares - Os depósitos aluvionares, também de idade Quaternária, se constituem de depósitos sedimentares de idade recente e que ocorrem ocupando áreas estreitas e descontínuas margeando os rios que compõe a bacia. Em geral são depósitos pequenos, pouco espessos, de granulometria predominantemente fina, representada por cascalhos, areias, siltes e argilas inconsolidadas em planícies ou terraços fluviais. De modo geral, são mais frequentes na porção noroeste da bacia.

Na figura 9 encontra-se o mapa da geologia da bacia do rio Paranaíba no estado de Goiás, adaptado de CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.

3.2. RECURSOS MINERAIS

O estado de Goiás dispõe de importantes recur-

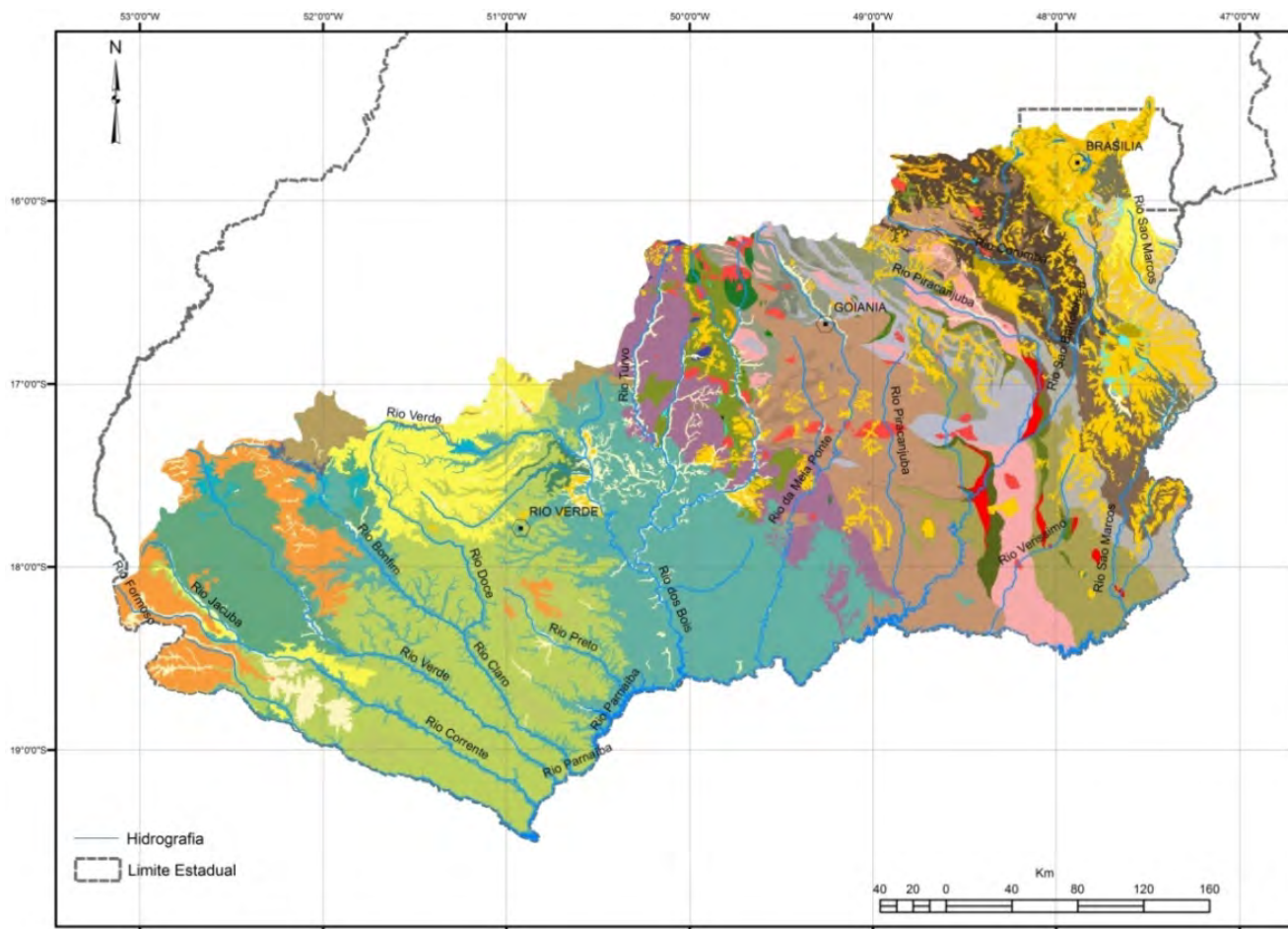
sos minerais, tanto para classe dos metálicos como para os não-metálicos.

Segundo o DNPM (2015) as principais substâncias minerais produzidas e comercializadas na região da bacia hidrográfica do rio Paranaíba ocorrem nos municípios de Catalão e Ouvidor: nióbio, fosfato, Terras Raras e titânio. Sendo que Catalão participa com 63,28% e Ouvidor, com 36,72% do valor de produção de fosfato no estado. Em Catalão, a área mineralizada em titânio ocorre sob a forma de anatásio, com teores médios de 10% de TiO_2 . Em menor quantidade também são produzidos vermiculita em São Luiz de Montes Belos e ainda em Catalão e calcário para cimento em Indiara, Cezarina e Edalina.

O Distrito Federal apresenta uma pequena e incipiente produção de minerais utilizados para agregados para a construção civil, calcário e água mineral (CPRM, 2000).

Segundo CPRM (2000), na região da bacia do rio Paranaíba ocorrem ainda pequenos jazimentos de minerais metálicos como manganês nos municípios de Formosa e Luziânia; cromo, como cromita no município de Cromínia e cobre, em corpos com teores médios de 0,65% de Cu, 0,62% de Ni e 0,049% de Co, no município de Americano do Brasil.

O estado de Goiás apresenta uma grande diversidade de gemas coradas e a principal variedade encontrada na bacia do rio Paranaíba é a esmeralda no município de Itaberaí, onde o depósito está situado na Fazenda das Lajes.



Legenda

Geologia da Bacia do Rio Paranaíba

Cenozóico

Quaternário

Depósitos Aluvionares

Terciário - Quaternário

Coberturas detrito-lateríticas

Mesozóico

Cretáceo

Complexo Alcalino Catalão

Grupo Bauru

Triássico - Jurássico

Grupo São Bento

Paleozóico

Permiano

Grupo Passa Dois

Permo-Carbonífero

Grupo Itararé

Neoproterozóico

Granitos

Grupo Ibiá

Grupo Araxá

Suíte Máfico-Ultramáfica Tipo Americano do Brasil

Sequências Metavulcanossedimentares do Arco de Goiás

Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu

Mesoproterozóico

Grupo Paranoá

Grupo Canastra

Paleoproterozóico

Sequência Metavulcanossedimentar Silvânia

Figura 9 – Geologia da Bacia do rio Paranaíba no estado de Goiás (CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA, SEDIMENTOS DE CORRENTE E SOLOS

As estações de coleta de sedimentos de corrente e água superficial foram planejadas de modo a abranger a totalidade do território passível de acesso, em bacias hidrográficas com áreas de captação média entre 150 a 200 km² (Figuras 10 e 11). As estações de coleta das amostras de solos foram planejadas segundo Licht (2001), sendo aproximadamente no centro de cada carta planimétrica em escala 1:50.000, aproximadamente em 25x25km (Figura 12).

As amostras de água utilizada para abastecimento público foram coletadas uma amostra por sede municipal, nas Estações de Tratamento de Águas – ETAs, antes do tratamento convencional ou nos pontos de captação das ETAs, em rios ou poços (Figura 13).

Nas estações de coleta de água superficial e de consumo humano foi realizada a leitura dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido, utilizando-se uma sonda portátil da Oakton PCD650.

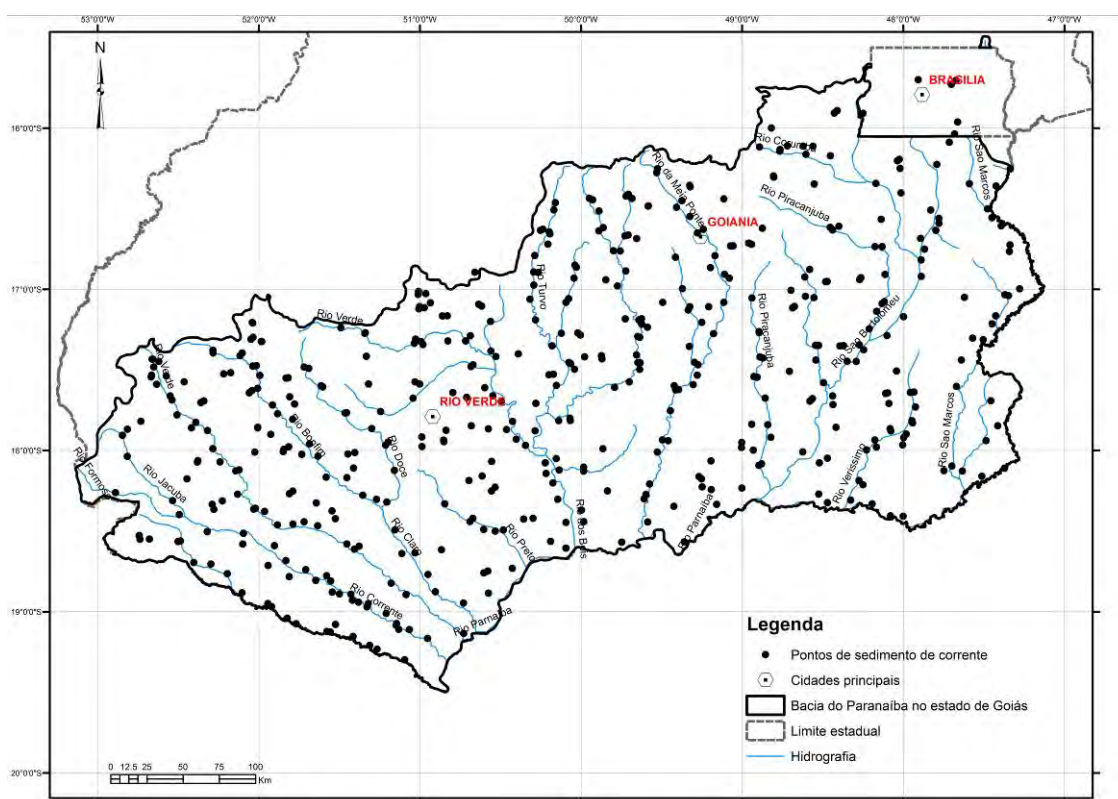


Figura 10 – Estações de coleta das amostras de sedimentos de corrente

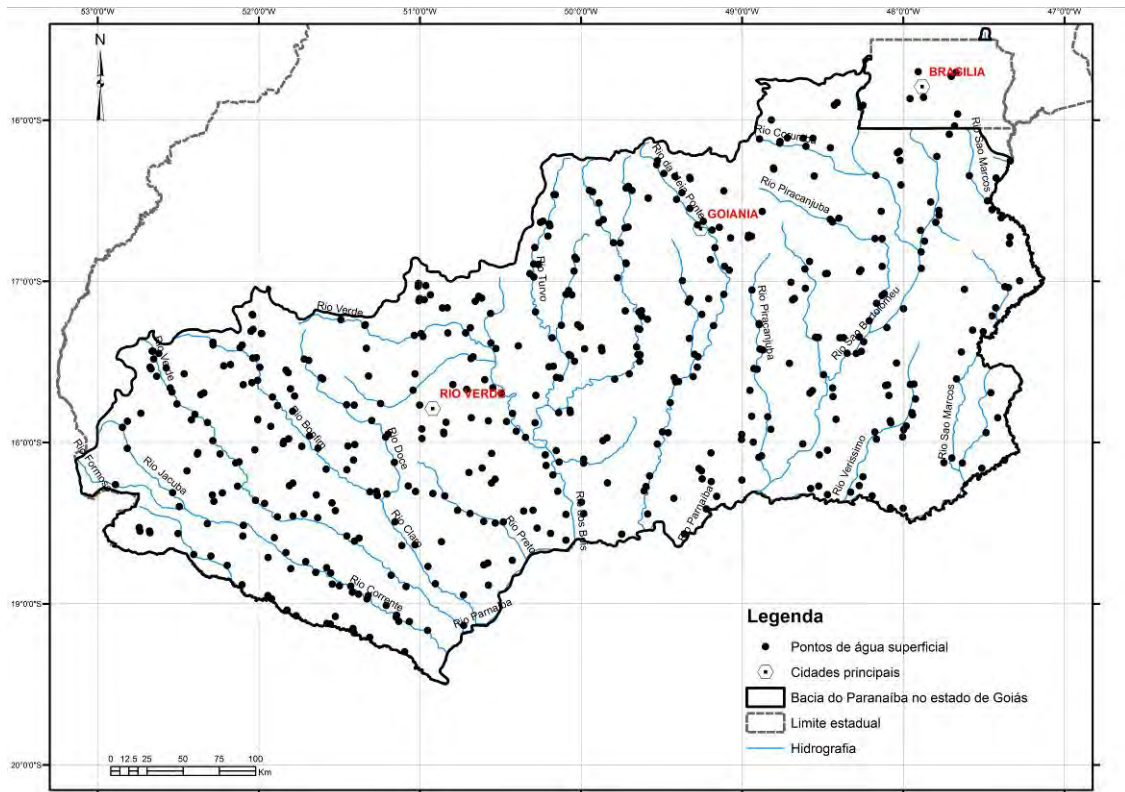


Figura 11 – Estações de coleta das amostras de água superficial

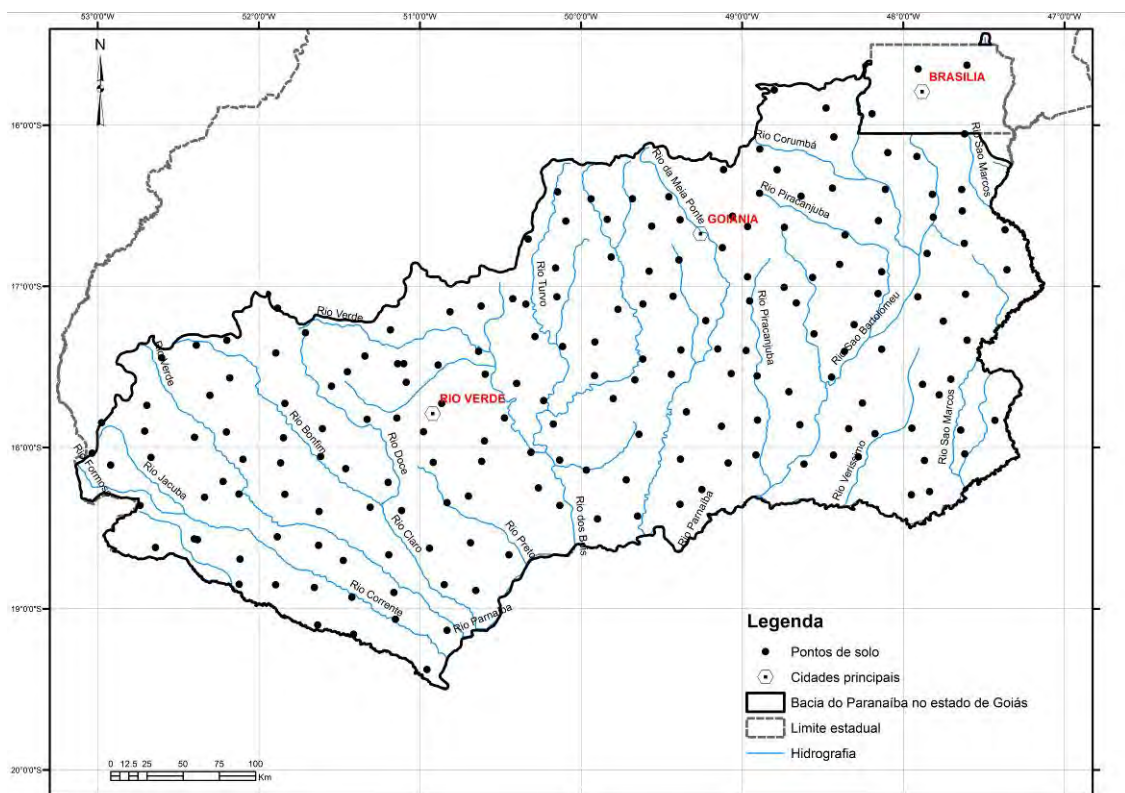


Figura 12 – Estações de coleta das amostras de solo

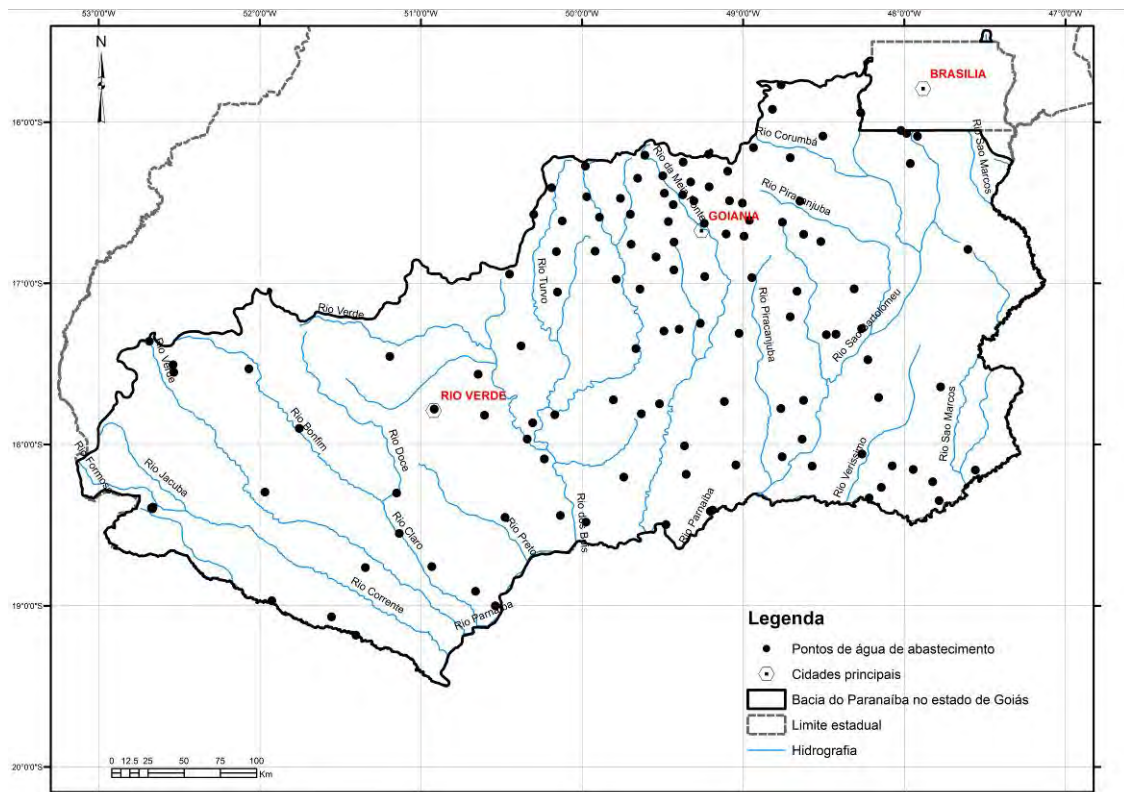


Figura 13 – Estações de coleta das amostras de água para abastecimento público

Na coleta das amostras de água (superficial e de abastecimento público) foram utilizadas unidades filtrantes com porosidade 0,45µm e acondicionadas em dois tubos de polietileno com capacidade de 50mL, para análise de cátions e ânions. Para preservação dos cátions solúveis nas amostras foi adicio-

nado HNO_3 1:1, com o objetivo de manter o pH menor que 2, enquanto as amostras para análise dos ânions foram preservadas sob refrigeração até o momento da análise segundo Cunha & Machado (2003) (Figura 14).



Figura 14 – Coleta de amostras de água.

As amostras de sedimentos de corrente foram coletadas nos mesmos locais da coleta das amostras de água, na calha da drenagem, na zona de deposi-

ção de finos (locais de baixa energia hidráulica) (Figura 15). Cada amostra foi coletada de forma composta, isto é, em cinco locais afastados entre si em

cerca de 5 metros. O material foi peneirado em campo na fração 20#, utilizando-se peneiras de nylon. As amostras foram acondicionadas em sacos

plásticos identificados sequencialmente e devidamente lacrados.



Figura 15 – Coleta de amostras de sedimentos de corrente.

As amostras de solo foram coletadas no horizonte B, com auxílio de ferramentas (cavadeira, martelo geológico) preferencialmente em áreas mais preservadas, sem interferência de atividades antrópicas

(Figura 16). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados sequencialmente e devidamente lacrados.



Figura 16 – Coleta de amostras de solo

No total foram coletadas 509 amostras de sedimentos de corrente, 520 de água superficial, 195 de solos e 123 de água bruta (antes do tratamento convencional) utilizada para abastecimento público, obtidas nas Estações de Tratamento de Águas – ETAs ou nos pontos de captação das ETAs.

O controle da amostragem de campo foi realizado com a coleta de duplicatas, sendo uma a cada

dez amostras coletadas, objetivando observar a variabilidade dos resultados analíticos. Para as de água, foi também, enviada ao laboratório, em cada lote, uma amostra “branca” (água deionizada e ácido nítrico – HNO_3). Todas as amostras-controle receberam numeração sequencial, no lote enviado ao laboratório.

4.2. ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas dos cátions e ânions das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Análises Mineraias – LAMIN, da CPRM-RJ e no Laboratório Conti&Silva - TEMA, em Americana, São Paulo, respectivamente. Enquanto as amostras de sedimentos de corrente e de solos foram analisadas no SGS-GEOSOL Laboratório Ltda, em Vespasiano, Minas Gerais.

As metodologias analíticas foram:

(a) Água: por ICP-OAS para 28 cátions (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Ti, V, Zn) e por cromatografia de íons para 7 ânions (brometo, cloreto, fluoreto, fosfato, nitrato, nitrito e sulfato), segundo o Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (2005).

(b) Sedimentos de corrente e solos: para 53 elementos por ICP-OAS e ICP-MS com digestão por água régia para os seguintes elementos: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr.

4.3. TRATAMENTO DOS DADOS ANALÍTICOS

Os elementos químicos, cujos resultados analíticos mostraram teores abaixo dos limites de detecção (LD) ou de quantificação (LQ) em todas as amostras, foram eliminados para fins dos cálculos dos parâmetros estatísticos e elaboração dos mapas geoquímicos.

A partir dos resultados analíticos foi realizada uma análise estatística univariada para todos os elementos, com cálculo dos parâmetros de tendência central e de dispersão, tais como média aritméti-

ca, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação, utilizando-se o *software* STATISTICA.

Também com o *software* STATISTICA, para uma abordagem mais descritiva dos dados, utilizou-se ferramentas gráficas - histograma e *boxplot* – sendo que este último, com a finalidade de determinar *outliers* e anomalias, como ainda, a definição das cinco classes que compuseram as legendas dos mapas geoquímicos. A elaboração dos *boxplots* somente foi realizada para os elementos que apresentaram distribuição acima de 75% dos teores detectados.

No cálculo dos estimadores estatísticos, os teores menores que o limite de quantificação dos métodos analíticos não foram considerados. Entretanto, para a produção dos mapas geoquímicos, as amostras com teores menores que o limite de quantificação, foram arbitrados valores equivalentes à metade deste limite, o que significa atribuir 0,05 mg/L a uma amostra onde a rotina analítica determinou < 0,1 mg/L. Com esse procedimento, foram eliminadas do processo de elaboração dos mapas, apenas as estações sem amostras coletadas, não analisadas ou com teores não detectados.

4.4. ELABORAÇÃO DOS MAPAS GEOQUÍMICOS

Os mapas geoquímicos estão organizados por tipo de amostra e por ordem alfabética do símbolo químico.

Através dos parâmetros estatísticos definidos pelos *boxplots* foram delimitados cinco intervalos para representação das curvas de tendência de cada elemento químico. Nos casos onde havia apenas 25% a 75% de amostras acima do limite de detecção (LD) ou de quantificação (LQ) do método analítico, as classes foram definidas utilizando-se como referência os percentis, conforme sumarizado no Quadro 1.

Quadro 1 – Intervalos de classe em função da proporção de amostras detectadas.

> 75% detectados	25-75% detectados	< 25% detectados
Mínimo-Percentil 25	Mínimo - Mediana	Percentil 75 – Percentil 90
Percentil 25 - Mediana	Mediana - Percentil 75	Percentil 90 – Percentil 98
Mediana - Percentil 75	Percentil 75 – Percentil 90	Percentil 98 – Máximo
Percentil 75 - Limiar	Percentil 90 – Percentil 98	
Limiar - Máximo	Percentil 98 – Máximo	

Os mapas geoquímicos foram elaborados utilizando o *software* ArcGis 10. Para os mapas dos sedimentos de corrente e dos solos, o método de interpolação foi o inverso da distância ao quadrado

(IDW), enquanto que para a elaboração dos mapas geoquímicos das amostras de água superficial e daquelas utilizadas para abastecimento humano, foi adotada simbologia pontual.

Nas tabelas da estatística descritiva inseridas no *layout* dos mapas, estão apresentados os valores de referência para alguns elementos, estabelecidos por legislações ambientais federais:

Solos: Resolução CONAMA 420 de 28/12/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo em relação às atividades antrópicas – utilizou-se os Valores de Prevenção – VP e por vezes os de Intervenção (VI).

Sedimentos de corrente: Resolução CONAMA 454 de 1 de novembro de 2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras – utilizou-se os níveis de classificação para águas doces, nível 2 (limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota).

Água superficial: Resolução CONAMA 357 de 18 de março de 2005 (utilizou-se como referência os parâmetros para rios de Classe 2), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como esta-

belece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Água bruta para abastecimento humano: Resolução CONAMA 357 de 18 de março de 2005 (utilizou-se como referência os parâmetros para rios de Classe 2), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes; Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade; Resolução CONAMA 396 de 07 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

Em alguns casos, foram utilizados os valores definidos pela NOAA *National Ocean and Atmospheric Administration: Screening Quick Reference Table for Inorganic in sediment and soil* (NOAA, 2008).

As tabelas 3 e 4 resumem os parâmetros orientativos estabelecidos nestas legislações ambientais.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nas tabelas 5, 6, 7 e 8 são apresentados os parâmetros estatísticos descritivos das amostras de água superficial, água utilizada para abastecimento públi-

co, sedimentos de corrente e solos, respectivamente, obtidos neste estudo.

5.1. PARÂMETROS LEGAIS E SUMÁRIOS ESTATÍSTICOS

Tabela 3 – Valores orientativos para sedimentos e solos, segundo as Resoluções CONAMA 454/2012 e 420/2009, respectivamente.

Elemento (ppm)	CONAMA 454/2012				CONAMA 420/2009			
	Água Doce		Água Alcalina-Salobra		Prevenção	Investigação em área agrícola	Investigação em área residencial	Investigação em área industrial
	Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2				
Ag	-	-	-	-	2	25	50	100
As	5.9	17	19	70	15	35	55	150
Ba	-	-	-	-	150	300	500	750
Cd	0.6	3.5	1.2	7.2	1.3	3	8	20
Co	-	-	-	-	25	35	65	90
Cr	37.3	90	81	370	75	150	300	400
Cu	35.7	197	34	270	60	200	400	600
Hg	0.17	0.486	0.3	1	0.5	12	36	70
Mo	-	-	-	-	30	50	100	120
Ni	18	35.9	20.9	51.6	30	70	100	130
Pb	35	91.3	46.7	218	72	180	300	900
Sb	-	-	-	-	2	5	10	25
V	-	-	-	-	-	-	-	1000
Zn	123	315	150	410	300	450	1000	2000

Nível 1 – limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota.

Nível 2 – limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Tabela 4 – Valores máximos permitidos para água superficial (Resolução CONAMA 357/2005), água subterrânea (Resolução CONAMA 396/2008) e para consumo humano (Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde).

Elemento	Unidade	CONAMA 357/2005	CONAMA 396/2008	PORTARIA MS 2914/2011
Cloreto	mg/L	250	250	250
Fluoreto	mg/L	1.4	1.5	1.5
Nitrato	mg/L N	10	10	10
Nitrito	mg/L N	1	1	1
Sulfato	mg/L	250	250	250
Al	mg/L	0.1	0.2	0.2
As	mg/L	0.1	0.01	0.01
B	mg/L	0.5	0.5	-
Ba	mg/L	0.70	0.7	0.7
Be	mg/L	0.04	0.004	-
Cd	mg/L	0.001	0.005	0.005

Co	mg/L	0.05	-	-
Cr	mg/L	0.05	0.05	0.05
Cu	mg/L	0.009	2	2
Fe	mg/L	0.30	0.3	0.3
Hg	mg/L	0.0002	0.001	0.001
Li	mg/L	2.50	-	-
Mn	mg/L	0.10	0.1	0.1
Mo	mg/L	-	0.7	-
Na	mg/L	-	200	200
Ni	mg/L	0.025	0.02	0.07
Pb	mg/L	0.01	0.01	0.01
Sb	mg/L	0.005	0.005	0.005
Se	mg/L	0.01	0.01	0.01
V	mg/L	0.10	0.05	-
Zn	mg/L	0.18	5	5

Tabela 5 – Parâmetros estatísticos para as amostras de água superficial.

Elemento	Unidade	Valor Médio	Mediana	Valor Máximo	Valor Mínimo	Desvio Padrão
Al	mg/L	0,0652	0,0350	0,6340	0,0015	0,0867
As	mg/L	0,0010	0,0010	0,0020	0,0010	0,0001
B	mg/L	0,0125	0,0035	0,7400	0,0035	0,0498
Ba	mg/L	0,0266	0,0200	0,9860	0,0015	0,0455
Be	mg/L	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0000
Ca	mg/L	4,21	3,25	30,20	0,07	4,00
Cd	mg/L	0,0005	0,0005	0,0030	0,0005	0,0001
Co	mg/L	0,0047	0,0030	0,0250	0,0015	0,0042
Cr	mg/L	0,0026	0,0015	0,0380	0,0015	0,0021
Cu	mg/L	0,0018	0,0010	0,1440	0,0010	0,0066
Fe	mg/L	0,419	0,372	2,04	0,001	0,355
Hg	mg/L	0,0002	0,0002	0,0010	0,0002	0,0000
K	mg/L	1,11	0,95	7,21	0,00	0,82
Li	mg/L	0,0006	0,0005	0,0050	0,0005	0,0004
Mg	mg/L	1,70	1,35	12,60	0,01	1,52
Mn	mg/L	0,0209	0,0200	0,1600	0,0035	0,0192
Mo	mg/L	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0000
Na	mg/L	2,08	1,11	25,90	0,01	2,52
Ni	mg/L	0,0045	0,0035	0,0700	0,0035	0,0053
Pb	mg/L	0,0014	0,0010	0,0260	0,0010	0,0017
Sb	mg/L	0,0030	0,0010	0,0730	0,0010	0,0059
Se	mg/L	0,0010	0,0010	0,0040	0,0010	0,0003
Si	mg/L	6,25	5,21	18,00	0,00	3,37
Sn	mg/L	0,0080	0,0050	0,0600	0,0050	0,0084
Sr	mg/L	0,0261	0,0200	0,5100	0,0050	0,0321

Ti	mg/L	0,0068	0,0025	0,1870	0,0025	0,0137
V	mg/L	0,0052	0,0050	0,0200	0,0050	0,0017
Zn	mg/L	0,0073	0,0050	0,0800	0,0050	0,0076
Brometo	mg/L	0,0158	0,0050	0,4400	0,0050	0,0394
Cloreto	mg/L	1,6318	1,01	10,60	0,01	1,75
Fluoreto	mg/L	0,0266	0,0050	0,6000	0,0050	0,0574
Fosfato	mg/L	0,0416	0,0050	1,5200	0,0050	0,1165
Nitrato	mg/L NO ₃	0,3109	0,10	9,61	0,01	0,73
Nitrito	mg/L NO ₂	0,0087	0,0050	0,5200	0,0050	0,0311
Sulfato	mg/L	0,81	0,21	9,95	0,01	1,34

Tabela 6 – Parâmetros estatísticos para as amostras de água utilizada para abastecimento humano.

Elemento	Unidade	Valor Médio	Mediana	Valor Máximo	Valor Mínimo	Desvio Padrão
Al	mg/L	0.0696	0.046	0.715	0.0015	0.1012
As	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0000
B	mg/L	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0000
Ba	mg/L	0.0314	0.02	0.709	0.0015	0.0633
Be	mg/L	0.0005	0.0005	0.003	0.0005	0.0002
Ca	mg/L	4.19	2.93	20.7	0.005	4.05
Cd	mg/L	0.0005	0.0005	0.003	0.0005	0.0002
Co	mg/L	0.0015	0.0015	0.003	0.0015	0.0001
Cr	mg/L	0.0018	0.0015	0.006	0.0015	0.0009
Cu	mg/L	0.00225	0.001	0.059	0.001	0.0064
Fe	mg/L	0.23843	0.147	2.13	0.001	0.287
Hg	mg/L	0.00015	0.00015	0.00015	0.00015	0.00000
K	mg/L	1.41	1.245	8.48	0.0025	1.22
Li	mg/L	0.00073	0.0005	0.009	0.0005	0.0010
Mg	mg/L	2.67	1.84	12	0.04	2.57
Mn	mg/L	0.01762	0.0035	0.49	0.0035	0.0521
Mo	mg/L	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0000
Na	mg/L	3.75	2.46	41.5	0.2	4.83
Ni	mg/L	0.00360	0.0035	0.01	0.0035	0.0008
Pb	mg/L	0.00103	0.001	0.005	0.001	0.0003
Sb	mg/L	0.00127	0.001	0.019	0.001	0.0016
Se	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0000
Si	mg/L	10.02	8.965	27.5	1.53	5.38
Sn	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0000
Sr	mg/L	0.03298	0.01	0.35	0.005	0.0480
Ti	mg/L	0.00517	0.0025	0.267	0.0025	0.0233
V	mg/L	0.00526	0.005	0.04	0.005	0.0030
Zn	mg/L	0.01224	0.005	0.66	0.005	0.0625

Brometo	mg/L	0.00570	0.005	0.1	0.005	0.0082
Cloreto	mg/L	0.926	0.52	16.5	0.06	1.68
Fluoreto	mg/L	0.02478	0.005	0.44	0.005	0.0525
Fosfato	mg/L	0.00689	0.005	0.12	0.005	0.0129
Nitrato	mg/L NO ₃	11.61	0.13	438	0.005	50.62
Nitrito	mg/L NO ₂	0.02041	0.005	1.5	0.005	0.133
Sulfato	mg/L	0.27448	0.005	4.78	0.005	0.724

Tabela 7 – Parâmetros estatísticos para as amostras de sedimentos de corrente.

Elemento	Unidade	Valor Médio	Mediana	Valor Máximo	Valor Mínimo	Desvio Padrão
Ag	ppm	0,021	0,005	0,340	0,005	0,033
Al	%	1,582	0,890	12,050	0,100	1,784
As	ppm	1,550	0,500	112,00	0,500	5,312
Au	ppm	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
B	ppm	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000
Ba	ppm	81,41	41,0	15000	5,000	663
Be	ppm	0,508	0,300	11,90	0,050	1,011
Bi	ppm	0,238	0,030	8,290	0,010	0,823
Ca	%	0,062	0,030	1,280	0,005	0,088
Cd	ppm	0,015	0,005	0,270	0,005	0,019
Ce	ppm	52,3	27,5	1500	1,780	113
Co	ppm	8,19	4,90	76,40	0,500	9,68
Cr	ppm	51,4	30,0	676	2,000	63,3
Cs	ppm	0,504	0,370	4,060	0,025	0,524
Cu	ppm	21,9	11,8	173	1,100	28,0
Fe	%	3,36	2,3	20,0	0,250	2,98
Ga	ppm	6,73	4,10	43,40	0,600	7,31
Ge	ppm	0,081	0,050	4,40	0,050	0,224
Hf	ppm	0,374	0,190	3,35	0,025	0,443
Hg	ppm	0,013	0,005	0,190	0,005	0,020
In	ppm	0,026	0,010	0,310	0,010	0,031
K	%	0,086	0,060	0,680	0,005	0,079
La	ppm	22,9	12,1	1310	0,400	66,5
Li	ppm	3,407	2,000	25,000	0,500	3,118
Mg	%	0,072	0,050	0,950	0,005	0,090
Mn	ppm	378	274	5119	38,0	379
Mo	ppm	0,463	0,330	8,4	0,025	0,67
Na	%	0,008	0,005	0,080	0,005	0,008
Nb	ppm	1,137	0,670	119,2	0,025	5,332
Ni	ppm	11,2	8,0	122,3	1,000	12,3
P	ppm	236	127	15000	25,00	695
Pb	ppm	9,965	7,900	61,700	2,400	7,548
Pd	ppm	0,060	0,050	0,600	0,050	0,051
Pt	ppm	0,050	0,050	0,100	0,050	0,003
Rb	ppm	9,49	7,300	66,6	0,100	8,72
Re	ppm	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
S	%	0,006	0,005	0,040	0,005	0,004
Sb	ppm	0,162	0,120	1,920	0,025	0,168

Sc	ppm	6,35	3,300	56,9	0,400	8,31
Se	ppm	0,540	0,500	5,000	0,500	0,366
Sn	ppm	1,442	1,000	45,1	0,150	2,44
Sr	ppm	10,9	4,700	1894	0,250	84,0
Ta	ppm	0,032	0,025	0,920	0,025	0,050
Te	ppm	0,198	0,025	7,790	0,025	0,759
Th	ppm	0,256	0,170	2,030	0,005	0,267
Ti	%	0,105	0,060	2,360	0,010	0,147
Tl	ppm	7,535	4,300	199	0,200	14,61
U	ppm	0,831	0,590	23,430	0,080	1,333
V	ppm	103,8	48,00	964	4,000	131,9
W	ppm	0,281	0,050	16,100	0,050	1,130
Y	ppm	6,407	4,350	80,42	0,360	6,596
Zn	ppm	24,6	17,00	223	0,500	23,6
Zr	ppm	12,6	5,900	130	0,250	17,6

Tabela 8 – Parâmetros estatísticos para as amostras de solos.

Elemento	Unidade	Valor Médio	Mediana	Valor Máximo	Valor Mínimo	Desvio Padrão
Ag	ppm	0,016	0,005	0,420	0,005	0,036
Al	%	6,48	6,090	20,0	0,310	4,51
As	ppm	3,403	2,000	26,0	0,500	3,760
Au	ppm	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
B	ppm	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000
Ba	ppm	29,4	13,0	795	2,500	68,5
Be	ppm	0,445	0,300	3,10	0,050	0,469
Bi	ppm	0,425	0,280	4,380	0,010	0,542
Ca	%	0,022	0,005	0,600	0,005	0,052
Cd	ppm	0,011	0,005	0,090	0,005	0,013
Ce	ppm	65,4	53,2	260	3,660	47,2
Co	ppm	6,208	2,300	59,700	0,300	9,734
Cr	ppm	77,4	60,0	612	3,000	76,8
Cs	ppm	1,13	0,550	9,850	0,025	1,40
Cu	ppm	31,4	21,5	195	1,300	31,8
Fe	%	6,15	5,47	14,9	0,650	3,3
Ga	ppm	23,1	22,9	53,2	1,300	12,7
Ge	ppm	0,071	0,050	0,800	0,050	0,071
Hf	ppm	0,803	0,580	4,010	0,025	0,703
Hg	ppm	0,023	0,020	0,130	0,005	0,018
In	ppm	0,096	0,090	0,260	0,010	0,058
K	%	0,061	0,020	1,500	0,005	0,129
La	ppm	14,4	9,30	103	1,200	14,006
Li	ppm	3,426	2,000	34,000	0,500	3,842
Mg	%	0,027	0,010	0,560	0,005	0,064
Mn	ppm	250	167	1810	24,0	258
Mo	ppm	1,068	0,960	4,580	0,025	0,837
Na	%	0,005	0,005	0,020	0,005	0,001
Nb	ppm	1,195	0,940	5,770	0,025	1,012
Ni	ppm	13,7	9,10	102	1,500	13,7
P	ppm	259	212	1283	2,500	197
Pb	ppm	11,39	11,10	39,9	0,700	5,236

Pd	ppm	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
Pt	ppm	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
Rb	ppm	12,93	3,800	282	0,100	27,4
Re	ppm	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
S	%	0,007	0,005	0,040	0,005	0,005
Sb	ppm	0,371	0,270	1,660	0,025	0,294
Sc	ppm	20,04	17,40	72,10	1,400	13,62
Se	ppm	0,587	0,500	2,000	0,500	0,313
Sn	ppm	3,225	2,800	10,70	0,500	1,939
Sr	ppm	3,286	1,600	76,30	0,250	6,753
Ta	ppm	0,038	0,025	0,330	0,025	0,045
Te	ppm	0,164	0,025	2,010	0,025	0,300
Th	ppm	0,130	0,070	1,330	0,005	0,188
Ti	%	0,123	0,110	1,060	0,010	0,112
Tl	ppm	9,88	8,80	27,30	0,600	5,44
U	ppm	1,392	1,340	6,130	0,140	0,760
V	ppm	184	147	640	10,0	138
W	ppm	0,369	0,200	4,400	0,050	0,511
Y	ppm	8,91	5,12	91,5	0,350	11,5
Zn	ppm	11,7	6,0	98	0,500	15,2
Zr	ppm	27,1	18,9	105,9	0,250	24,8

5.2. MAPAS GEOQUÍMICOS

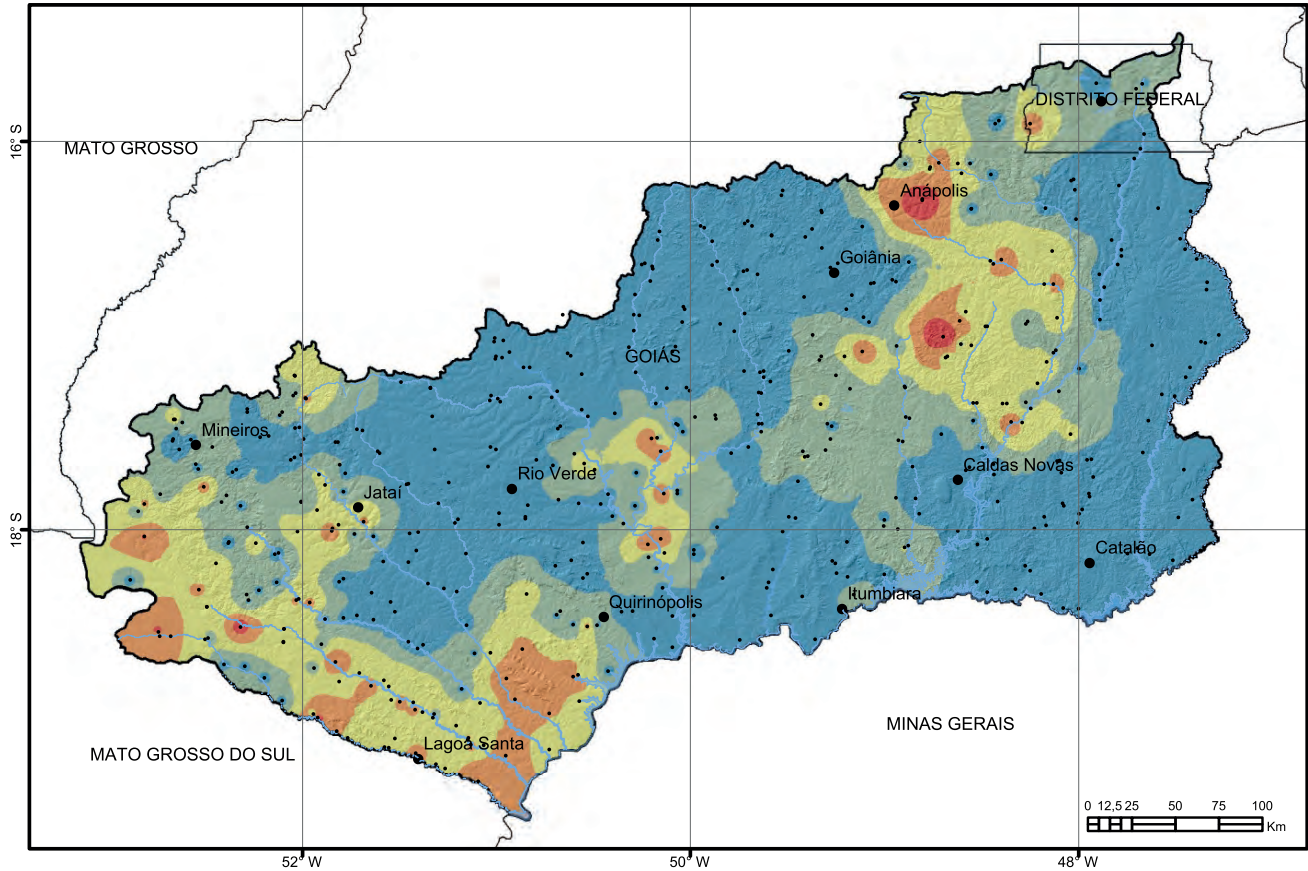
A seguir são apresentados os mapas geoquímicos por ordem alfabética segundo o símbolo químico. Neste conjunto, os mapas geoquímicos são acompanhados por um texto com a interpretação dos padrões de distribuição observados nos meios amostrados.

Os elementos com todos os resultados abaixo do limite de detecção (LD) da metodologia analítica foram excluídos na elaboração dos mapas geoquímicos (Quadro 2).

Quadro 2 – Elementos excluídos na elaboração dos mapas geoquímicos

Meio amostral	Elementos com teores < LD
Água de abastecimento	As, B, Be, Br, Cd, Co, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, V, Ti, Zn
Água superficial	As, Be, Cd, Hg, Mo, Se, V, Ti, Zn
Sedimento de corrente	Au, B, Pt, Re, Se
Solo	Au, B, Pd, Pt, Re

- ■ ■ MAPAS
GEOQUÍMICOS

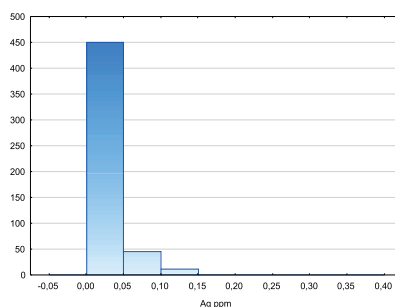
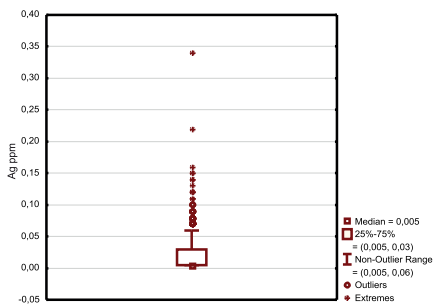


Legenda

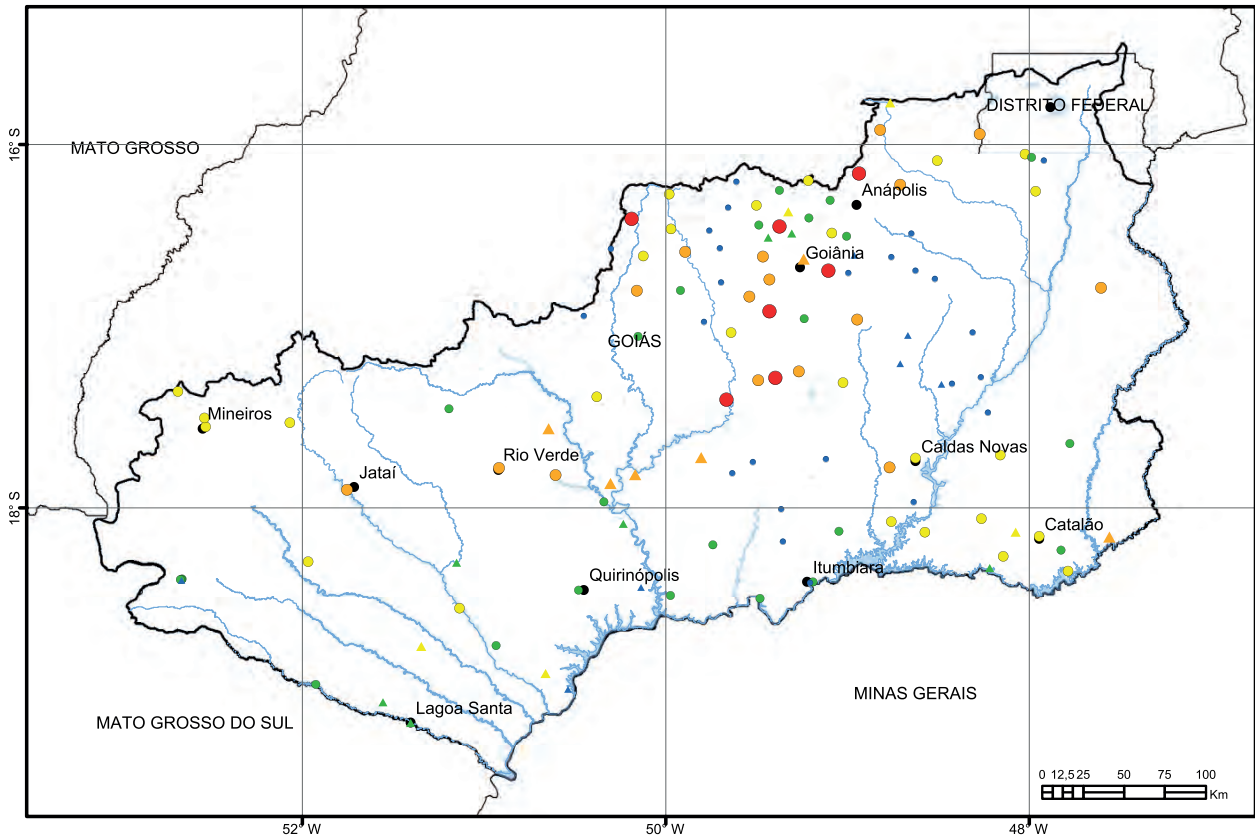
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Ag (ppm)

- < 0,01
- 0,010 - 0,03
- 0,03 - 0,06
- 0,06 - 0,117
- > 0,117



Estatística Descritiva	
Elemento	Ag (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	172
Valor Médio	0,021
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,34
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,033
Coefficiente de Variação	156,104
Mediana	0,005
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	0,5



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

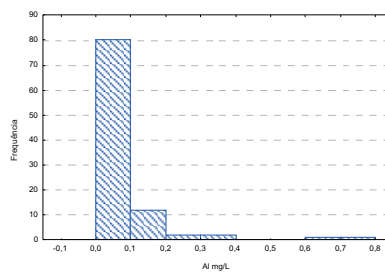
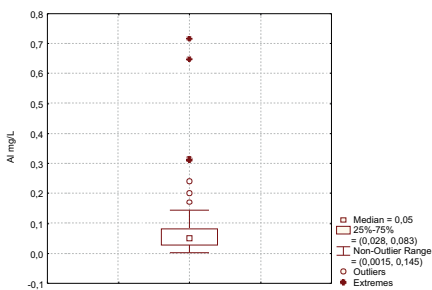
Captação em drenagem
Al (mg/L)

- < 0,028
- 0,028 - 0,050
- 0,050 - 0,083
- 0,083 - 0,145
- > 0,145

Captação em poço
Al (mg/L)

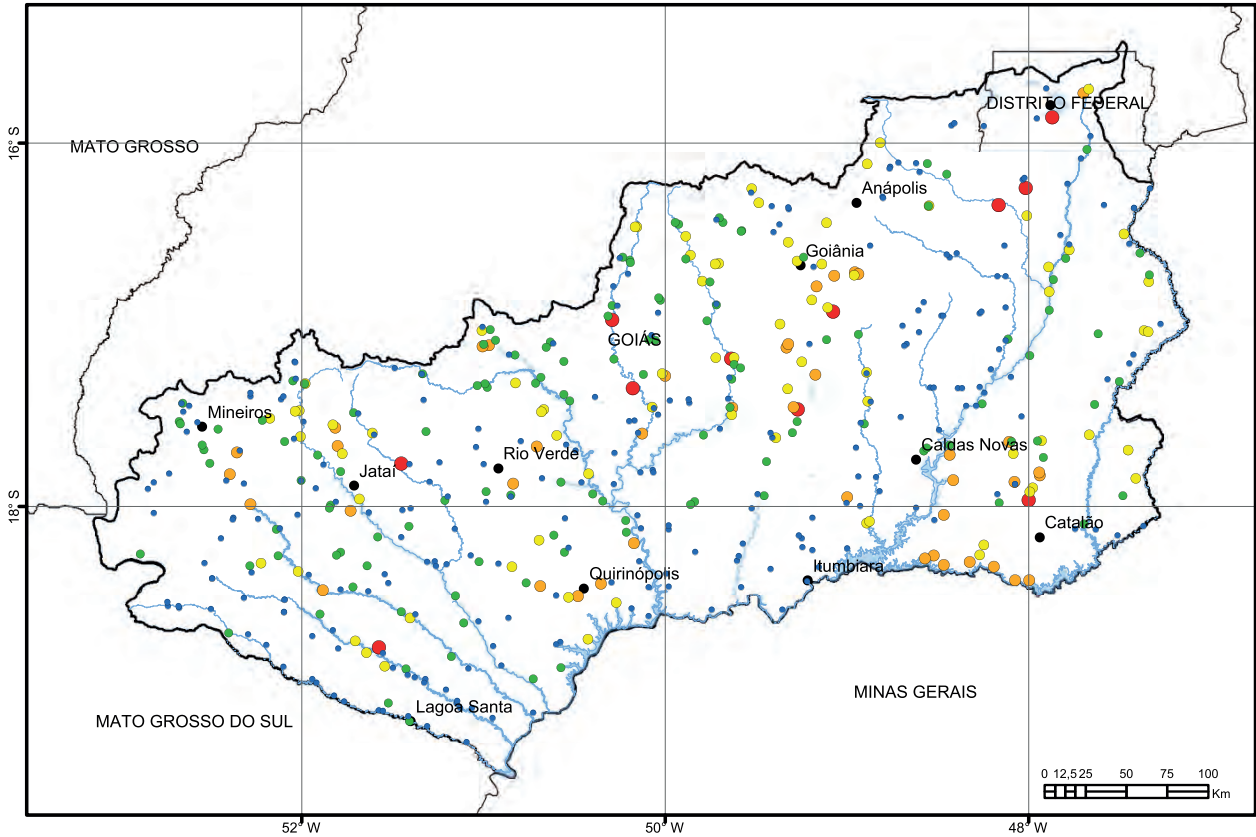
- < 0,011
- 0,011 - 0,033
- 0,033 - 0,045
- 0,045 - 0,074
- > 0,074

Captação em drenagem



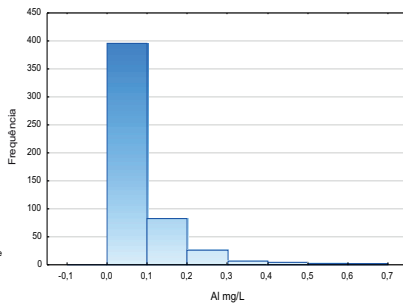
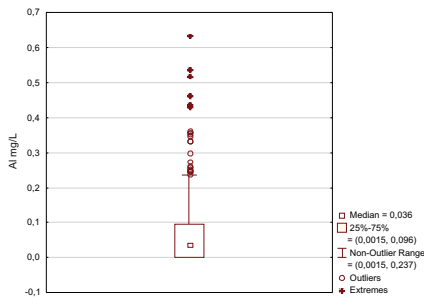
Estadística Descritiva

Elemento	Al (mg/L)
Límite de Quantificação	0,003
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	114
Valor Médio	0,066
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,715
Variância	0,009
Desvio Padrão	0,095
Coefficiente de Variação	144,217
Mediana	0,046
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	0,2

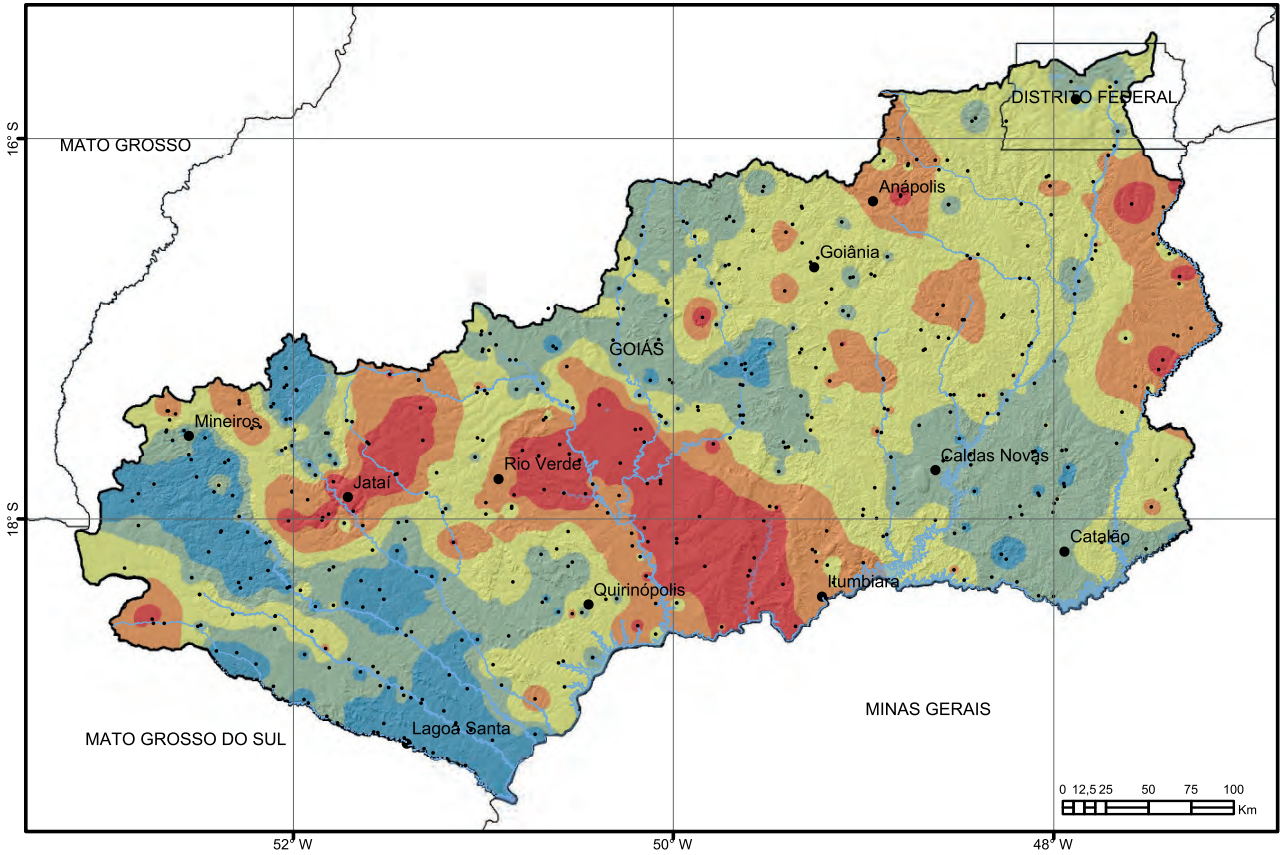


Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia
- < 0,036
- 0,036 - 0,095
- 0,095 - 0,170
- 0,170 - 0,340
- > 0,340



Estatística Descritiva	
Elemento	Al (mg/L)
Limite de Quantificação	0,003
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	373
Valor Médio	0,066
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,634
Variância	0,008
Desvio Padrão	0,087
Coefficiente de Variação	132,335
Mediana	0,036
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,1

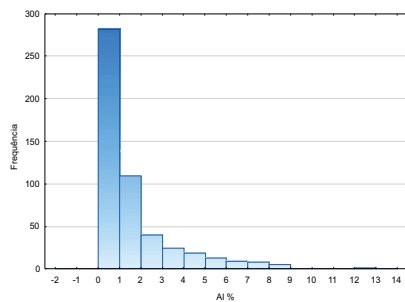
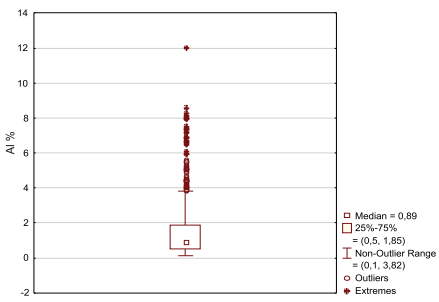


Legenda

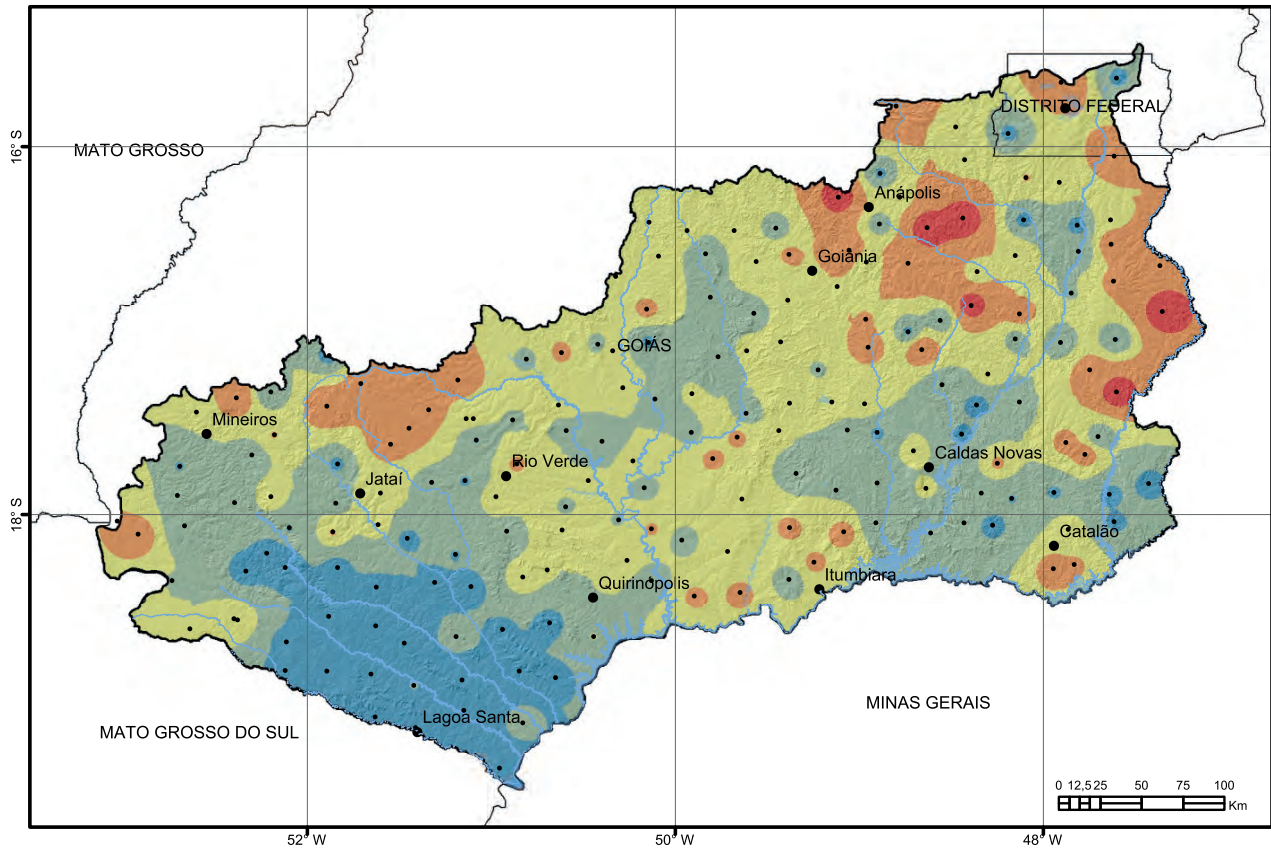
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Al (%)

- < 0,5
- 0,5 - 0,89
- 0,89 - 1,85
- 1,85 - 3,82
- > 3,82



Estatística Descritiva	
Elemento	Al (%)
Límite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	1,582
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	12,05
Mediana	0,89
Variância	3,17
Desvio Padrão	1,784
Coefficiente de Variação	112,804
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

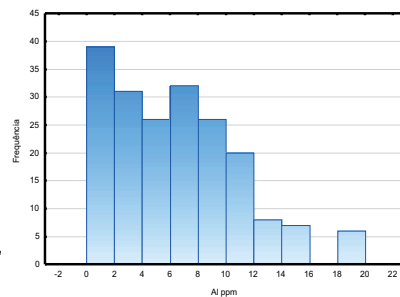
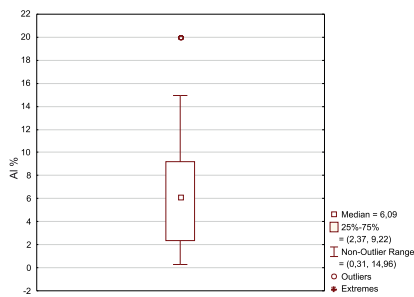


Legenda

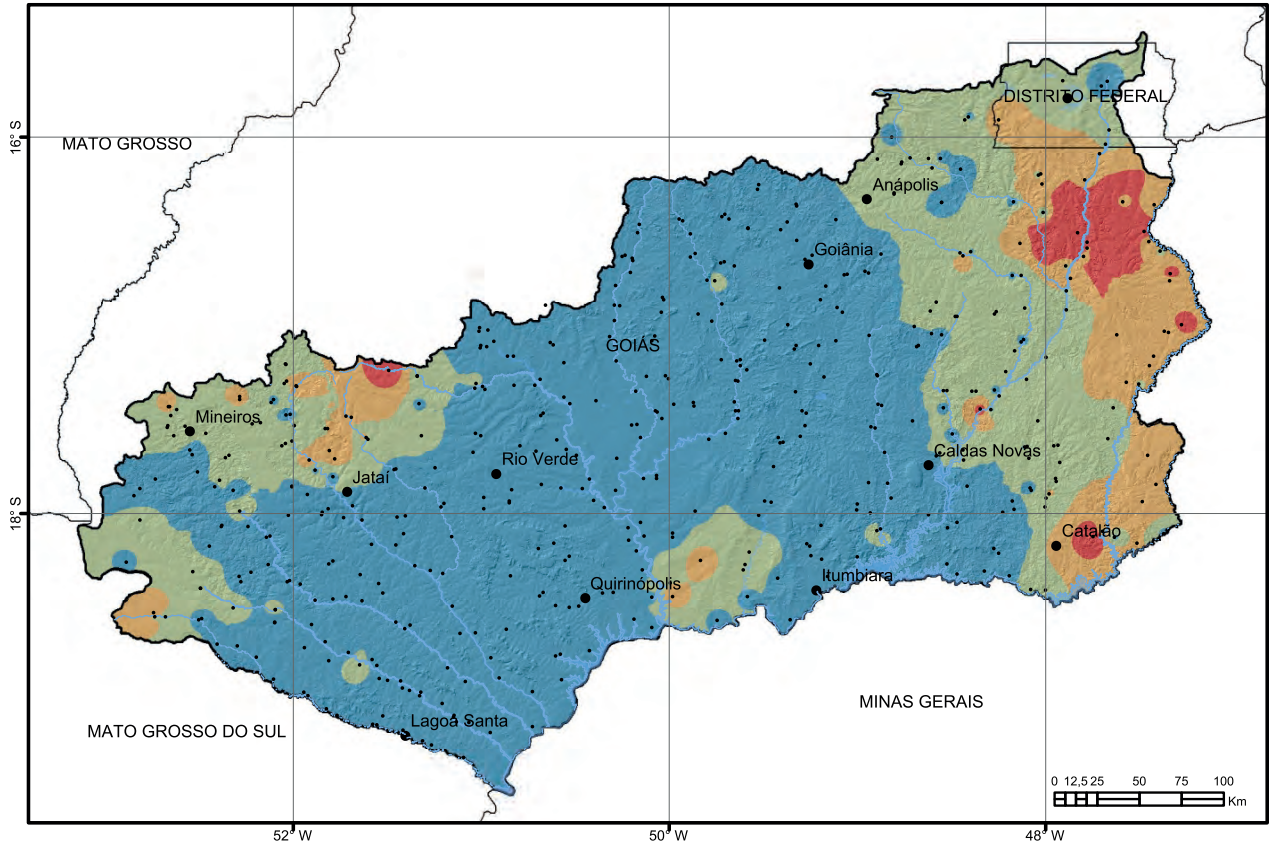
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

AI (%)

- < 2,4
- 2,4 - 6,1
- 6,1 - 9,3
- 9,3 - 15,0
- > 15,0



Estatística Descritiva	
Elemento	AI (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	189
Valor Médio	6,48
Valor Mínimo	0,31
Valor Máximo	20,00
Variância	20,34
Desvio Padrão	4,44
Coefficiente de Variação	69,556
Mediana	6,09
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—

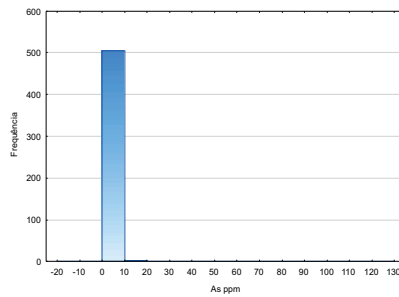
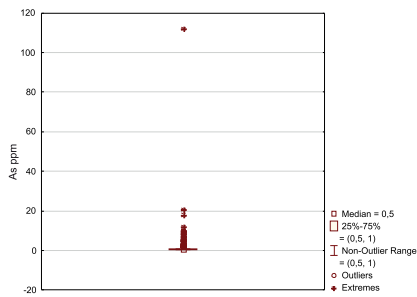


Legenda

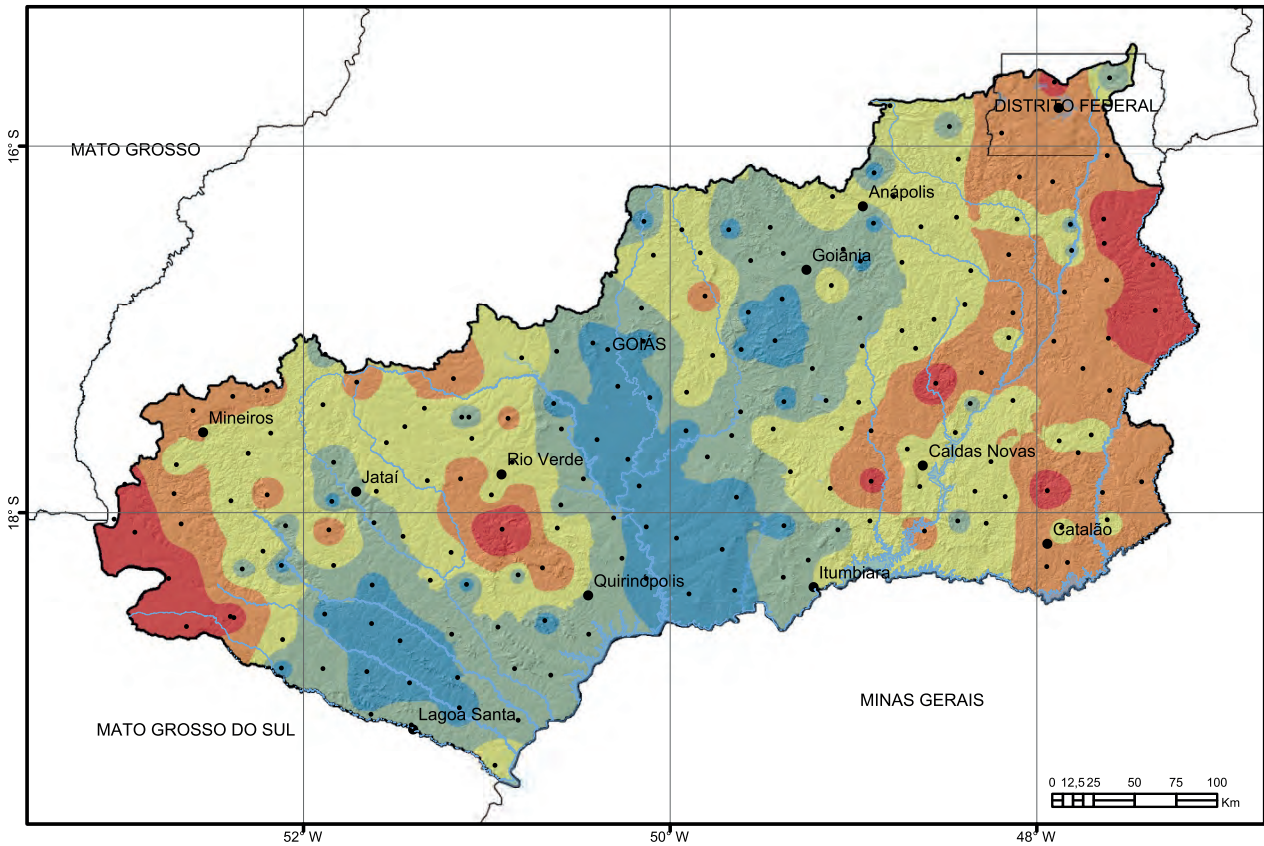
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

As (ppm)

- < 1,0
- 1,0 - 3,0
- 3,0 - 8,0
- > 8,0



Estatística Descritiva	
Elemento	As (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	166
Valor Médio	1,55
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	112,00
Variância	28,20
Desvio Padrão	5,312
Coefficiente de variação	342,682
Mediana	0,50
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	5,9
Valor de Prevenção NOAA SQRT	5,9

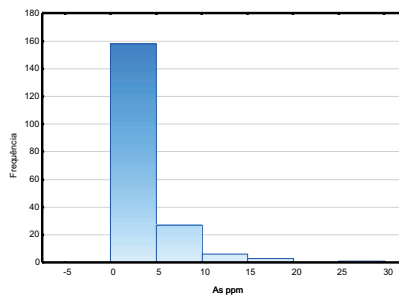
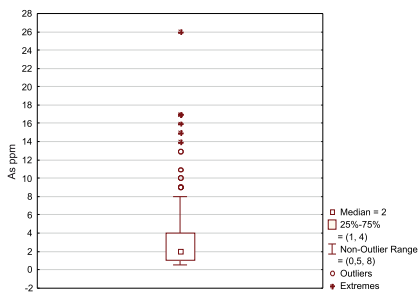


Legenda

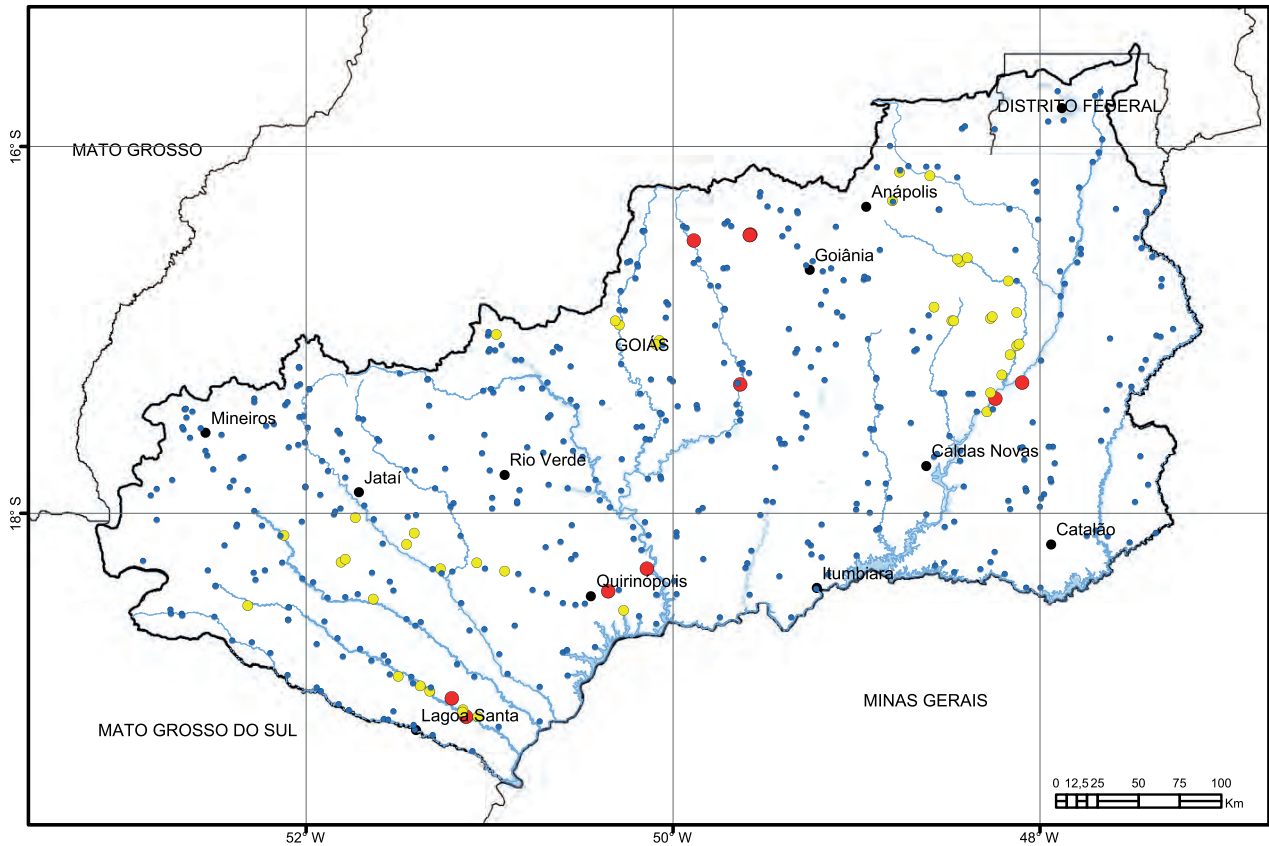
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

As (ppm)

- < 1,0
- 1,0 - 2,0
- 2,0 - 4,0
- 4,0 - 8,0
- > 8,0



Estatística Descritiva	
Elemento	As (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	158
Valor Médio	3,40
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	26,00
Variância	14,14
Desvio Padrão	3,76
Coefficiente de Variação	110,504
Mediana	2,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	15
Valor de Prevenção NOAA SQRT	0,9

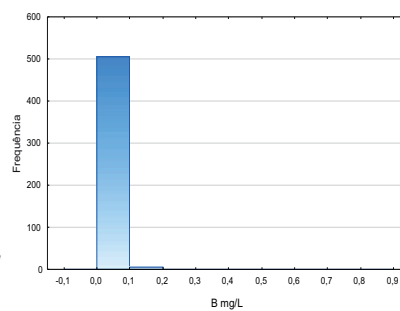
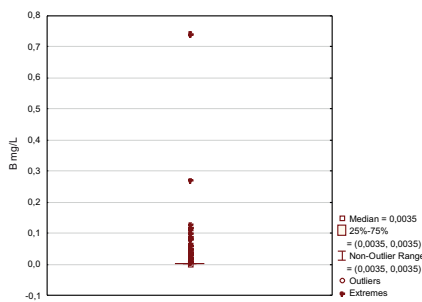


Legenda

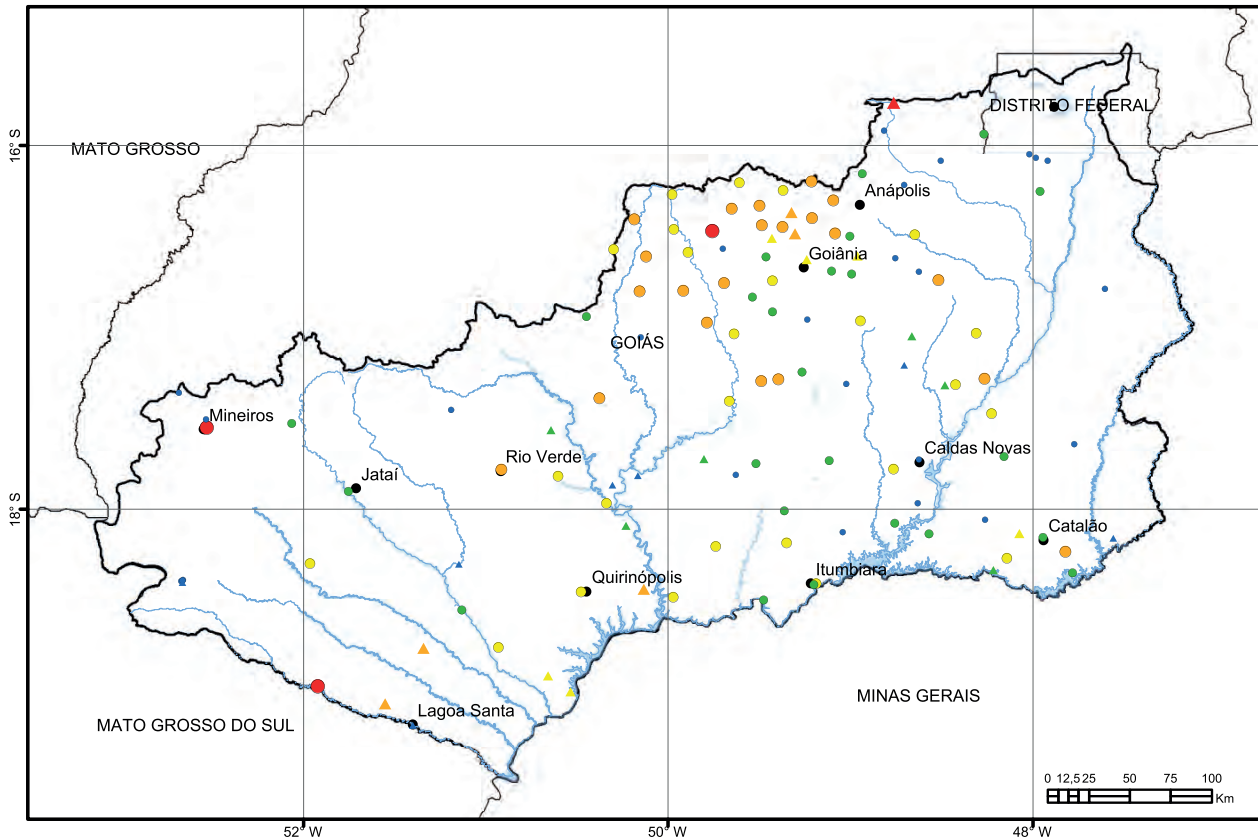
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

B (mg/L)

- < 0,02
- 0,02 - 0,09
- > 0,09



Estatística Descritiva	
Elemento	B (mg/L)
Limite de Quantificação	0,007
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	84
Valor Médio	0,013
Valor Mínimo	0,007
Valor Máximo	0,74
Variância	0,003
Desvio Padrão	0,050
Coefficiente de Variação	396,136
Mediana	0,0035
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,5



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

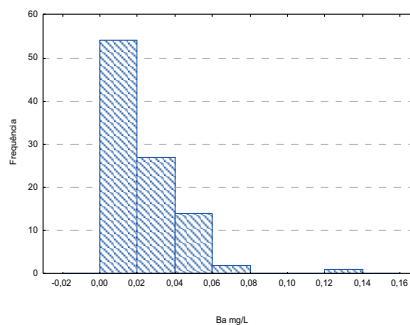
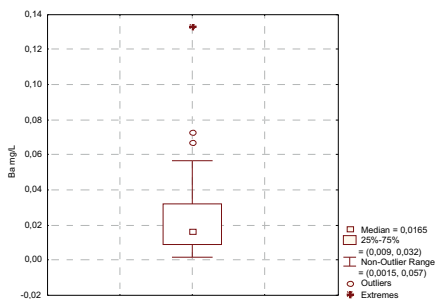
Captação em drenagem Ba (mg/L)

- < 0,009
- 0,009 - 0,016
- 0,016 - 0,032
- 0,032 - 0,057
- > 0,057

Captação em poço Ba (mg/L)

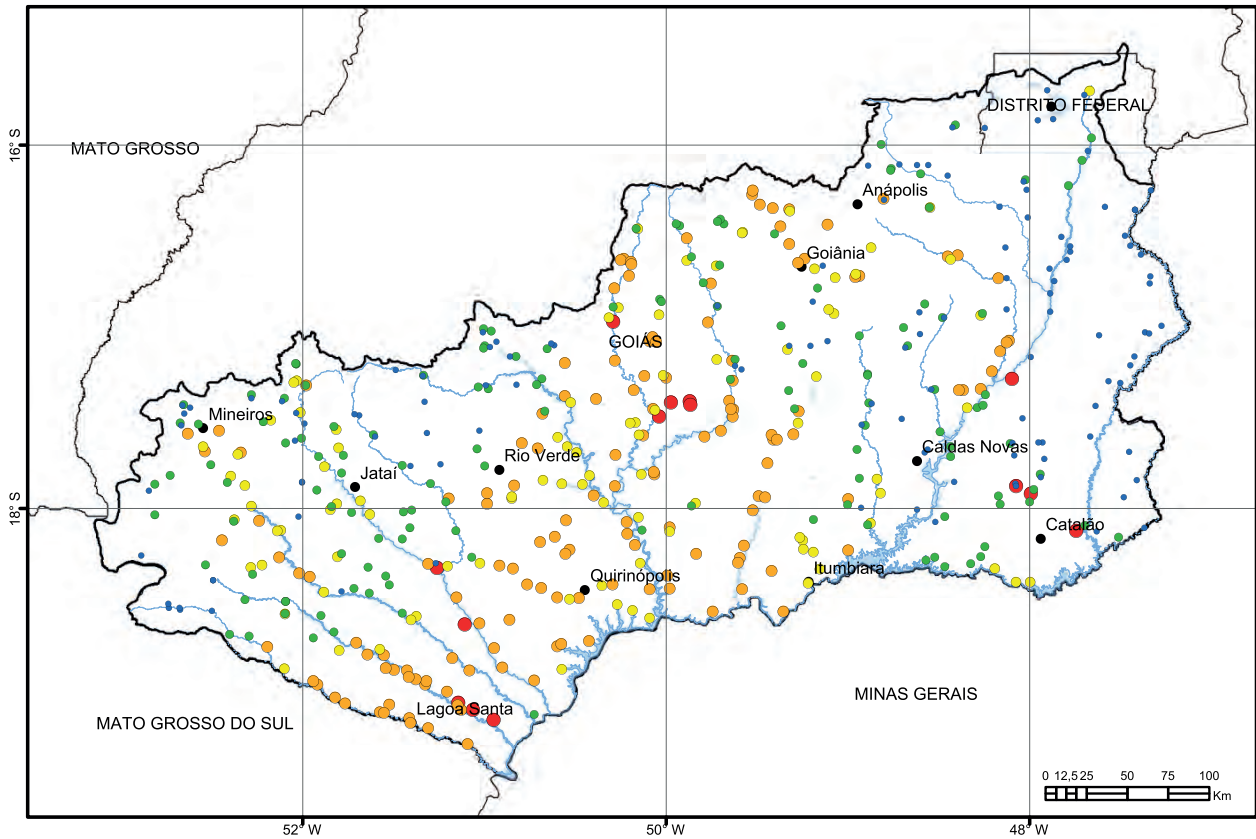
- < 0,009
- 0,009 - 0,027
- 0,027 - 0,055
- 0,055 - 0,109
- > 0,109

Captação em drenagem



Estatística Descritiva

Elemento	Ba (mg/L)
Limite de Quantificação	0,003
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	115
Valor Médio	0,031
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,709
Variância	0,004
Desvio Padrão	0,066
Coefficiente de Variação	214,320
Mediana	0,019
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	0,7

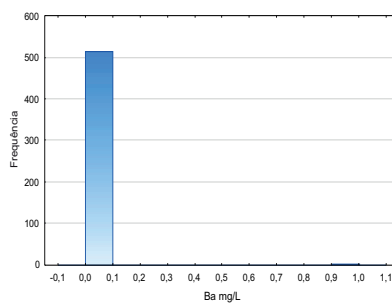
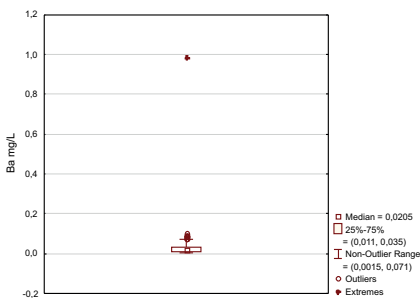


Legenda

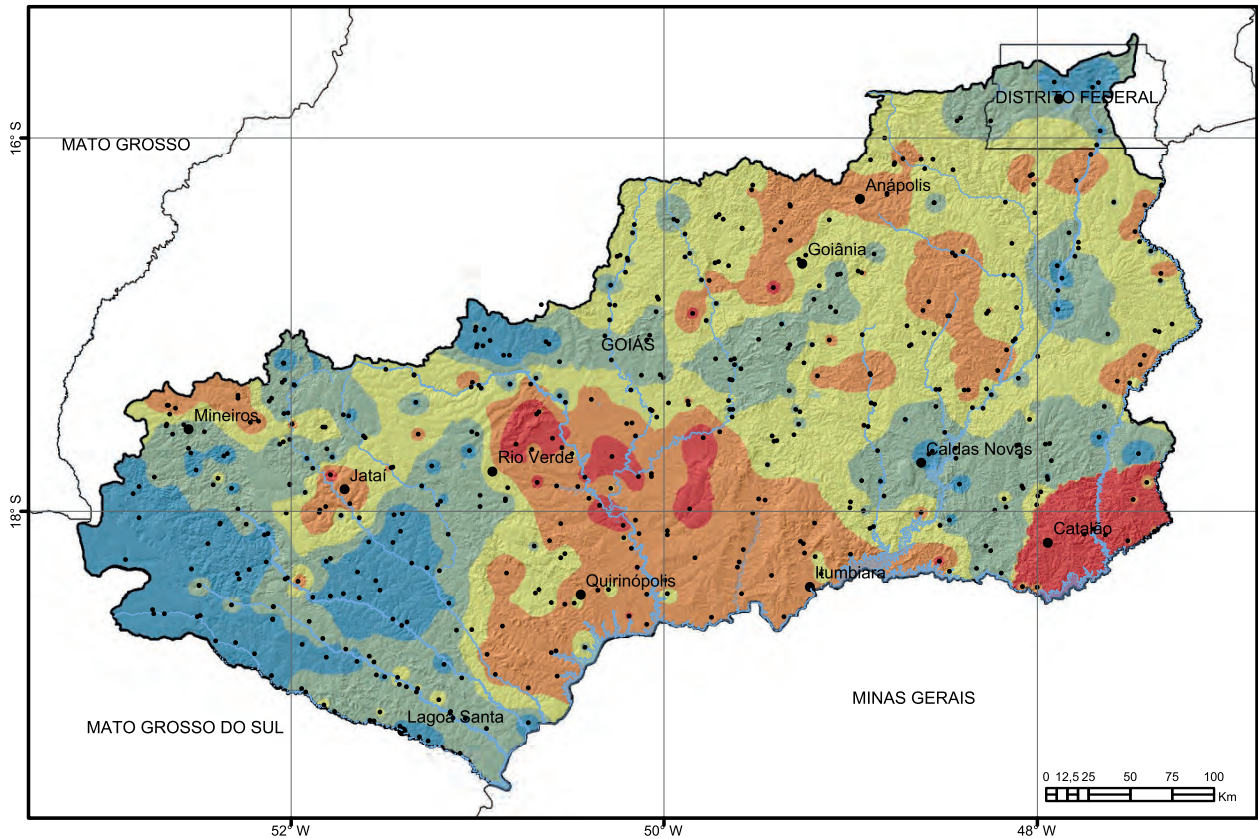
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Ba (mg/L)

- < 0,01
- 0,01 - 0,02
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,07
- > 0,07



Estatística Descritiva	
Elemento	Ba (mg/L)
Limite de Quantificação	0,003
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	507
Valor Médio	0,027
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,986
Variância	0,002
Desvio Padrão	0,046
Coefficiente de Variação	172,128
Mediana	0,021
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,7

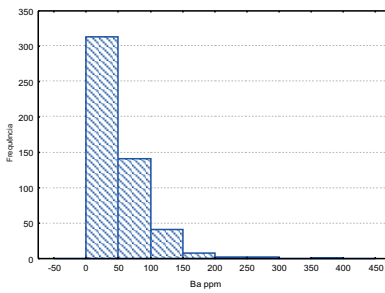
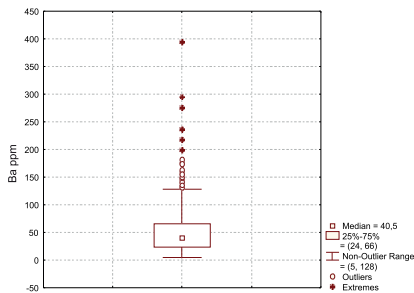


Legenda

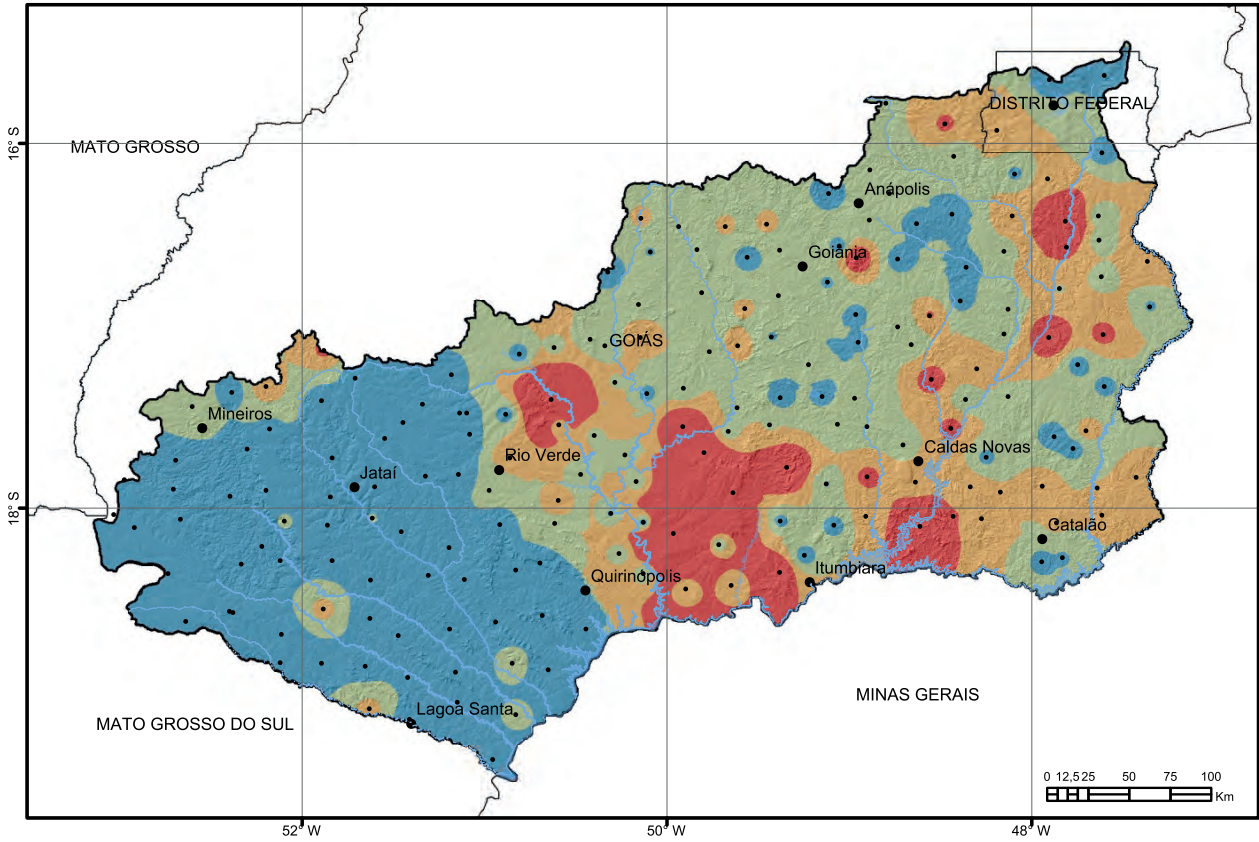
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Ba (ppm)

- < 24,0
- 24,0 - 41,0
- 41,0 - 66,0
- 66,0 - 128,0
- > 128,0



Estatística Descritiva	
Elemento	Ba (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	52,23
Valor Mínimo	5,00
Valor Máximo	394,00
Variância	1797,52
Desvio Padrão	42,43
Coefficiente de variação	815,495
Mediana	40,50
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

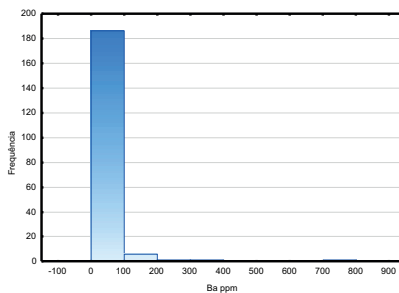
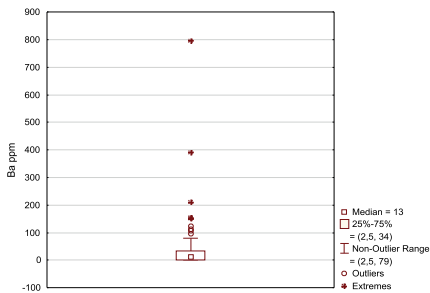


Legenda

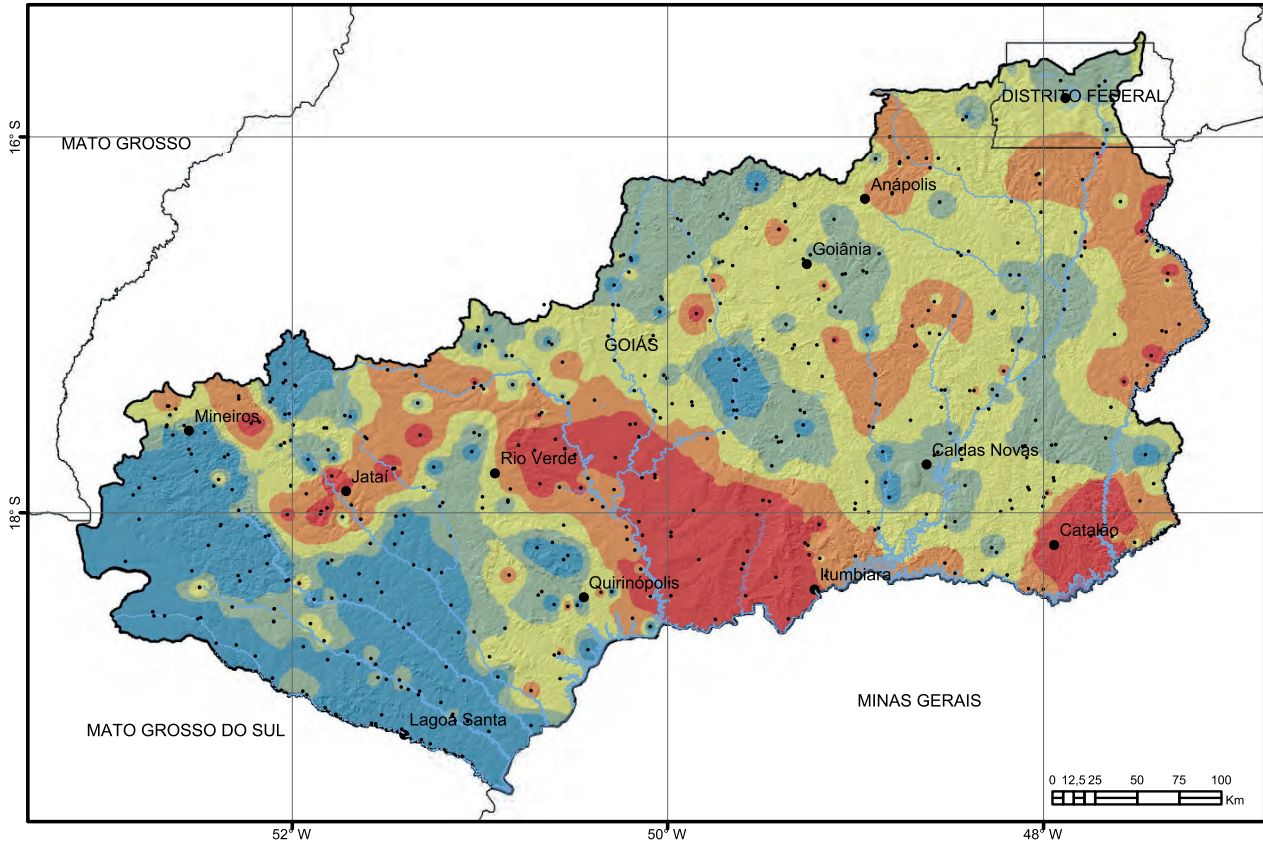
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Ba (ppm)

- < 13,0
- 13,0 - 33,5
- 33,5 - 59,2
- > 59,2



Estatística Descritiva	
Elemento	Ba (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	135
Valor Médio	29,492
Valor Mínimo	5,00
Valor Máximo	795,00
Variância	4697,25
Desvio Padrão	68,53
Coefficiente de Variação	232,387
Mediana	13,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	150
Valor de Prevenção NOAA SQRT	160

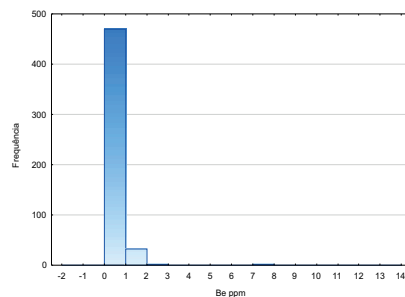
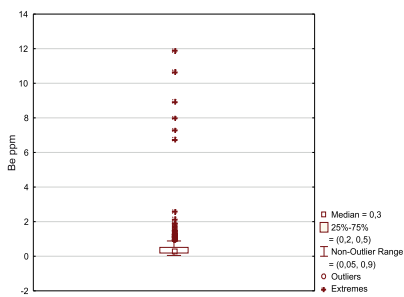


Legenda

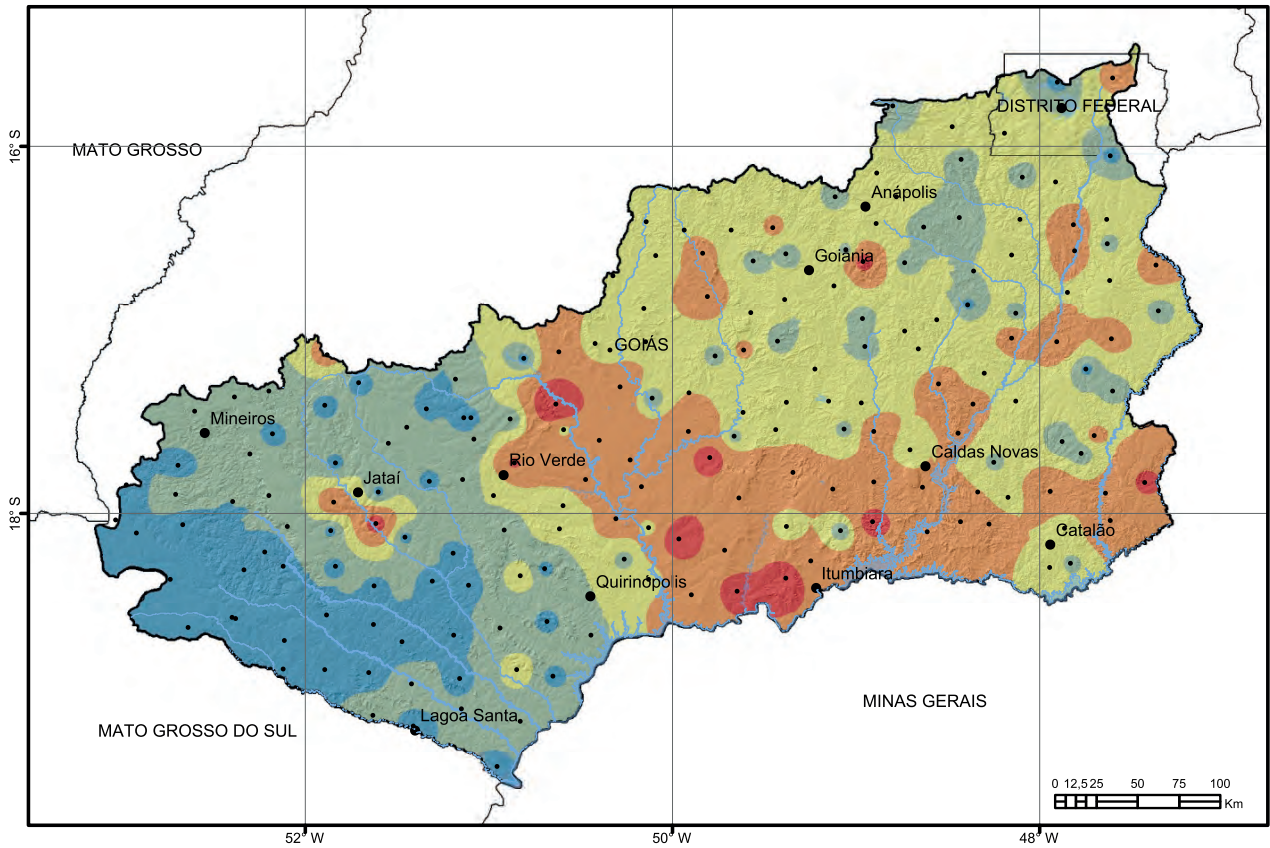
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Be (ppm)

- < 0,2
- 0,2 - 0,3
- 0,3 - 0,5
- 0,5 - 0,9
- > 0,9



Estatística Descritiva	
Elemento	Be (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	456
Valor Médio	0,51
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	11,90
Variância	1
Desvio Padrão	1,011
Coefficiente de Variação	199,08
Mediana	0,30
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—

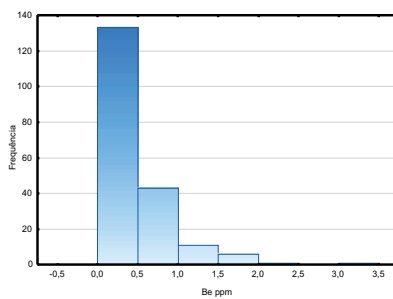
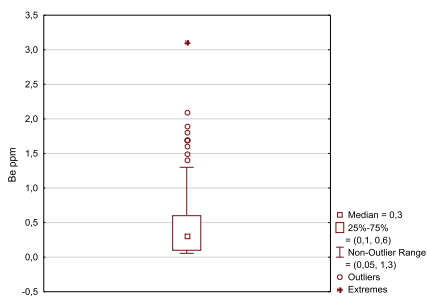


Legenda

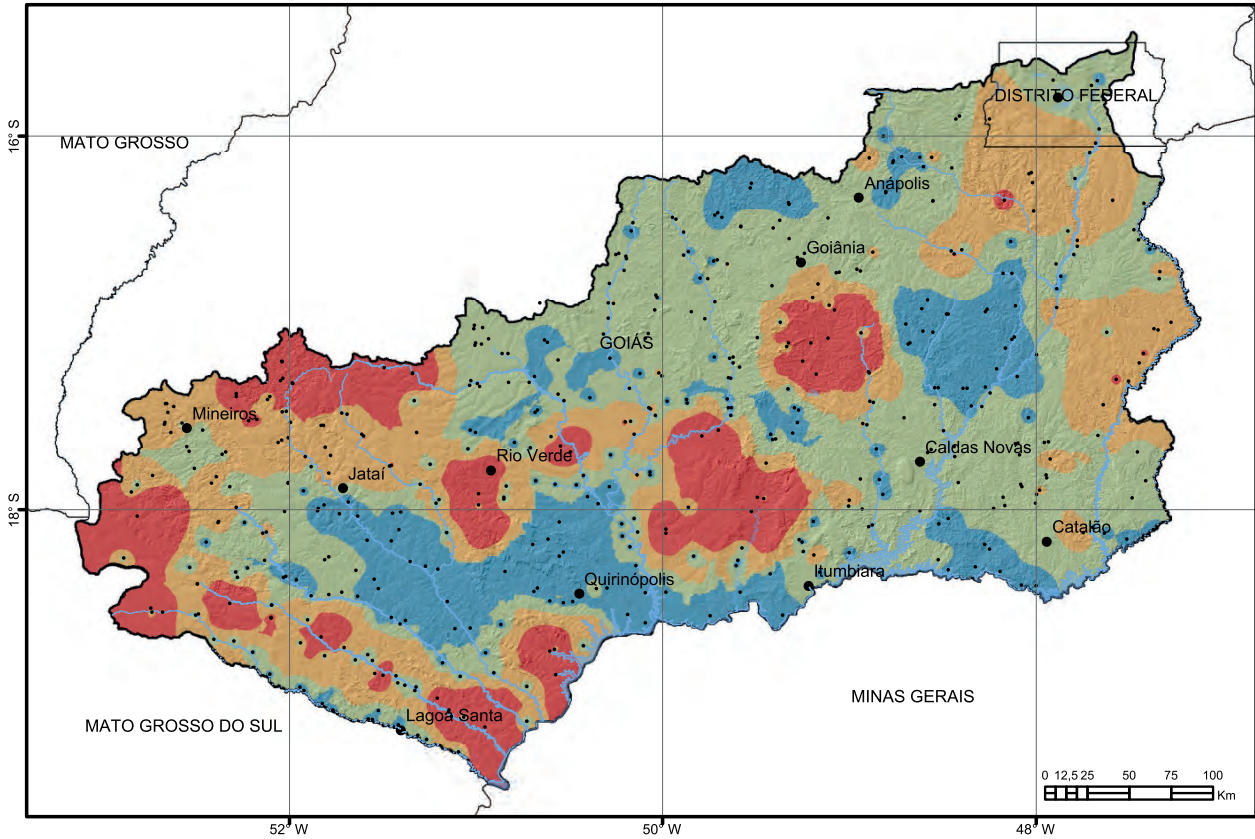
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Be (ppm)

- < 0,1
- 0,1 - 0,3
- 0,3 - 0,6
- 0,6 - 1,3
- > 1,3



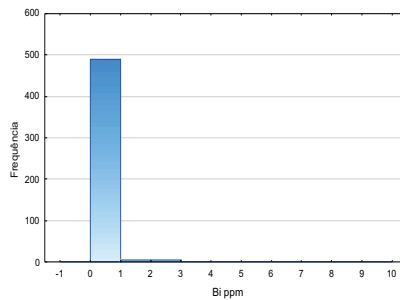
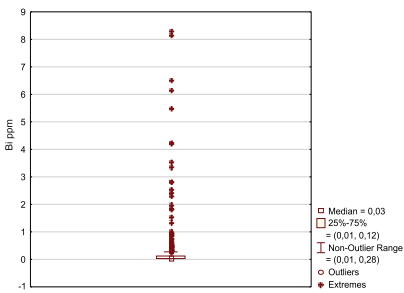
Estatística Descritiva	
Elemento	Be (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	150
Valor Médio	0,44
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	3,10
Variância	0,22
Desvio padrão	0,46
Coefficiente de Variação	105,469
Mediana	0,30
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	1,1



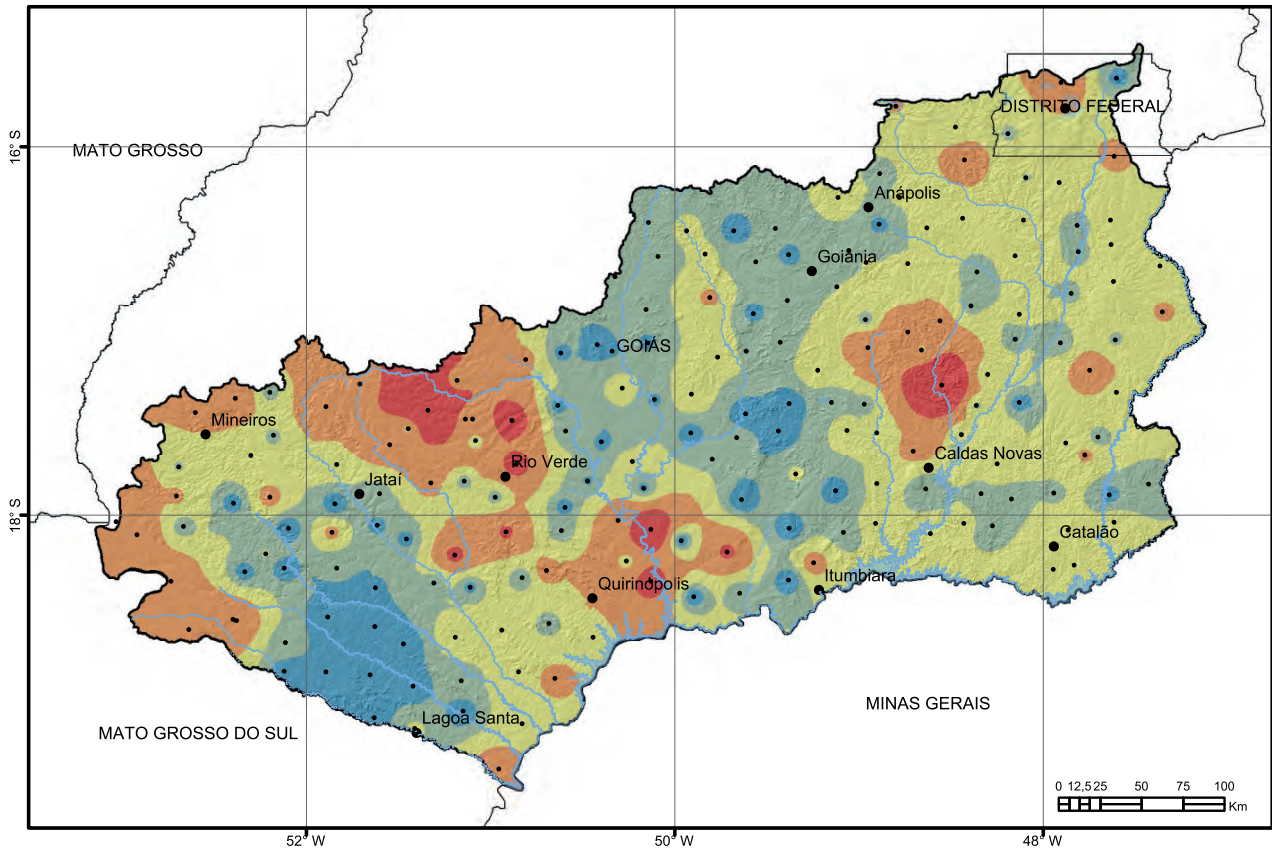
Legenda

- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Bi (ppm)	
	< 0,03
	0,03 - 0,12
	0,12 - 0,42
	> 0,42



Estatística Descritiva	
Elemento	Bi (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	281
Valor Médio	0,24
Valor Mínimo	0,02
Valor Máximo	8,29
Variância	0,70
Desvio Padrão	0,823
Coefficiente de Variação	345,536
Mediana	0,03
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—

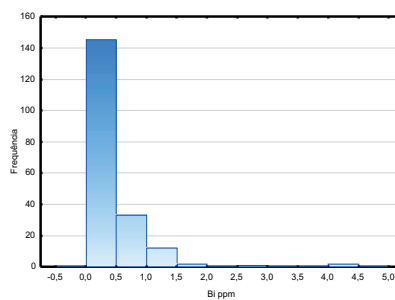
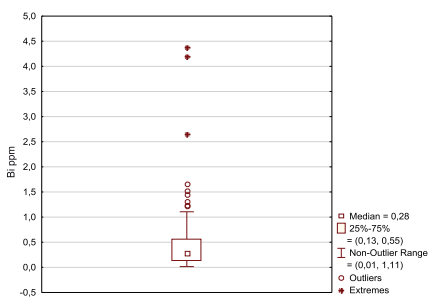


Legenda

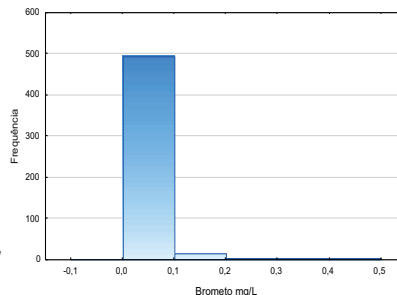
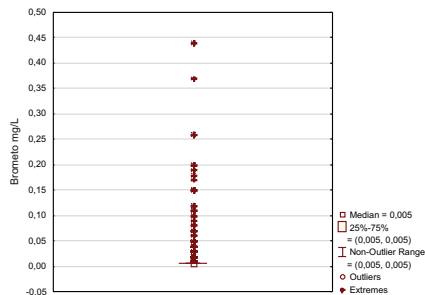
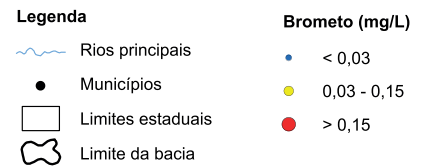
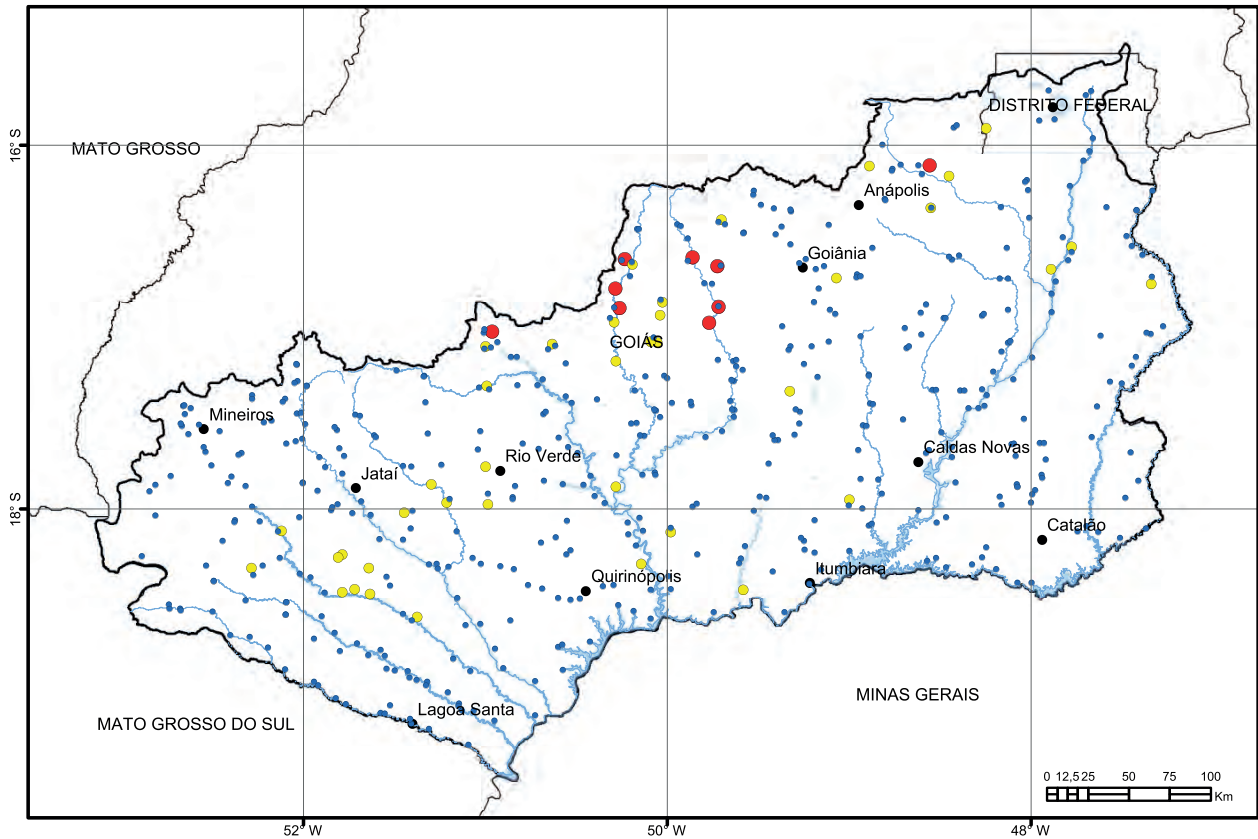
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Bi (ppm)

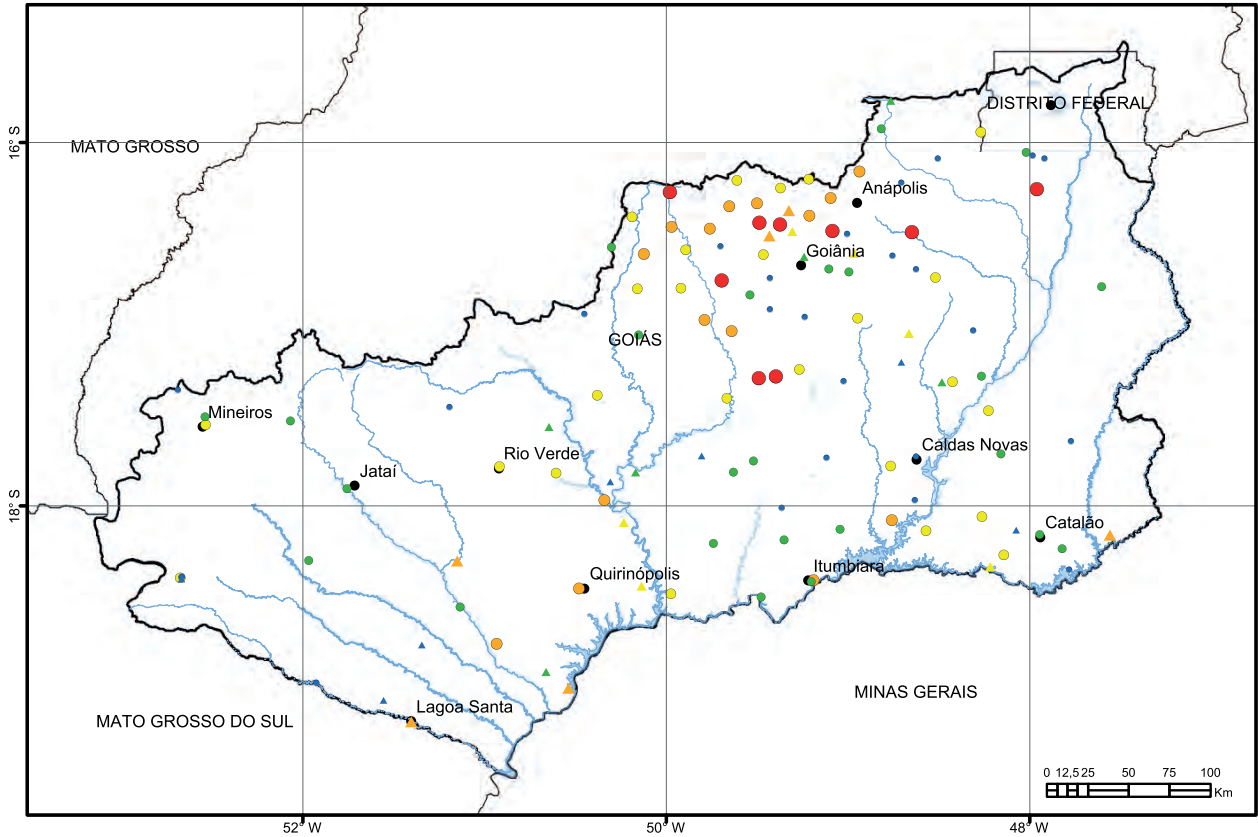
- < 0,13
- 0,13 - 0,28
- 0,28 - 0,55
- 0,55 - 1,11
- > 1,11



Estatística Descritiva	
Elemento	Bi (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	182
Valor Médio	0,42
Valor Mínimo	0,02
Valor Máximo	4,38
Variância	0,29
Desvio Padrão	0,54
Coefficiente de Variação	127,46
Mediana	0,28
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Bromato (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	511
Result > Lim Quantif	98
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,44
Variância	0,002
Desvio Padrão	0,040
Coefficiente de Variação	249,734
Mediana	0,005
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	-



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

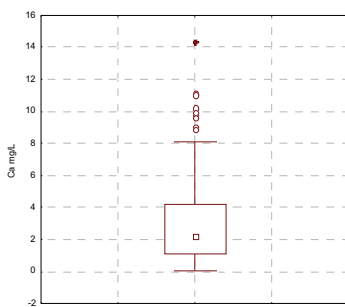
**Captação em drenagem
Ca (mg/L)**

- < 1,07
- 1,07 - 2,20
- 2,20 - 4,16
- 4,16 - 8,13
- > 8,13

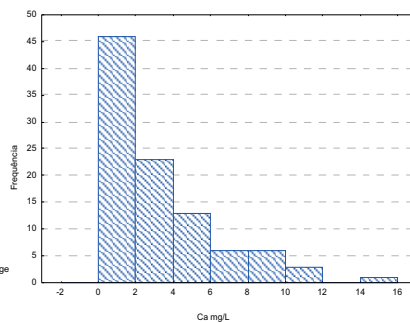
**Captação em poço
Ca (mg/L)**

- < 4,28
- 4,28 - 6,86
- 6,86 - 11,50
- 11,50 - 20,70
- > 20,70

Captação em drenagem

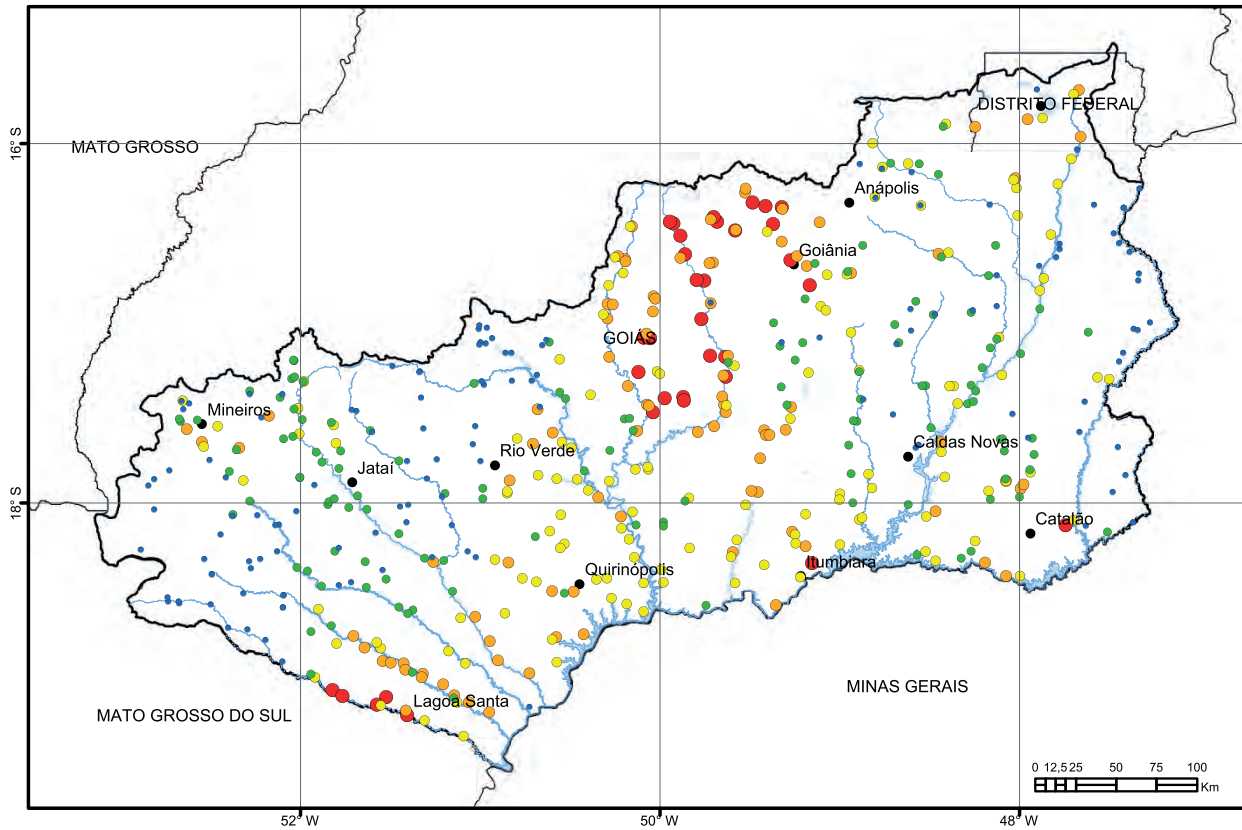


Median = 2,2
 25%-75%
 = (1,07, 4,16)
 Non-Outlier Range
 = (0,005, 8,13)
 Outliers
 Extremes



Estatística Descritiva

Elemento	Ca (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	120
Valor Médio	4,25
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	20,70
Variância	16,480
Desvio Padrão	4,06
Coefficiente de Variação	95,564
Mediana	3,02
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	-

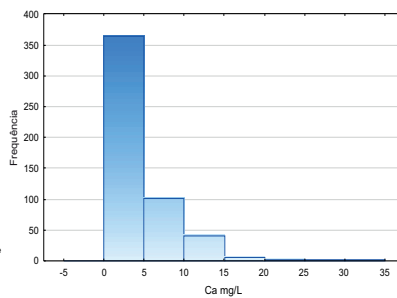
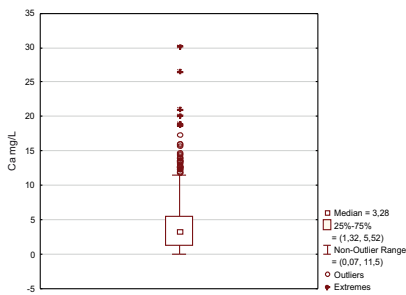


Legenda

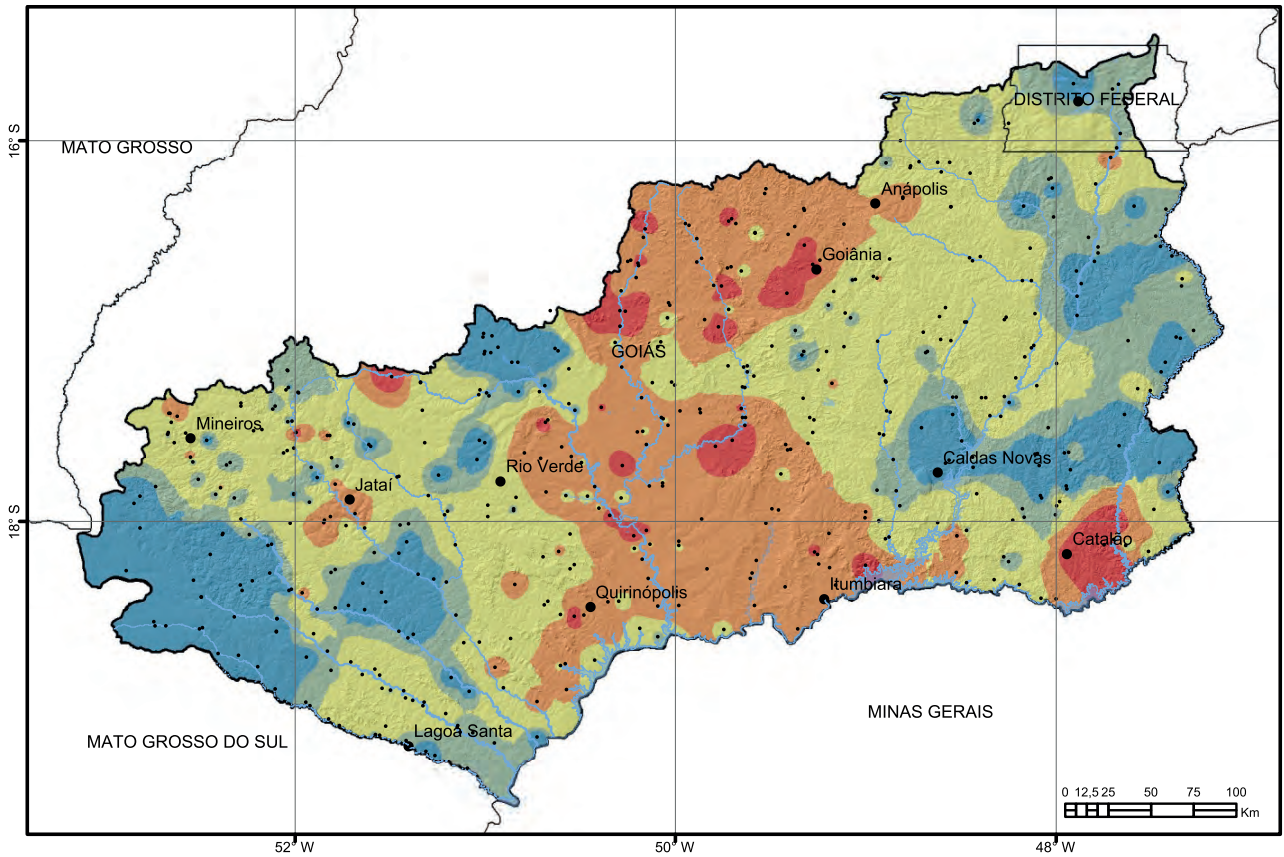
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Ca (mg/L)

- < 1,32
- 1,32 - 3,28
- 3,28 - 5,52
- 5,52 - 11,50
- > 11,50



Estatística Descritiva	
Elemento	Ca (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	514
Valor Médio	4,24
Valor Mínimo	0,07
Valor Máximo	30,20
Variância	16,211
Desvio Padrão	4,03
Coefficiente de Variação	94,942
Mediana	3,28
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	-

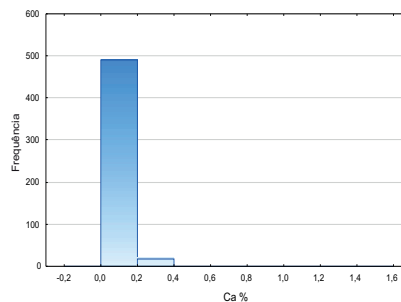
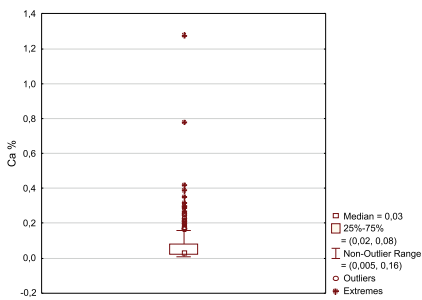


Legenda

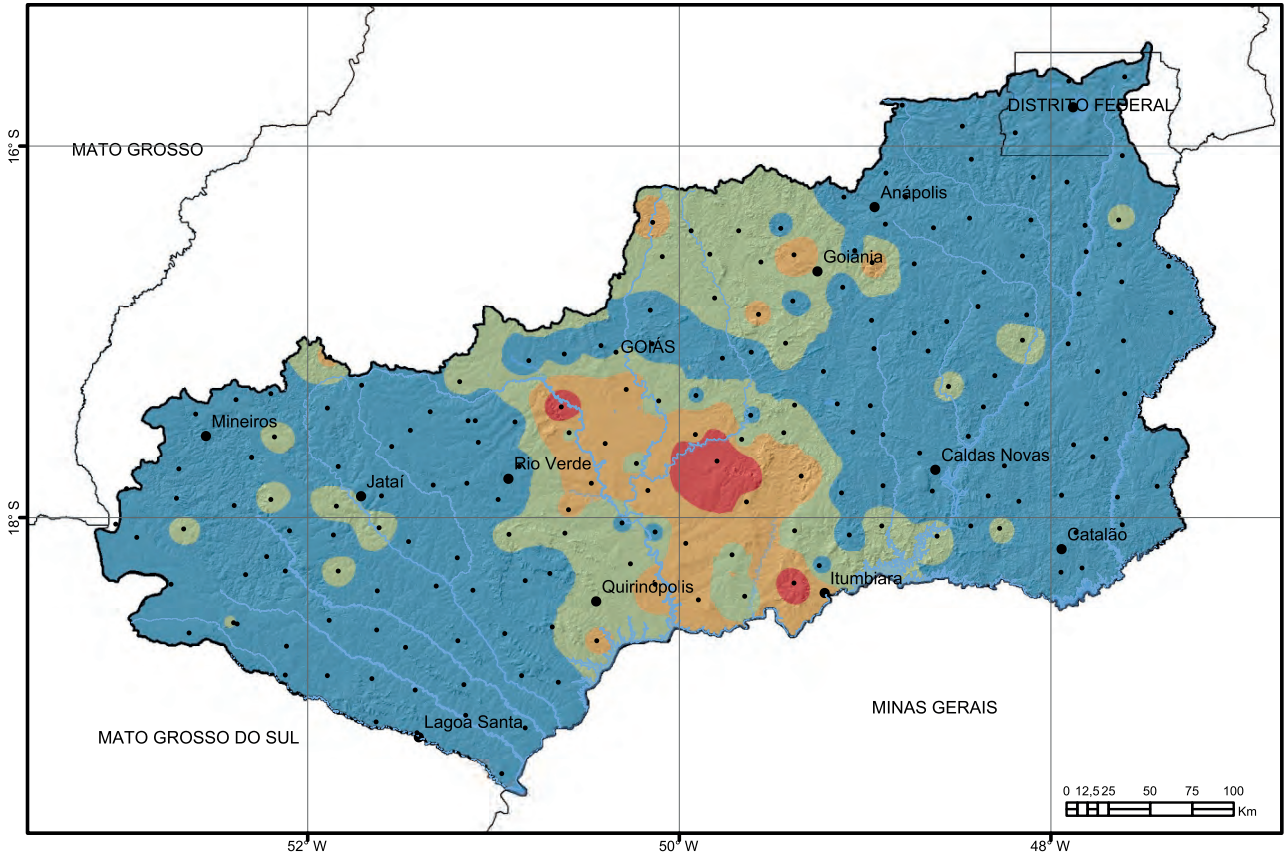
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Ca (%)

- < 0,02
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,08
- 0,08 - 0,16
- > 0,16



Estatística Descritiva	
Elemento	Ca (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	467
Valor Médio	0,062
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	1,28
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,088
Coefficiente de Variação	142,068
Mediana	0,03
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

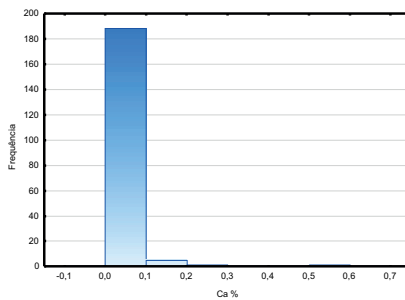
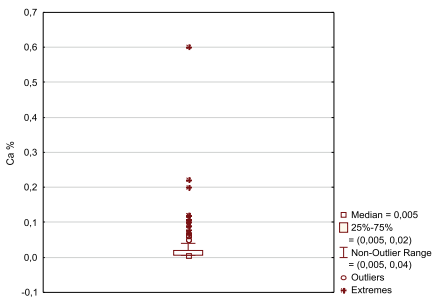


Legenda

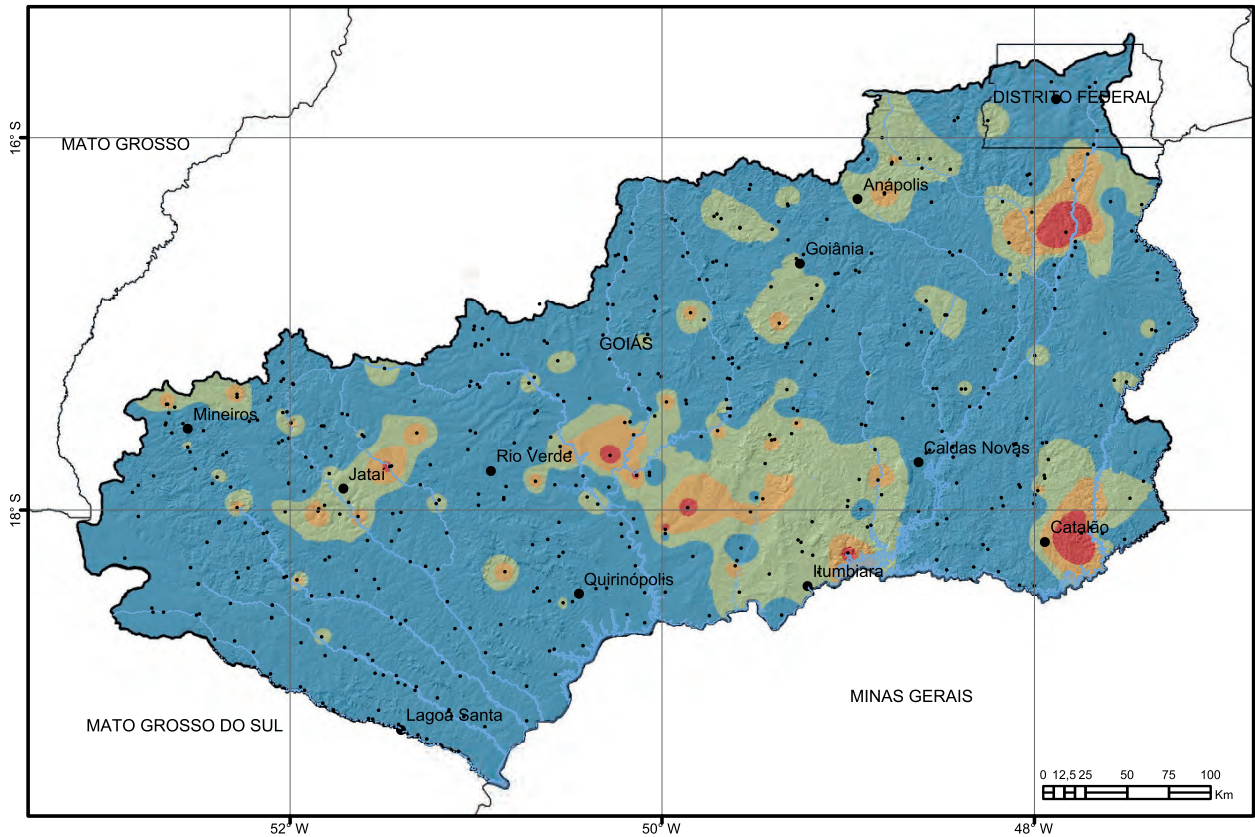
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Ca (%)

- < 0,02
- 0,02 - 0,05
- 0,05 - 0,12
- > 0,12



Estatística Descritiva	
Elemento	Ca (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	81
Valor Médio	0,02
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,60
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,05
Coefficiente de Variação	230,13
Mediana	0,005
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

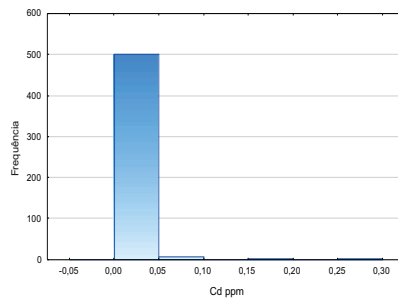
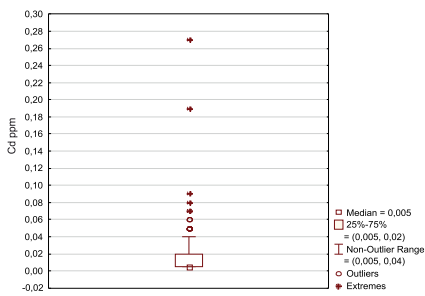


Legenda

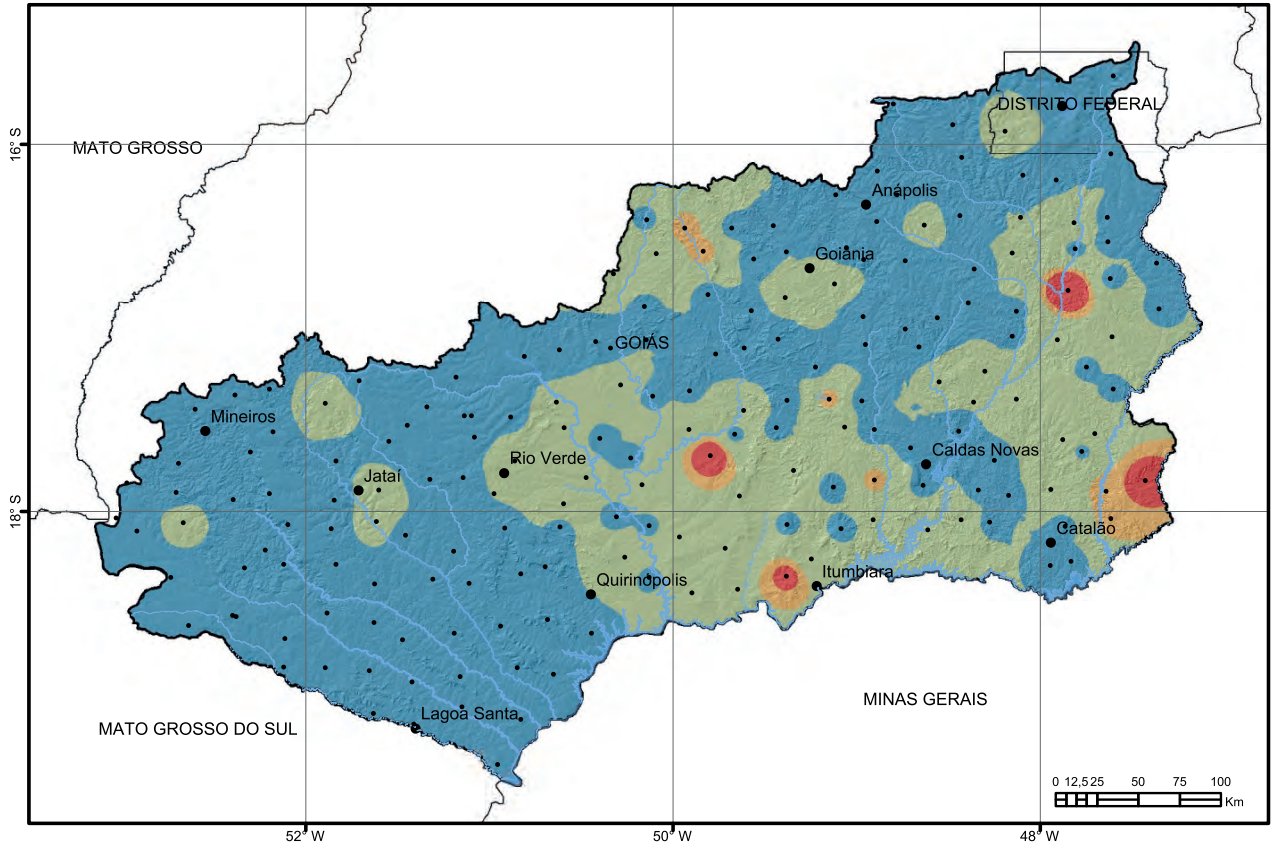
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Cd (ppm)

- < 0,02
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,05
- > 0,05



Estatística Descritiva	
Elemento	Cd (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	253
Valor Médio	0,015
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,27
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,019
Coefficiente de variação	124,109
Mediana	0,005
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	0,6
Valor de Prevenção NOAA SQRT	0,59

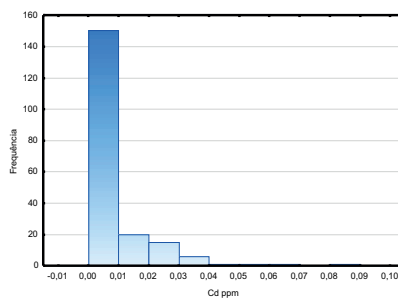
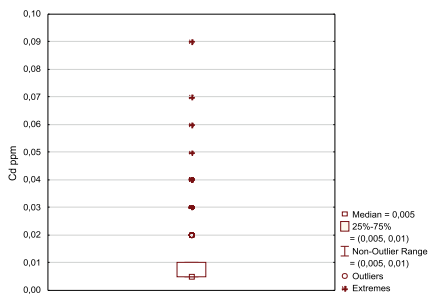


Legenda

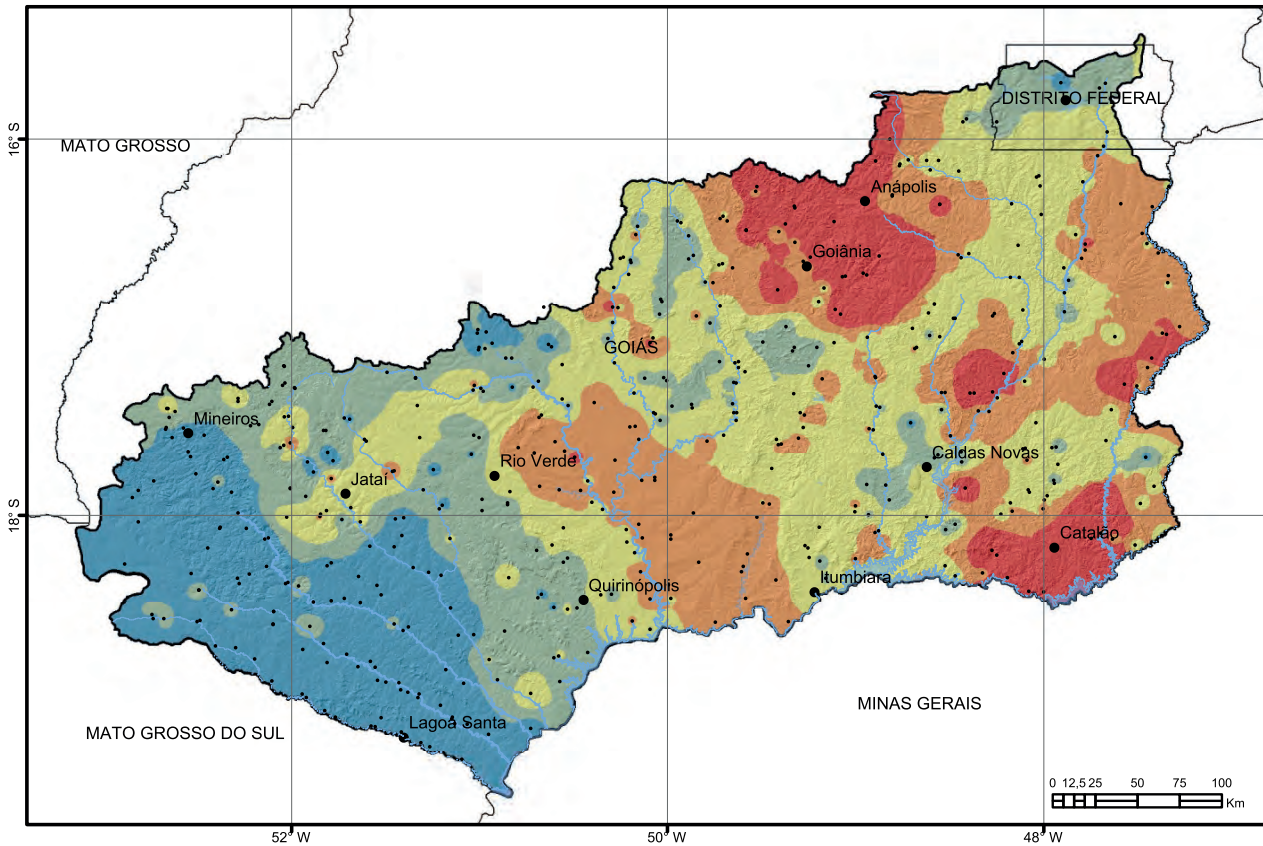
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Cd (ppm)

- < 0,01
- 0,01 - 0,03
- 0,03 - 0,04
- > 0,04



Estatística Descritiva	
Elemento	Cd (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	62
Valor Médio	0,01
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,09
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,01
Coefficiente de Variação	111,42
Mediana	0,005
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	1,3
Valor de Prevenção NOAA SQRT	0,8

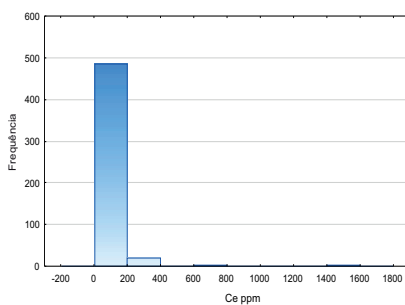
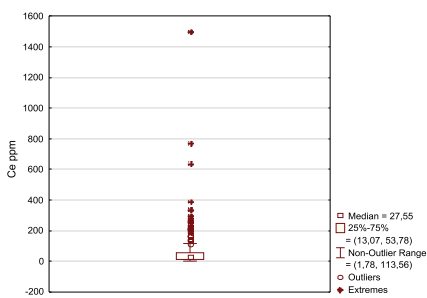


Legenda

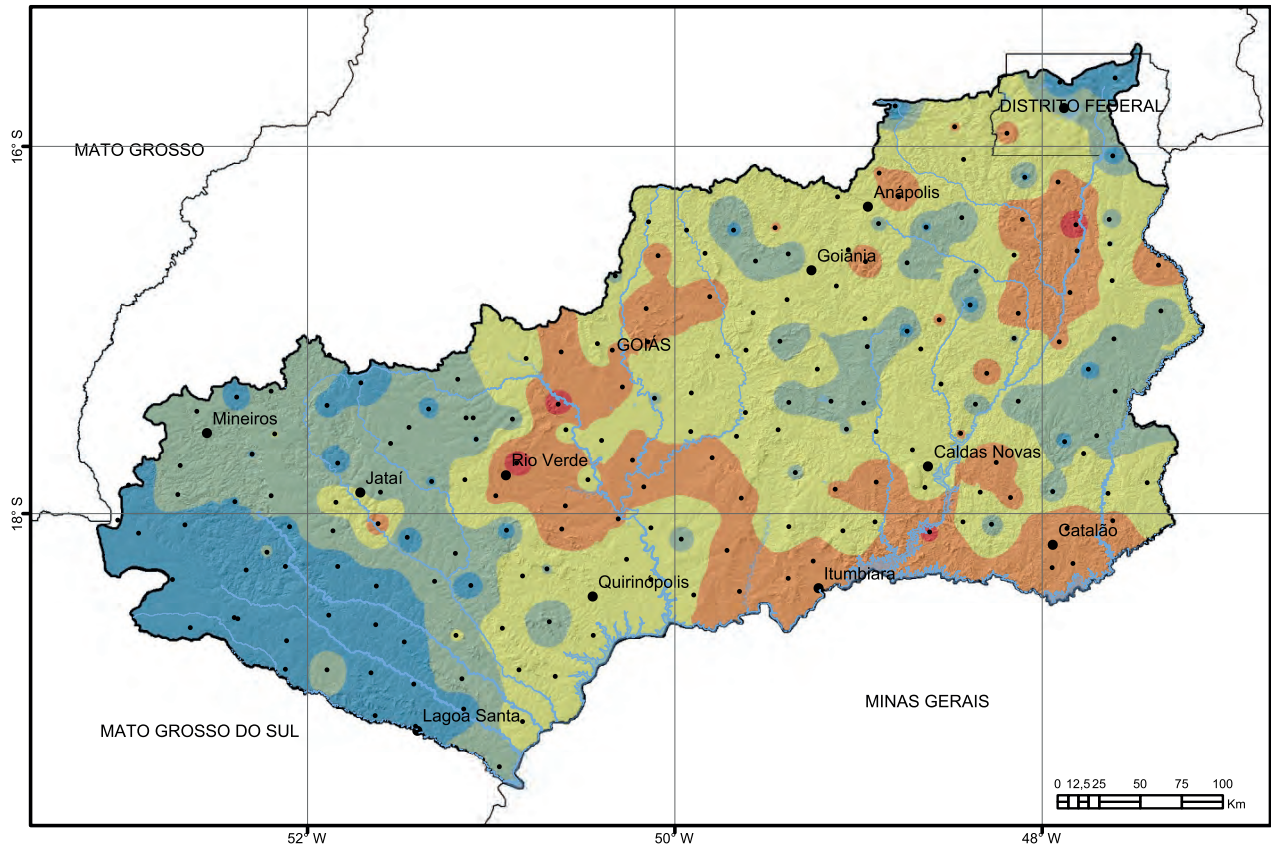
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Ce (ppm)

- < 13,07
- 13,07- 27,55
- 27,55 - 53,78
- 53,78 - 113,56
- > 113,56



Estatística Descritiva	
Elemento	Ce (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	52,32
Valor Mínimo	1,78
Valor Máximo	1500
Variância	12971
Desvio Padrão	113,89
Coefficiente de Variação	217,678
Mediana	27,55
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—

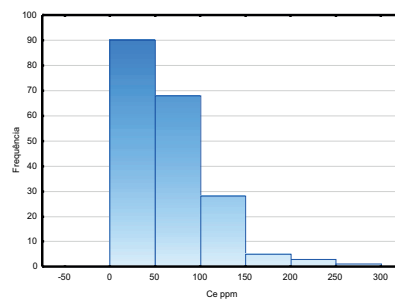
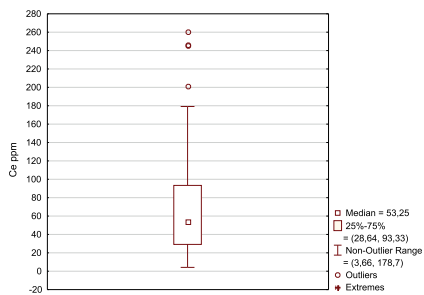


Legenda

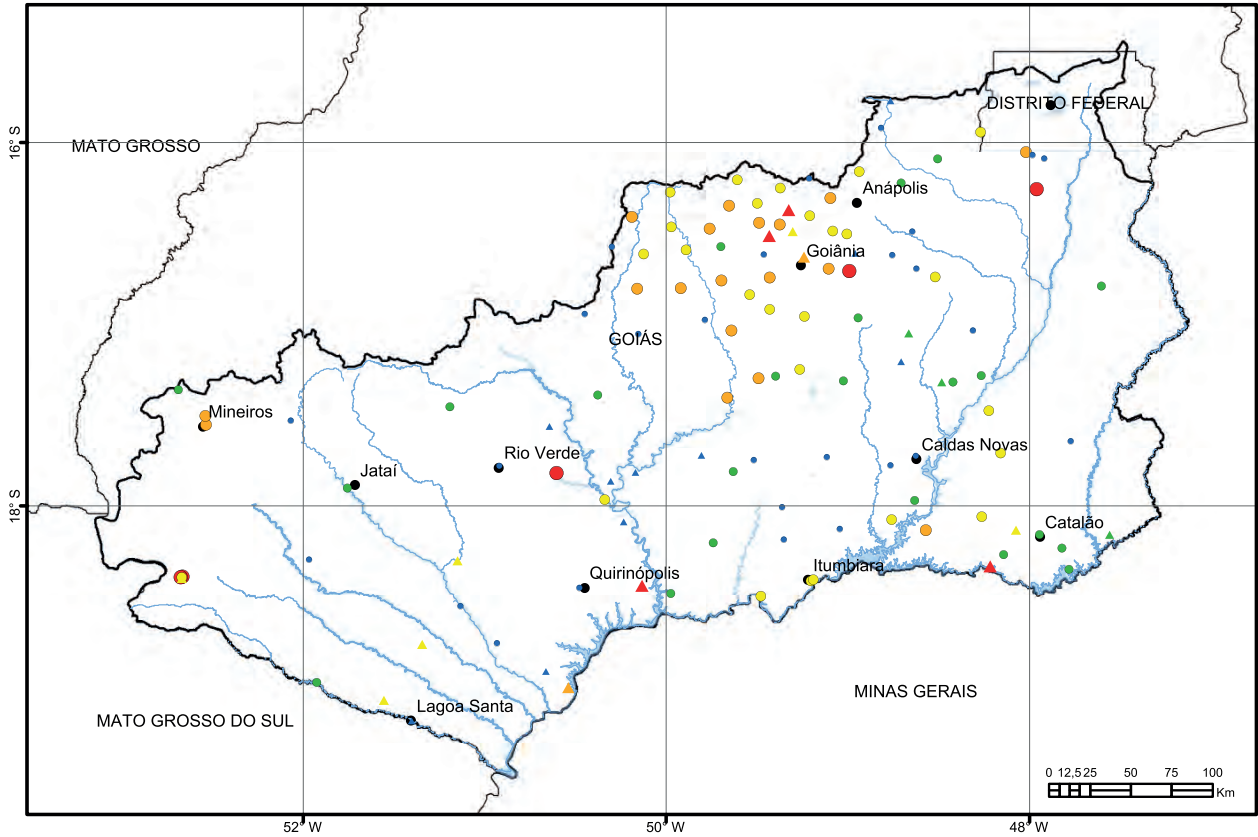
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Ce (ppm)

- < 28,64
- 28,64 - 53,48
- 53,48 - 93,33
- 93,33 - 178,70
- > 178,70



Estatística Descritiva	
Elemento	Ce (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	65,42
Valor Mínimo	3,66
Valor Máximo	260,22
Variância	2234,60
Desvio Padrão	47,27
Coefficiente de Variação	72,26
Mediana	53,25
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

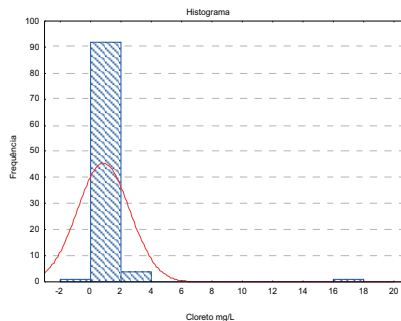
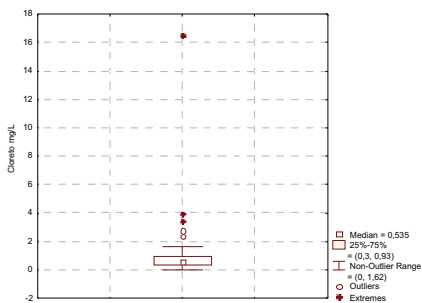
Captação em drenagem Cloreto (mg/L)

- < 0,30
- 0,30 - 0,53
- 0,53 - 0,93
- 0,93 - 1,62
- > 1,62

Captação em poço Cloreto (mg/L)

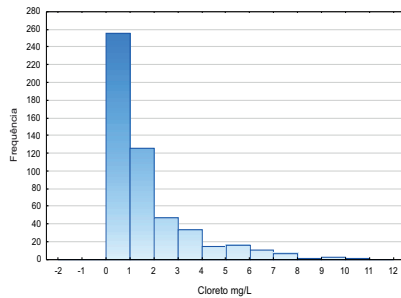
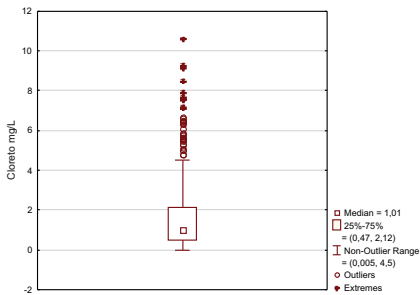
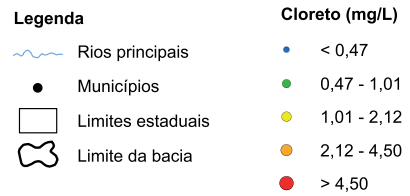
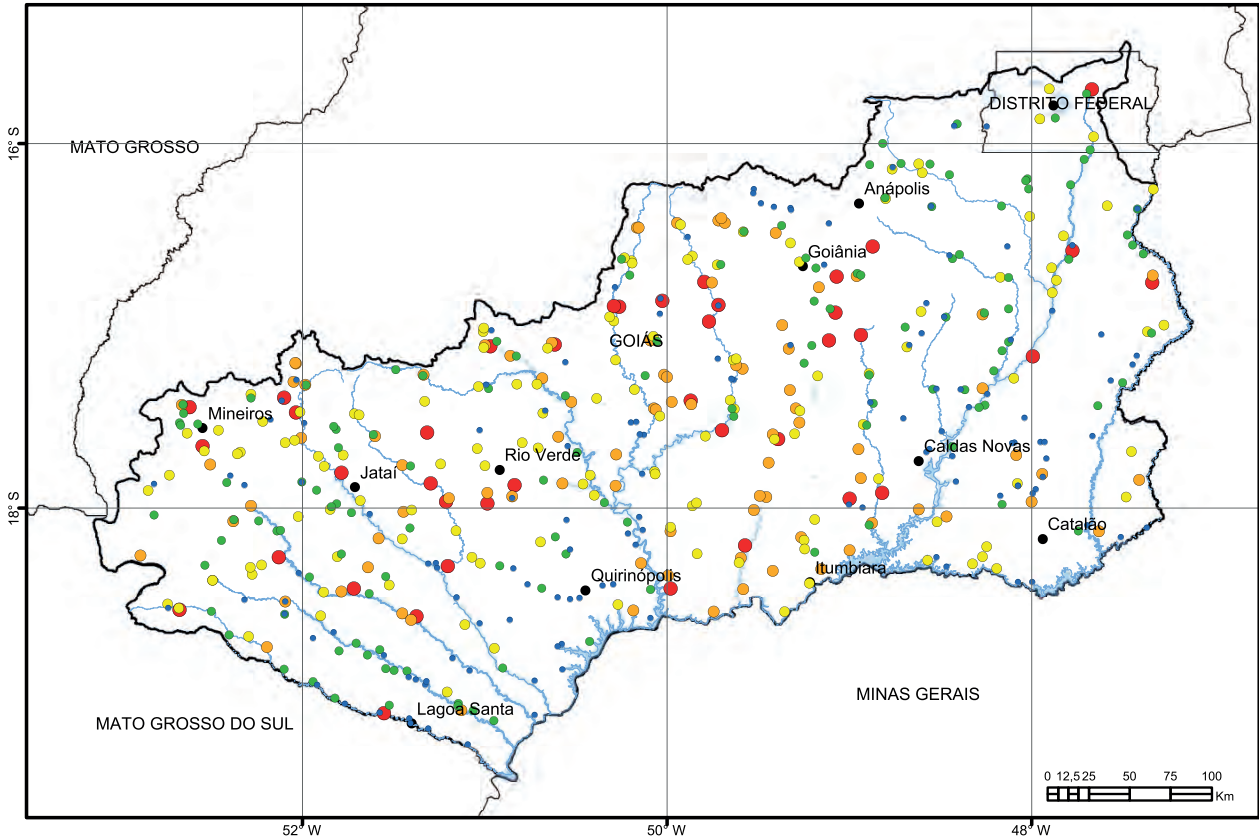
- < 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 1,11
- 1,11 - 1,36
- > 1,36

Captação em drenagem

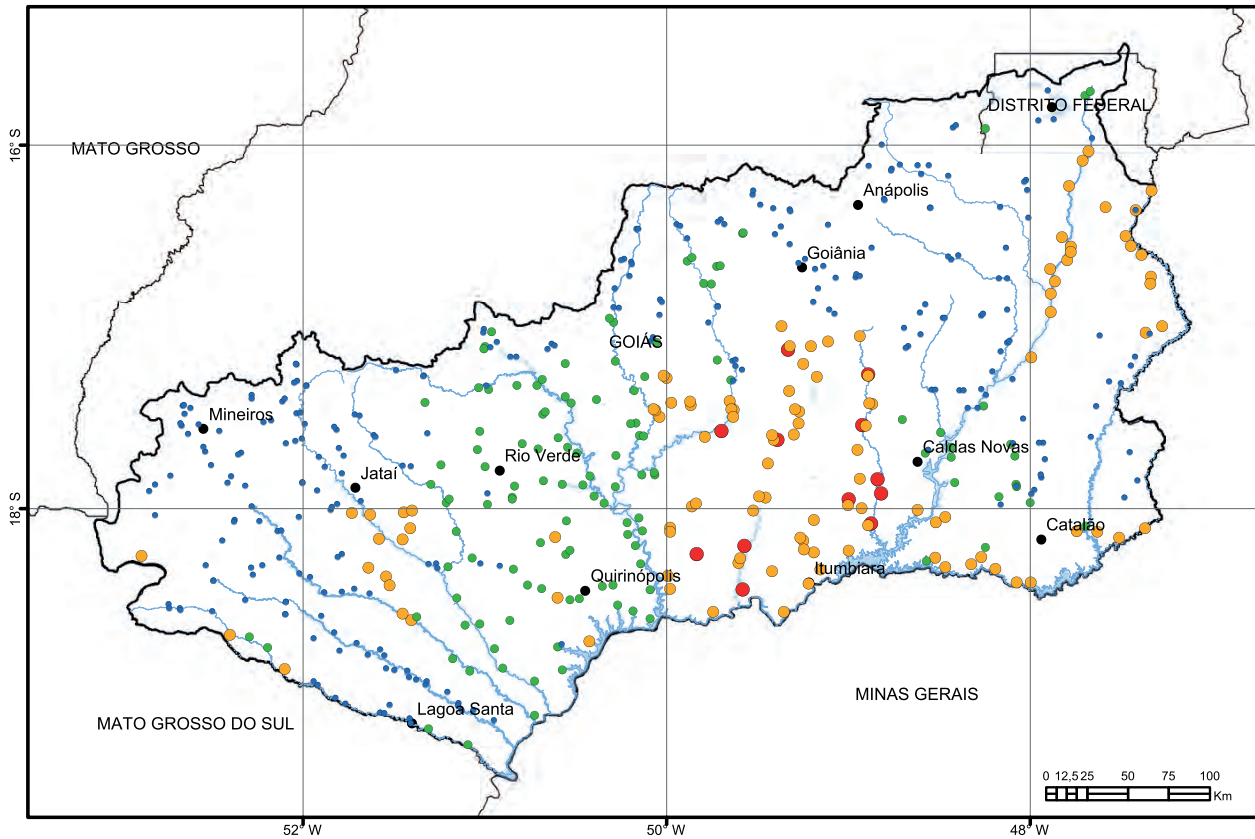


Estatística Descritiva

Elemento	Cloreto (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	122
Result > Lim Quantif	122
Valor Médio	0,93
Valor Mínimo	0,06
Valor Máximo	6,29
Variância	3,047
Desvio Padrão	1,746
Coefficiente de Variação	187,691
Mediana	0,30
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	250



Estatística Descritiva	
Elemento	Cloreto (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	511
Result > Lim Quantif	511
Valor Médio	1,64
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	10,60
Variância	3,103
Desvio Padrão	1,76
Coefficiente de Variação	107,375
Mediana	1,01
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	250

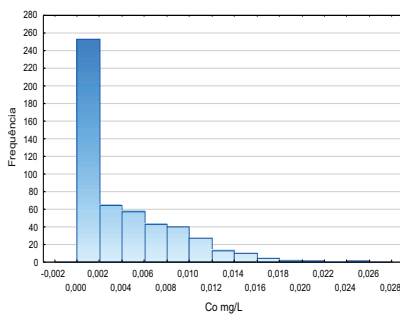
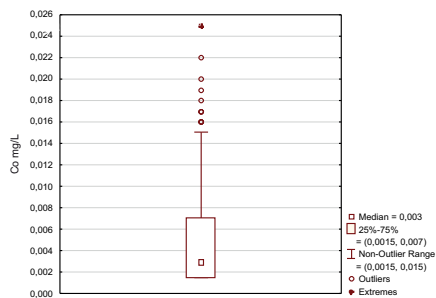


Legenda

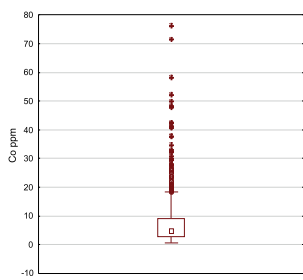
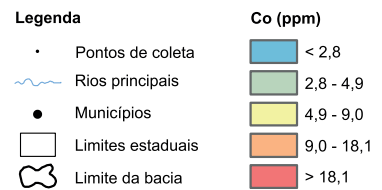
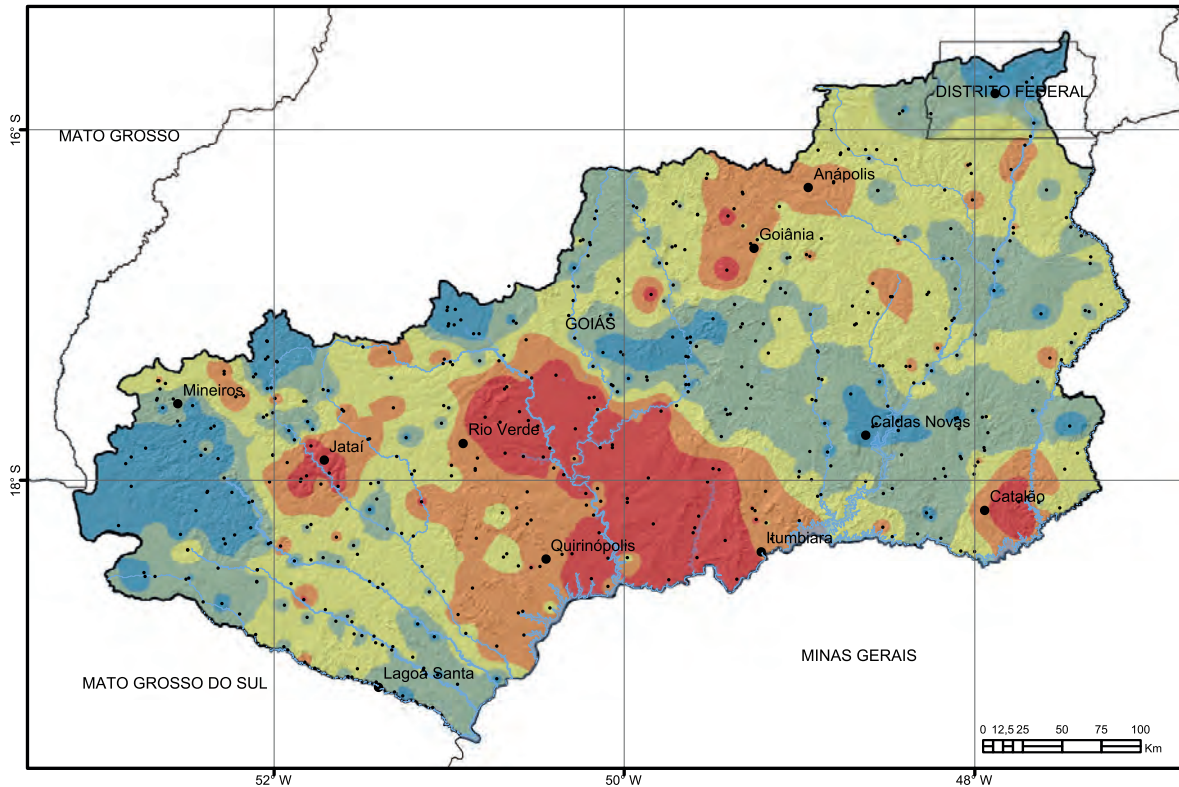
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Co (mg/L)

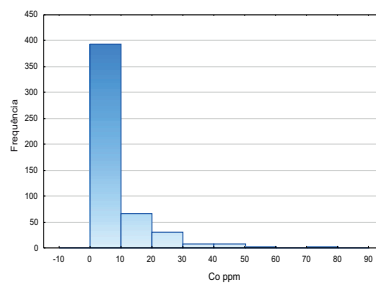
- < 0,003
- 0,003 - 0,007
- 0,007 - 0,015
- > 0,015



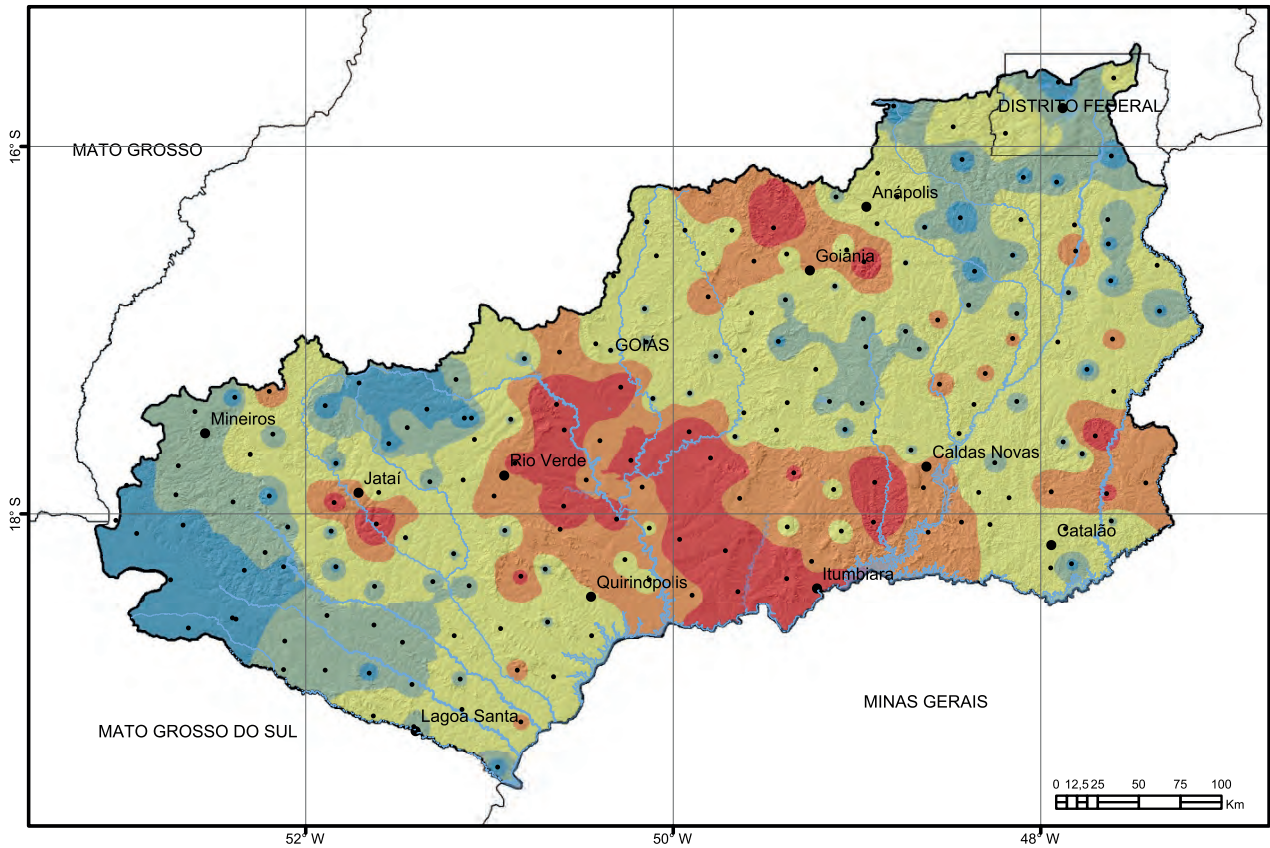
Estatística Descritiva	
Elemento	Co (mg/L)
Limite de Quantificação	0,003
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	262
Valor Médio	0,005
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,025
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,004
Coefficiente de Variação	89,58
Mediana	0,003
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,05



□ Median = 4,9
 □ 25%-75% = (2,8, 9)
 □ Non-Outlier Range = (0,5, 18,2)
 ○ Outliers
 ◆ Extremes



Estatística Descritiva	
Elemento	Co (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	8,196
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	76,40
Variância	93,80
Desvio Padrão	9,685
Coefficiente de Variação	118,17
Mediana	4,90
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	50

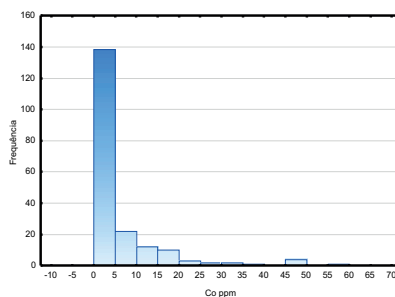
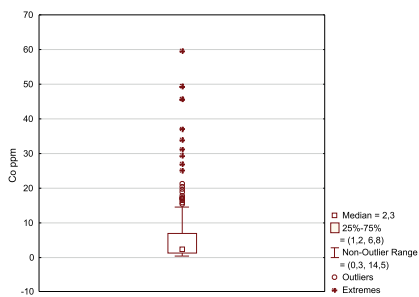


Legenda

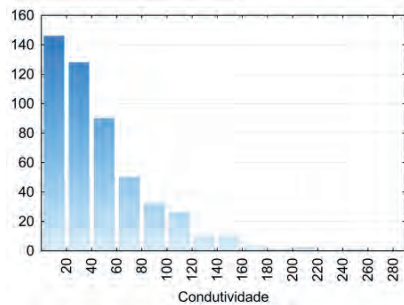
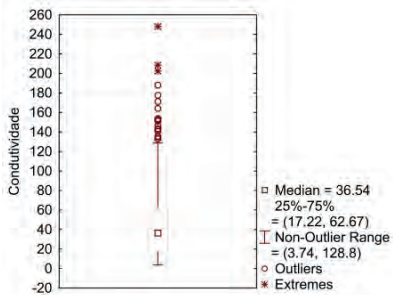
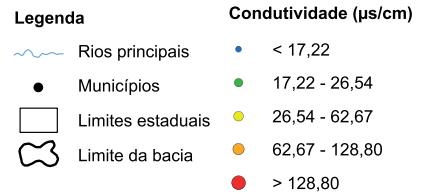
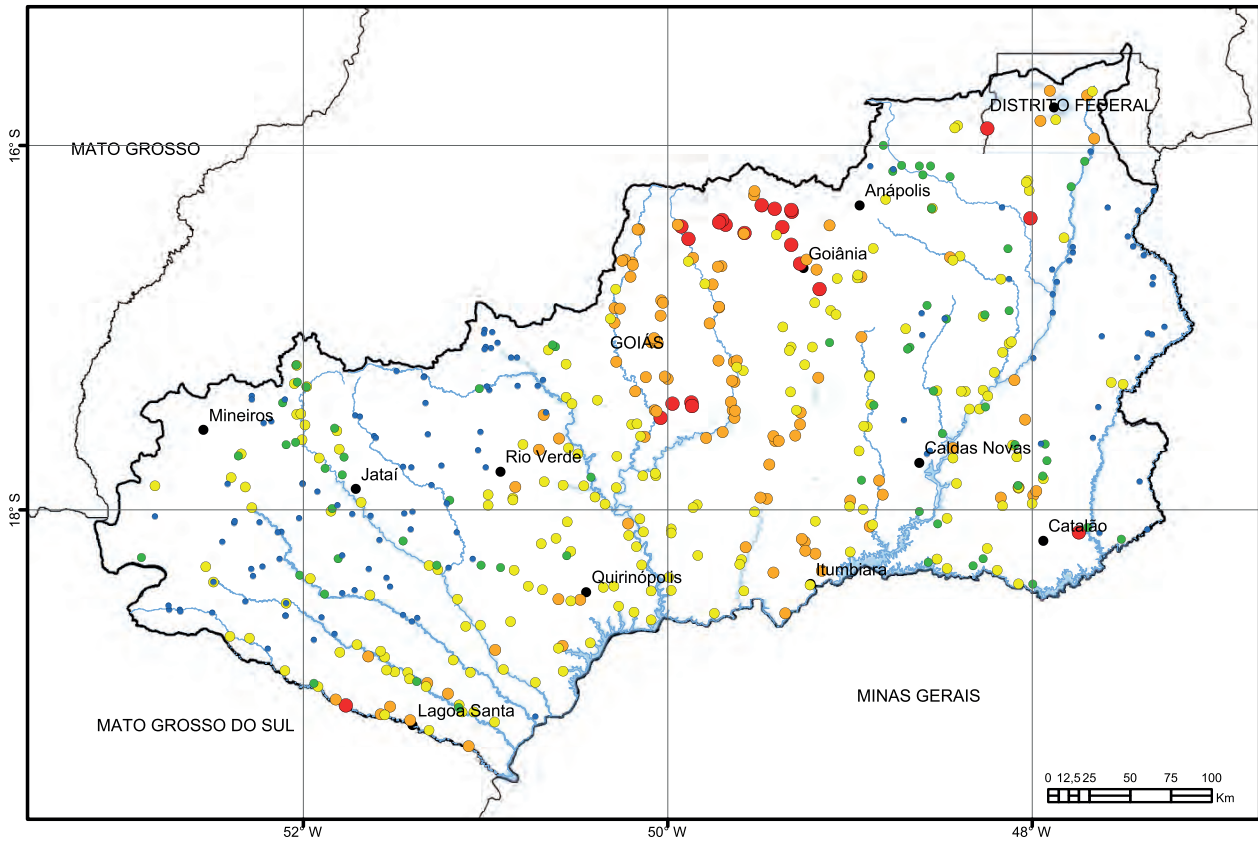
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Co (ppm)

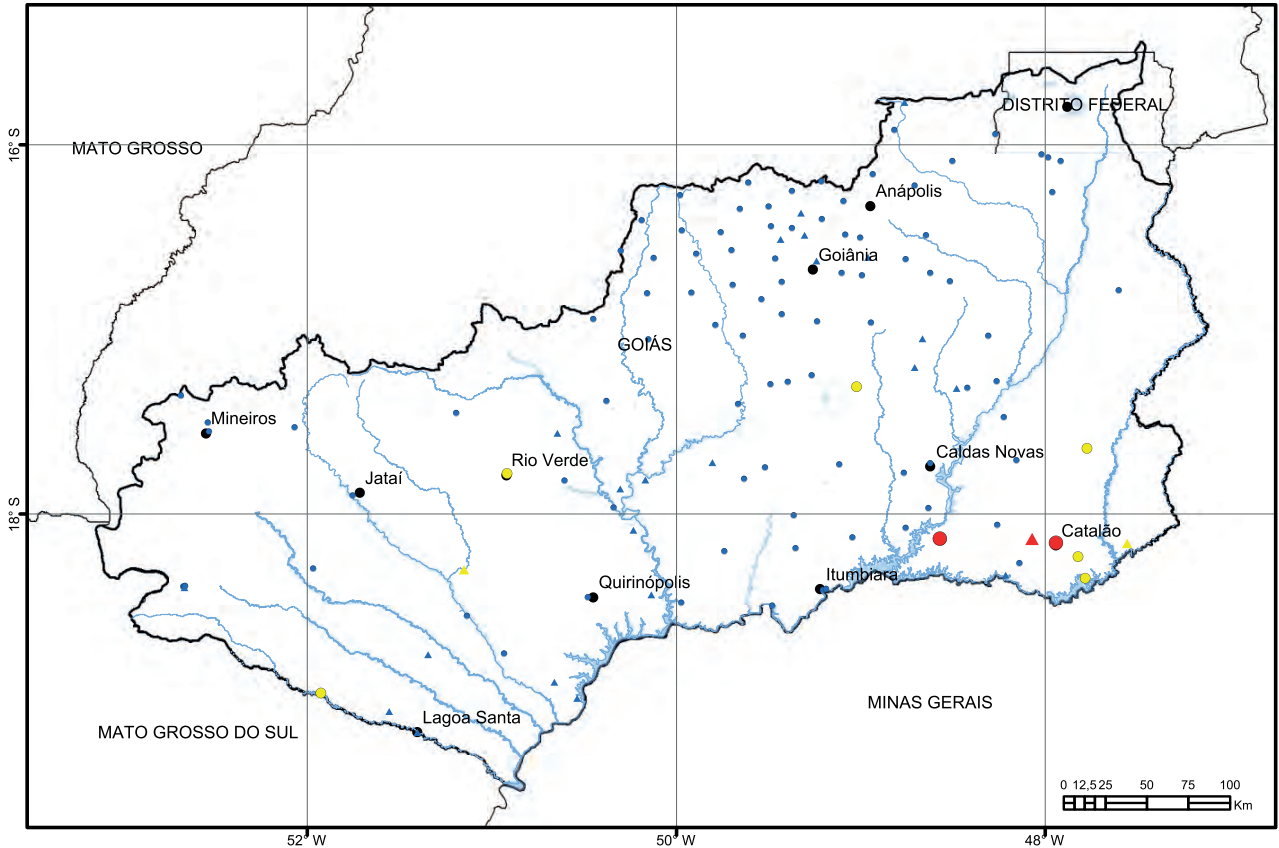
- < 1,2
- 1,2 - 2,3
- 2,3 - 6,8
- 6,8 - 14,5
- > 14,5



Estatística Descritiva	
Elemento	Co (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	6,20
Valor Mínimo	0,30
Valor Máximo	59,70
Variância	94,74
Desvio Padrão	9,73
Coefficiente de Variação	156,79
Mediana	2,30
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	25
Valor de Prevenção NOAA SQRT	2,4



Estatística Descritiva	
Elemento	Condut. (µs/cm)
Limite de Quantificação	-
Número de medidas	499
Result > Lim Quantif	499
Valor Médio	46,49
Valor Mínimo	3,74
Valor Máximo	248
Variância	1797,05
Desvio Padrão	38,73
Coefficiente de Variação	0,83
Mediana	36,54
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	100



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

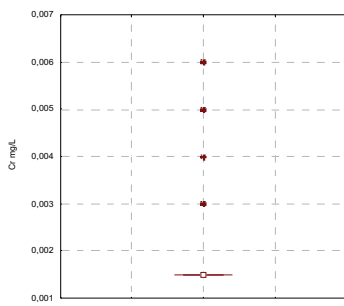
Captação em drenagem Cr (mg/L)

- < 0,003
- 0,003 - 0,005
- > 0,005

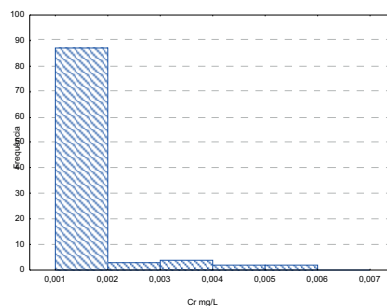
Captação em poço Cr (mg/L)

- < 0,002
- 0,002 - 0,004
- > 0,004

Captação em drenagem

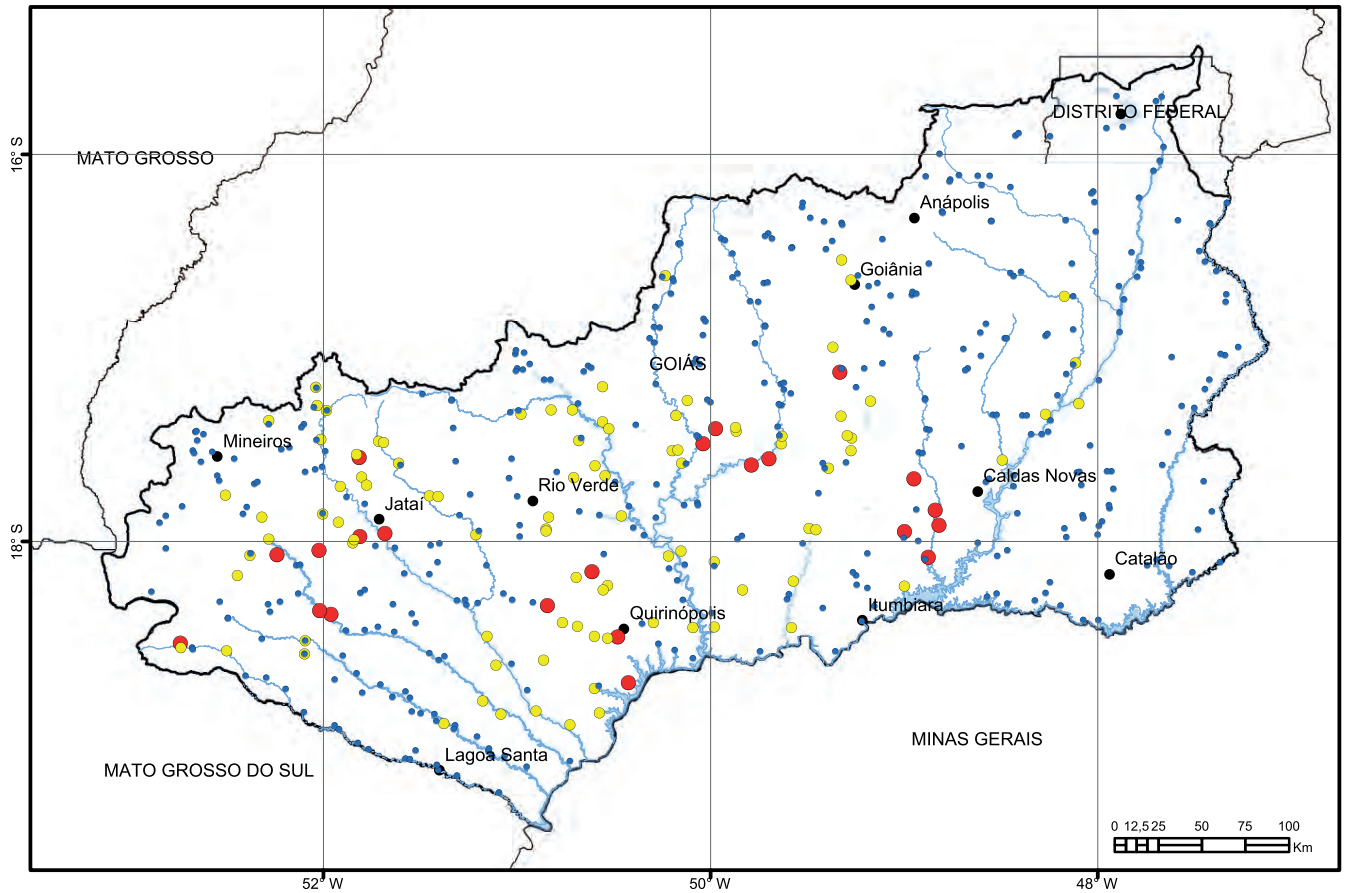


Median = 0,0015
 25%-75% = (0,0015, 0,0015)
 Non-Outlier Range = (0,0015, 0,0015)
 Outliers
 Extremes



Estatística Descritiva

Elemento	Cr (mg/L)
Limite de Quantificação	0,003
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	14
Valor Médio	0,002
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,006
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,001
Coefficiente de Variação	50,867
Mediana	0,0015
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	0,05

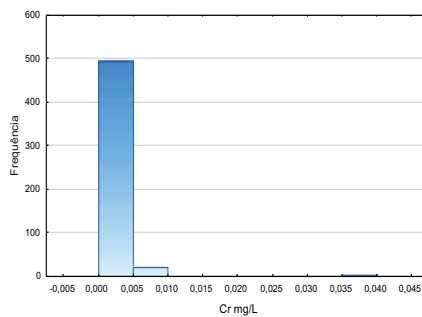
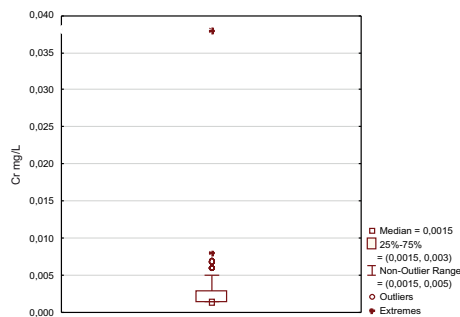


Legenda

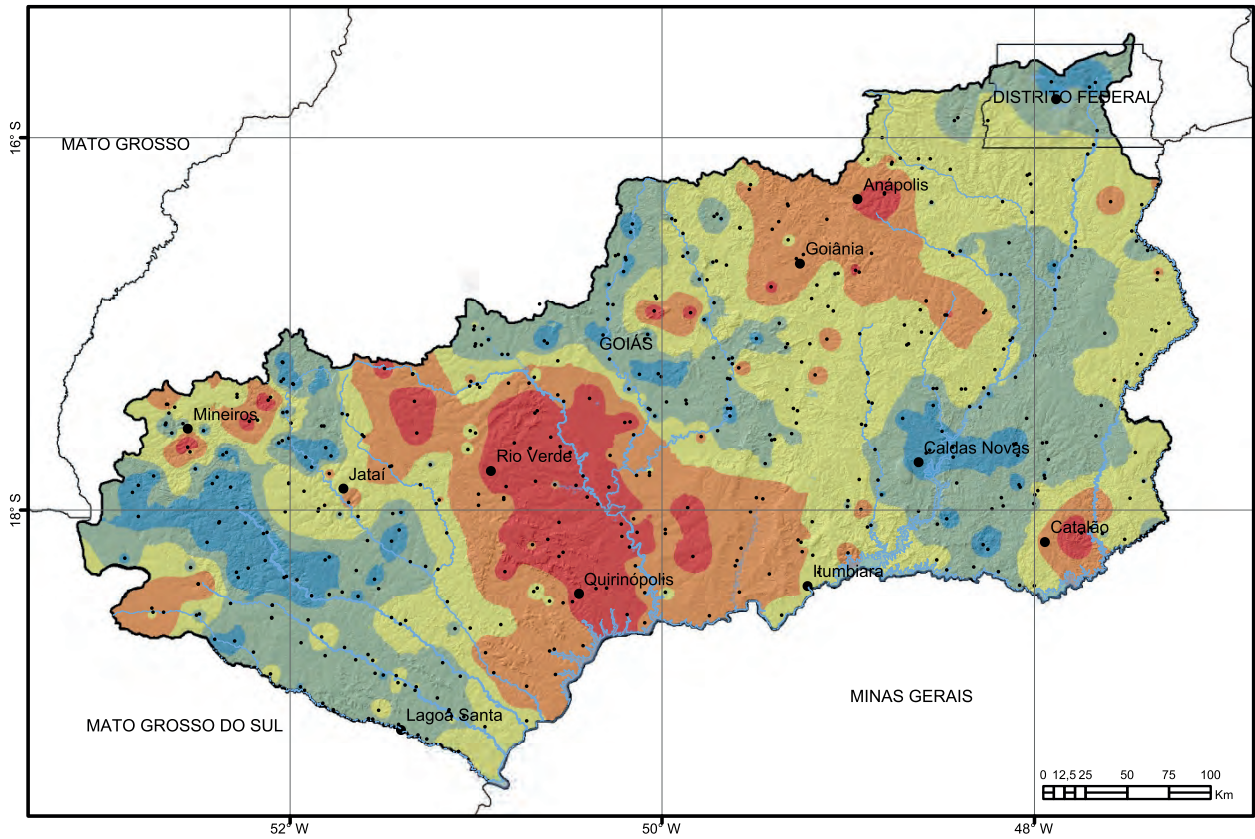
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Cr (mg/L)

- < 0,003
- 0,003 - 0,005
- > 0,005



Estatística Descritiva	
Elemento	Cr (mg/L)
Limite de Quantificação	0,003
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	210
Valor Médio	0,003
Valor Mínimo	0,003
Valor Máximo	0,038
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,002
Coefficiente de Variação	81,672
Mediana	0,0015
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,05

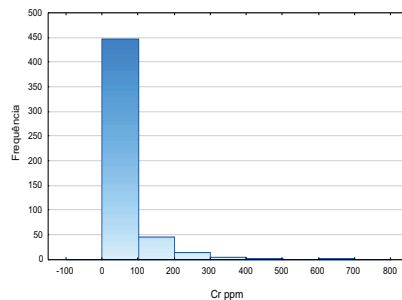
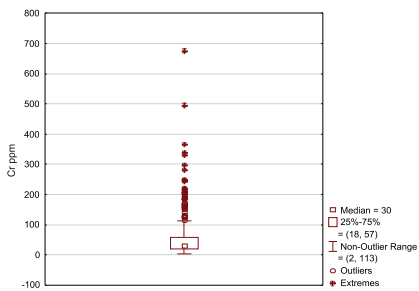


Legenda

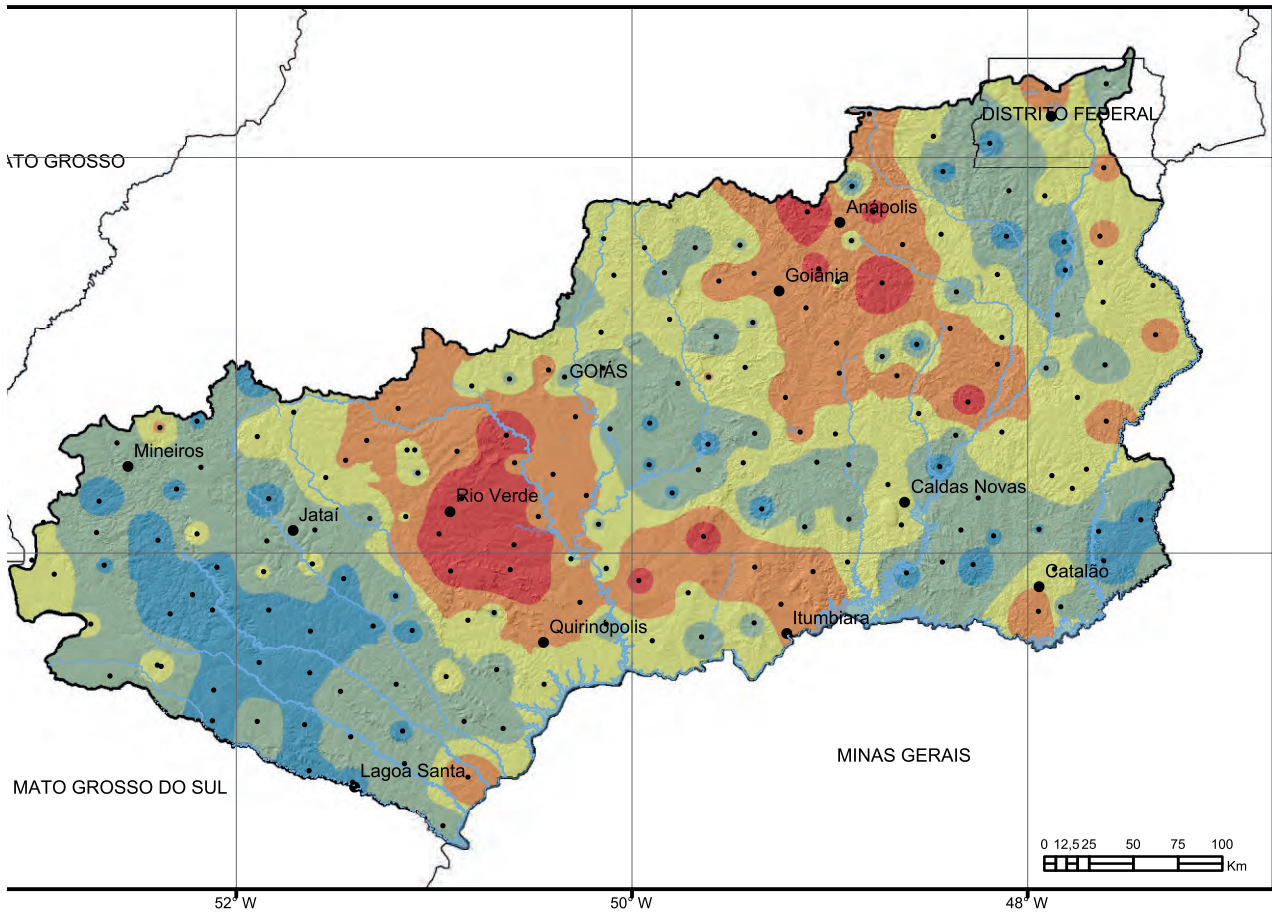
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Cr (ppm)

- < 18,0
- 18,0 - 30,0
- 30,0 - 57,0
- 57,0 - 113,0
- > 113,0



Estatística Descritiva	
Elemento	Cr (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	51,483
Valor Mínimo	2,00
Valor Máximo	676,00
Variância	4018,80
Desvio Padrão	63,394
Coefficiente de Variação	123,135
Mediana	30,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	37,3
Valor de Prevenção NOAA SQRT	37,3

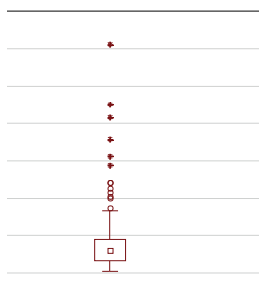


Legenda

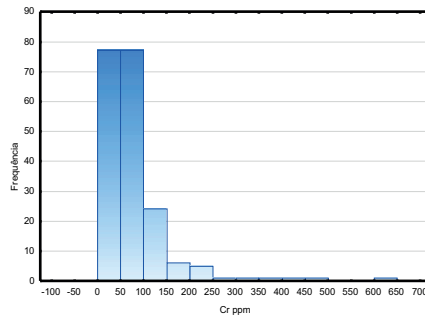
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Cr (ppm)

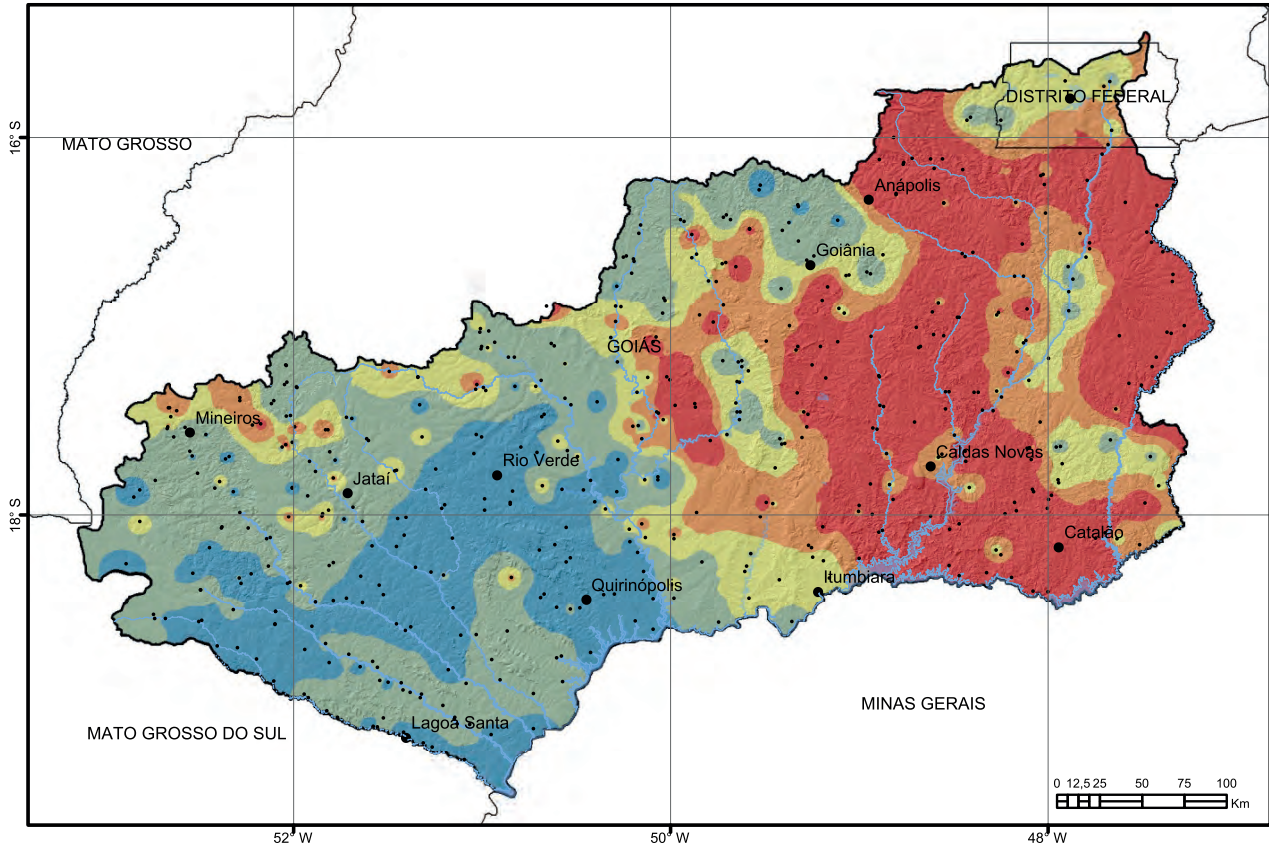
- < 33
- 33 - 60
- 60 - 89
- 89 - 166
- > 166



□ Median = 60
 □ 25%-75% = (33, 89)
 I Non-Outlier Range = (3, 166)
 ○ Outliers
 * Extremes



Estatística Descritiva	
Elemento	Cr (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	77,49
Valor Mínimo	3,00
Valor Máximo	612,00
Variância	5898,43
Desvio Padrão	76,80
Coefficiente de Variação	99,10
Mediana	60,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	75
Valor de Prevenção NOAA SQRT	0,38

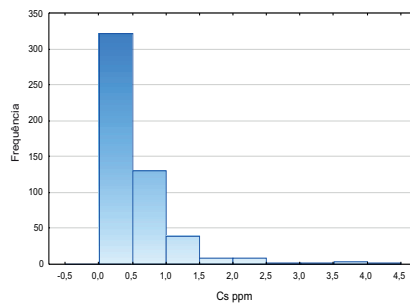
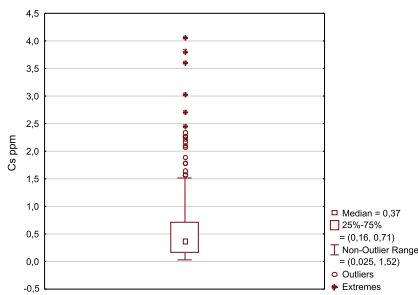


Legenda

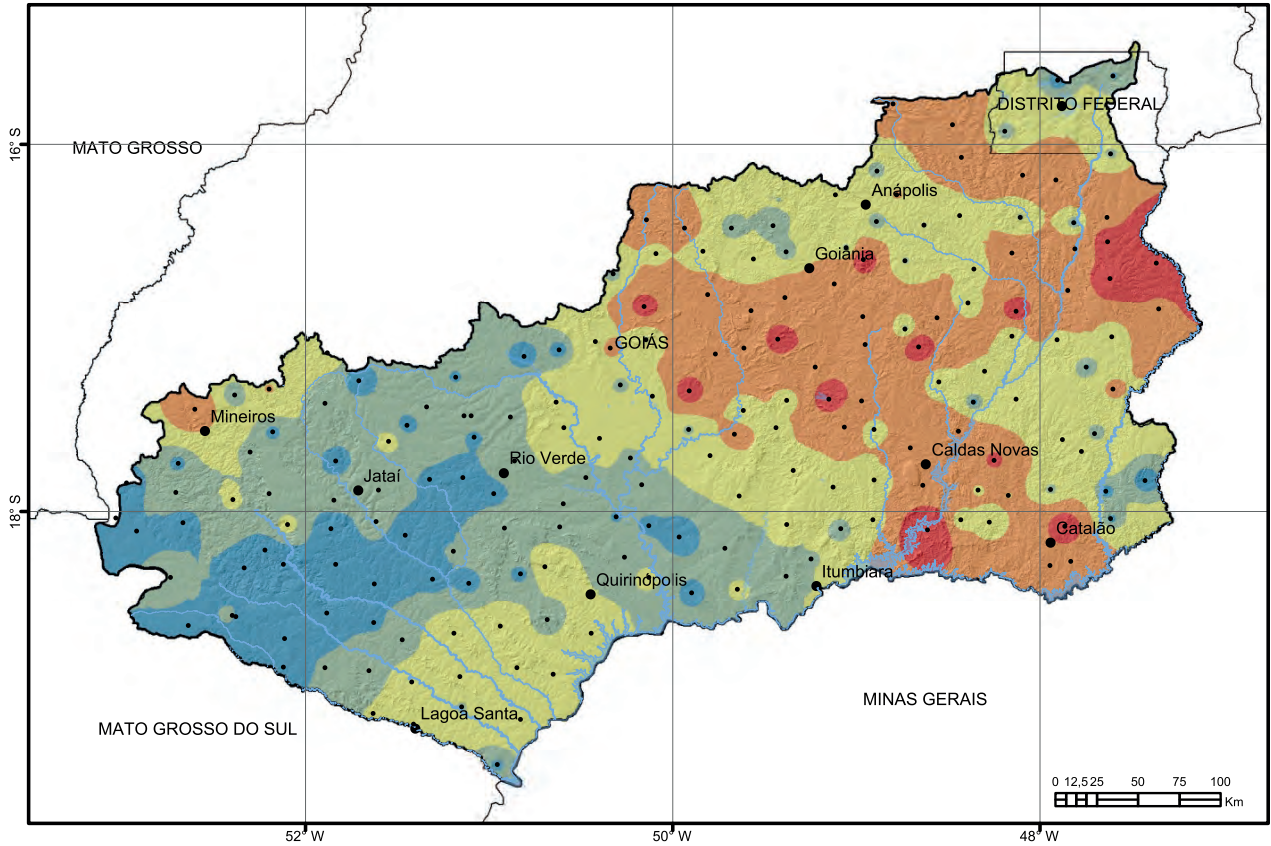
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Cs (ppm)

- < 0,16
- 0,16 - 0,37
- 0,37 - 0,52
- 0,52 - 0,71
- > 0,71



Estatística Descritiva	
Elemento	Cs (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	458
Valor Médio	0,504
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	4,06
Variância	0,30
Desvio Padrão	0,524
Coefficiente de Variação	104,065
Mediana	0,37
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—

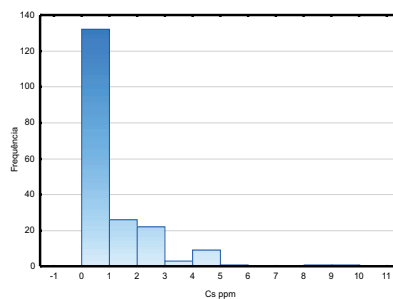
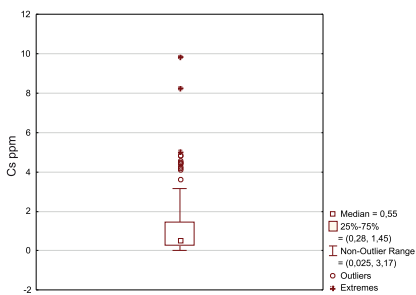


Legenda

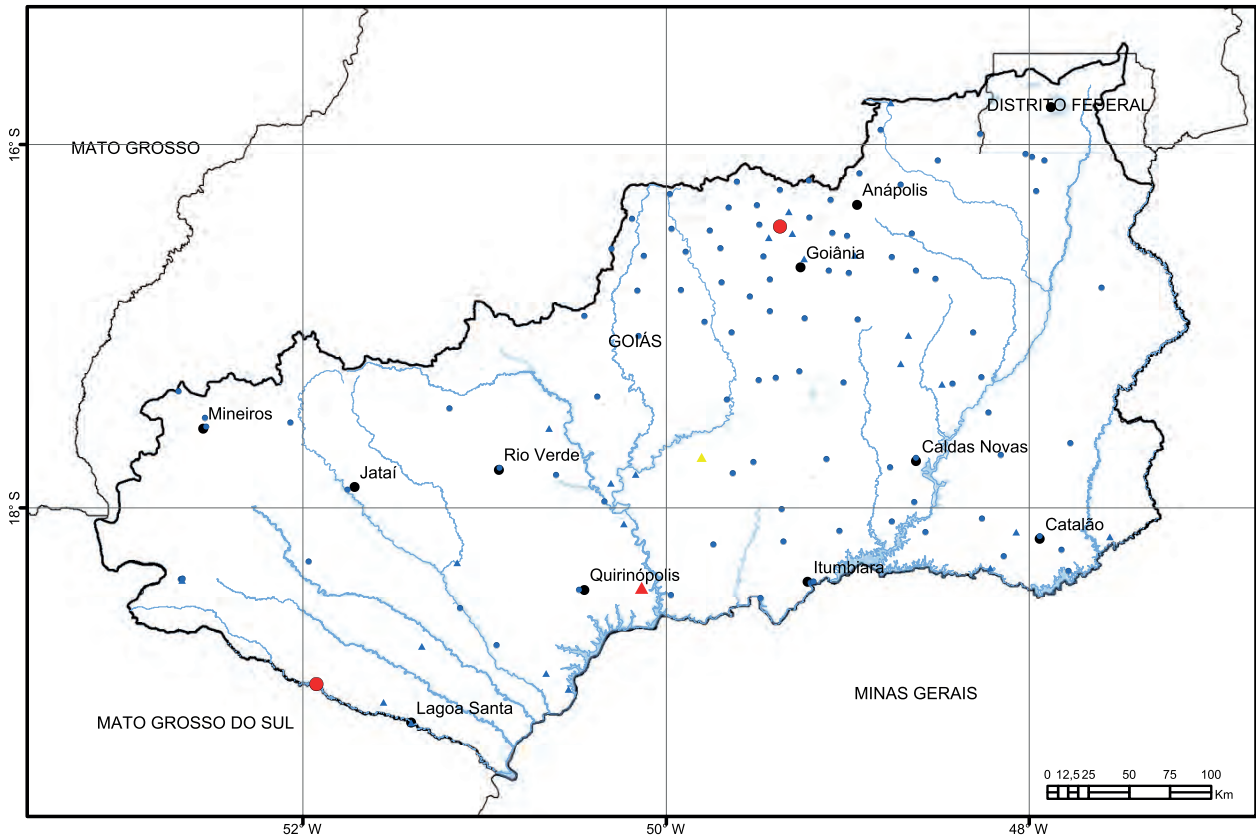
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Cs (ppm)

- < 0,28
- 0,28 - 0,55
- 0,55 - 1,45
- 1,45 - 3,17
- > 3,17



Estatística Descritiva	
Elemento	Cs (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	194
Valor Médio	1,14
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	9,85
Variância	1,96
Desvio Padrão	1,40
Coefficiente de Variação	122,94
Mediana	0,55
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	–
Valor de Prevenção NOAA SQRT	–



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

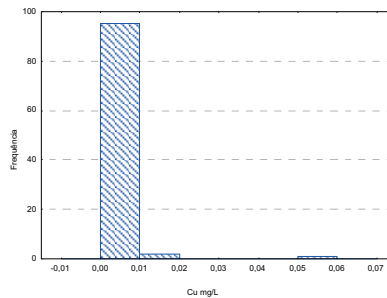
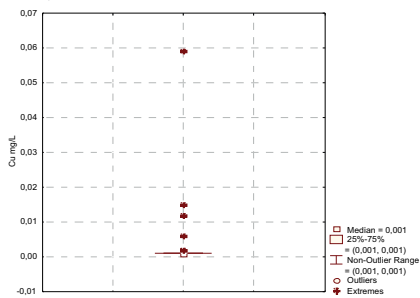
**Captação em drenagem
Cu (mg/L)**

- < 0,012
- > 0,012

**Captação em poço
Cu (mg/L)**

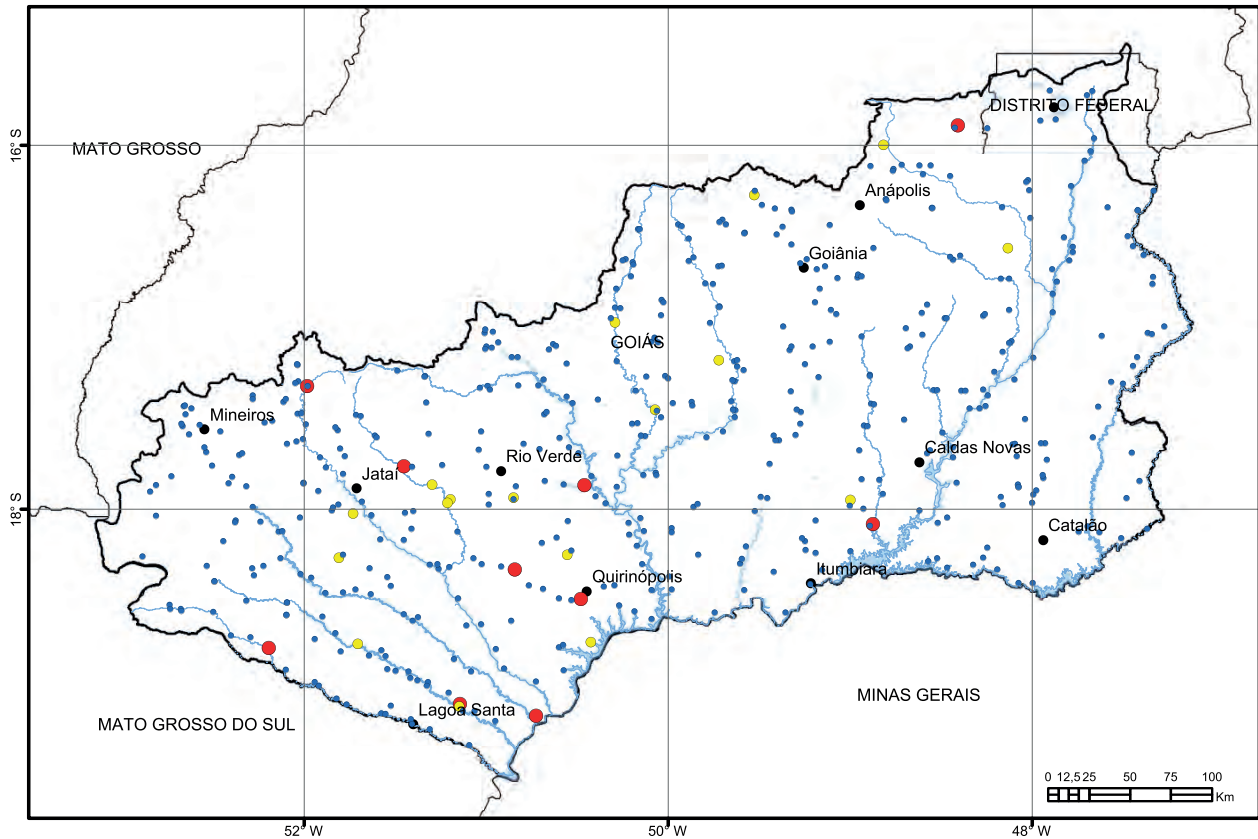
- < 0,004
- 0,004 - 0,013
- > 0,013

Captação em drenagem



Estatística Descritiva

Elemento	Cu (mg/L)
Limite de Quantificação	0,002
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	15
Valor Médio	0,002
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	0,059
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,006
Coefficiente de Variação	277,804
Mediana	0,001
Valor de prevenção Port. MS 2914/2011	2

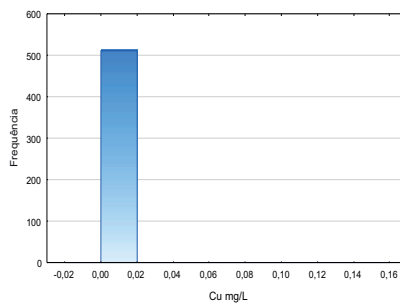
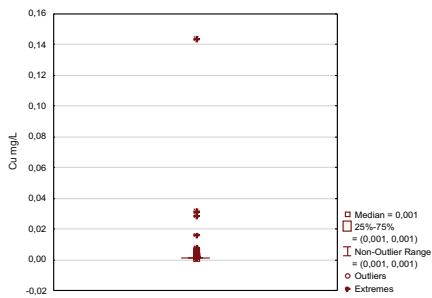


Legenda

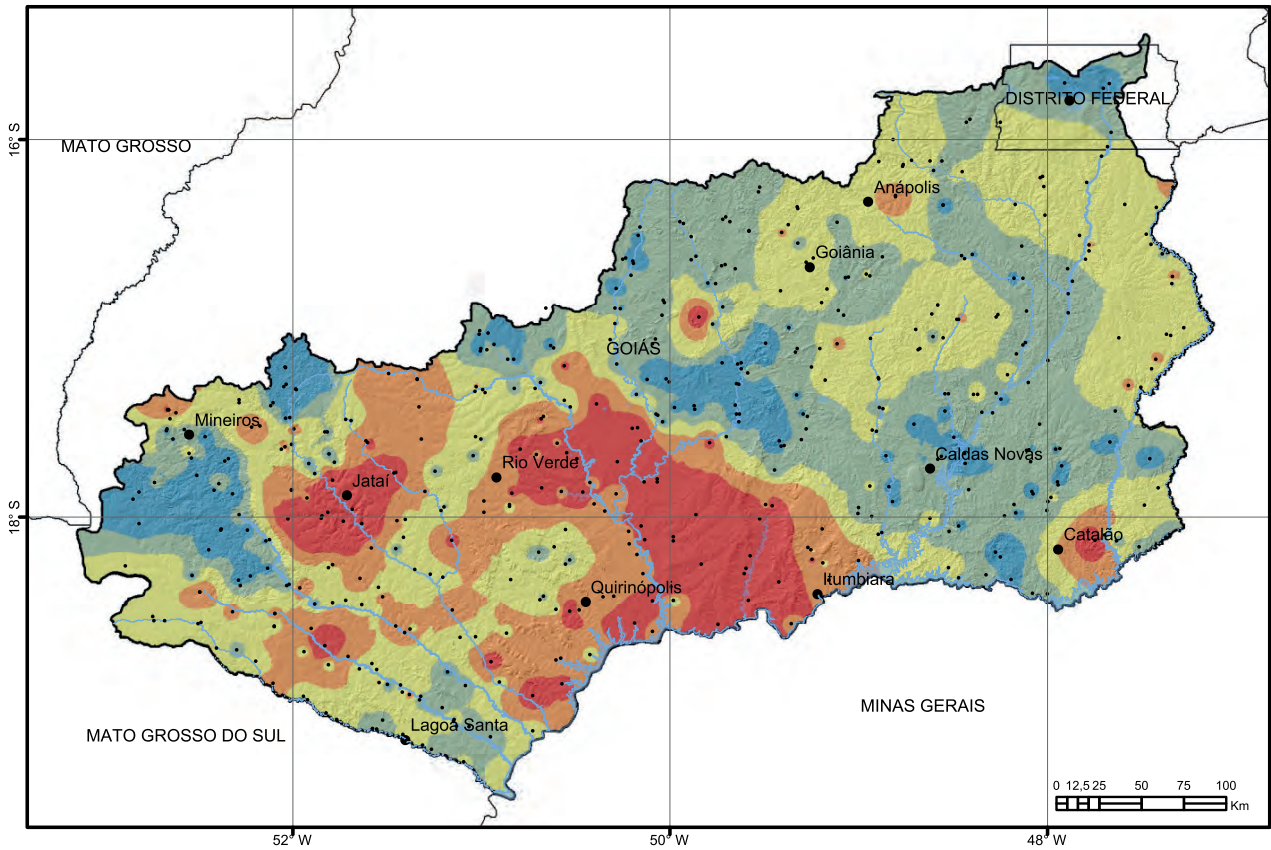
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Cu (mg/L)

- < 0,003
- 0,003 - 0,005
- > 0,005



Estatística Descritiva	
Elemento	Cu (mg/L)
Limite de Quantificação	0,002
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	101
Valor Médio	0,002
Valor Mínimo	0,002
Valor Máximo	0,144
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,007
Coefficiente de Variação	370,302
Mediana	0,001
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,009

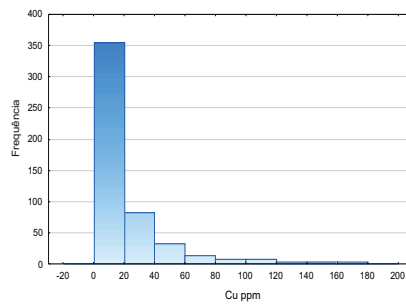
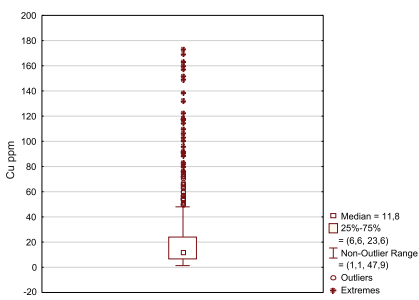


Legenda

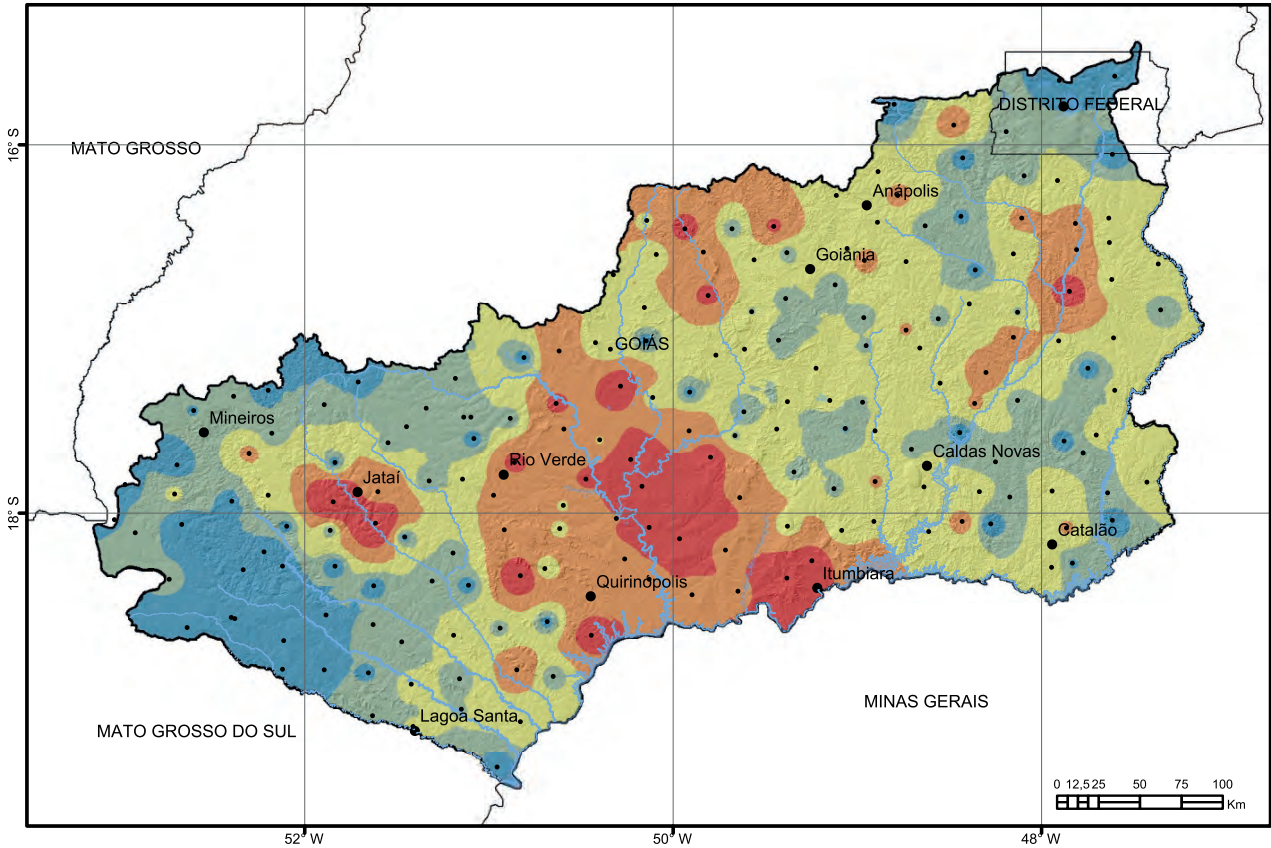
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Cu (ppm)

- < 6,6
- 6,6 - 11,8
- 11,8- 23,6
- 23,6 - 47,9
- > 47,9



Estatística Descritiva	
Elemento	Cu (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	21,963
Valor Mínimo	1,10
Valor Máximo	173,80
Variância	784,30
Desvio Padrão	28,005
Coefficiente de Variação	127,51
Mediana	11,80
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	35,7
Valor de Prevenção NOAA SQRT	35,7

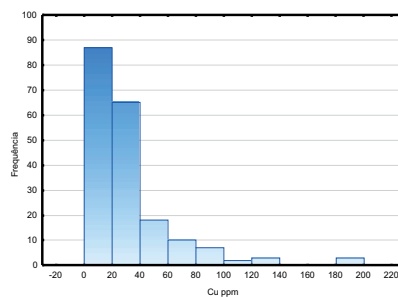
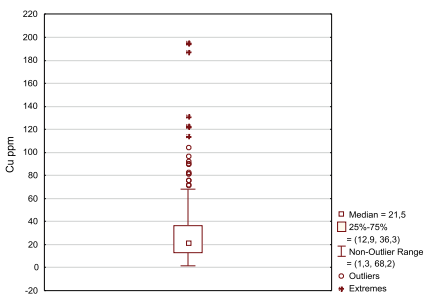


Legenda

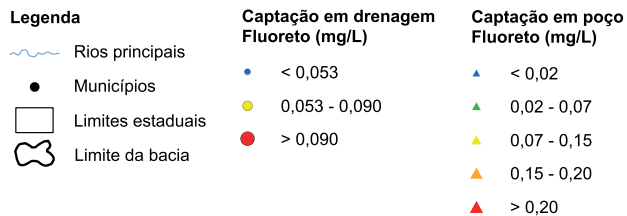
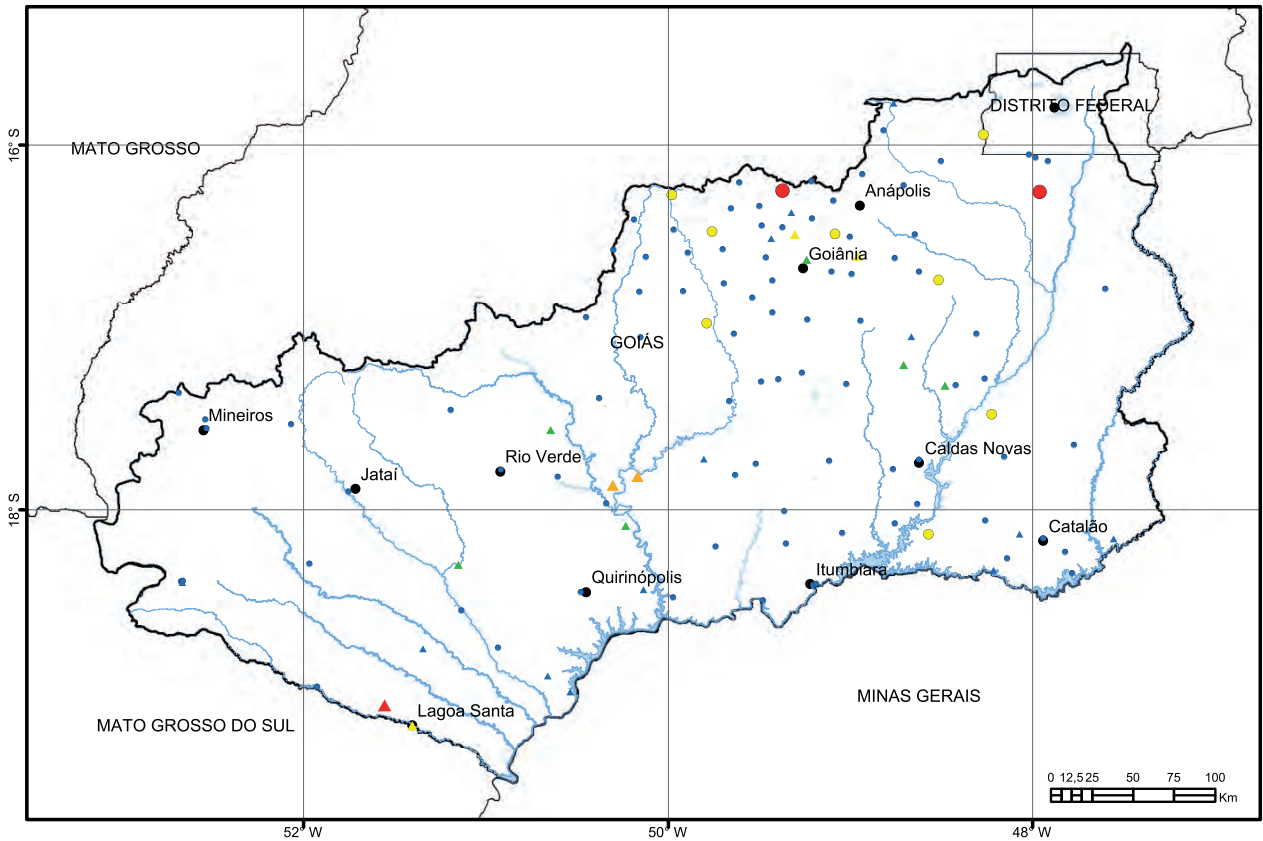
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Cu (ppm)

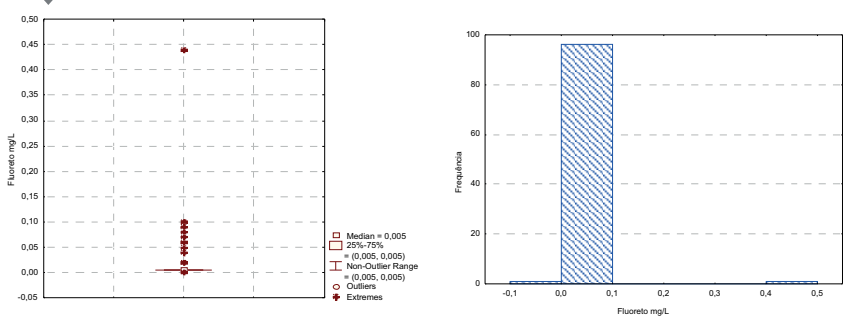
- < 12,9
- 12,9 - 21,5
- 21,5 - 36,3
- 36,3 - 68,2
- > 68,2



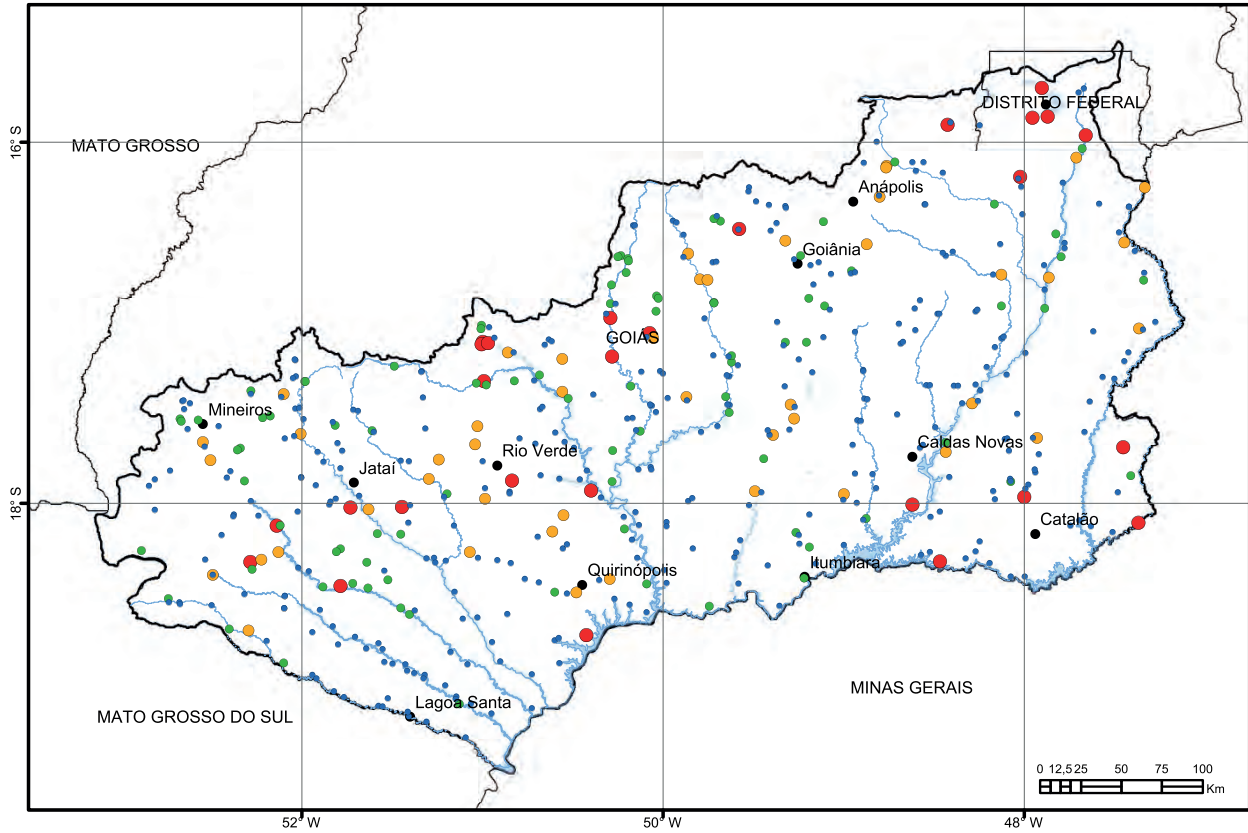
Estatística Descritiva	
Elemento	Cu (ppm)
Limite de Detecção	0,50
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	31,41
Valor Mínimo	1,30
Valor Máximo	195,20
Variância	1013,88
Desvio Padrão	31,84
Coefficiente de Variação	101,37
Mediana	21,50
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	60
Valor de Prevenção NOAA SQRT	3,4



Captção em drenagem



Estatística Descritiva	
Elemento	Fluoreto (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	30
Valor Médio	0,025
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,44
Variância	0,003
Desvio Padrão	0,055
Coefficiente de Variação	217,151
Mediana	0,005
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	1,5

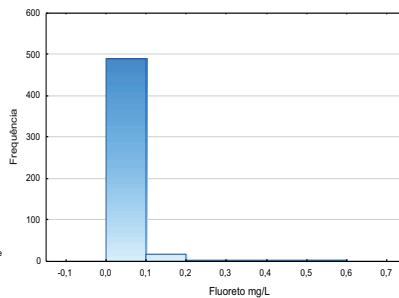
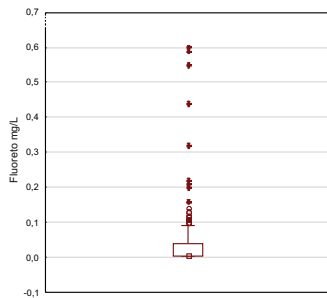


Legenda

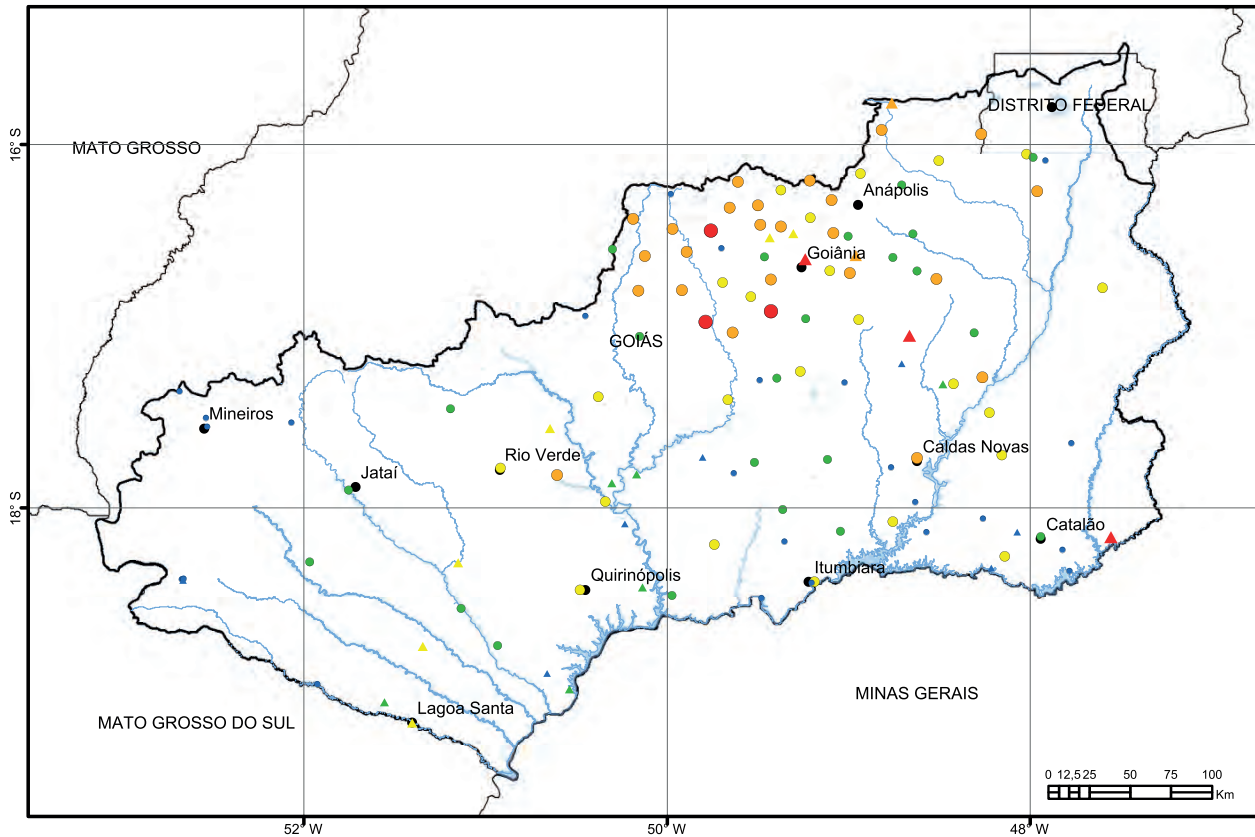
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Fluoreto (mg/L)

- < 0,01
- 0,01 - 0,05
- 0,05 - 0,09
- > 0,09



Estatística Descritiva	
Elemento	Fluoreto (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	511
Result > Lim Quantif	162
Valor Médio	0,027
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,60
Variância	0,003
Desvio Padrão	0,058
Coefficiente de Variação	216,78
Mediana	0,005
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	1,4



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

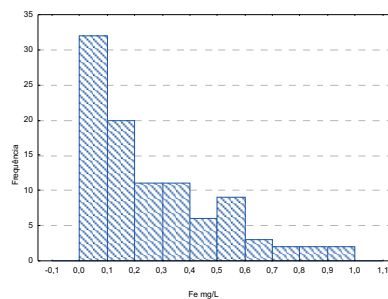
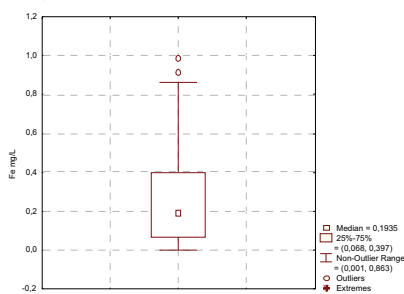
**Captação em drenagem
Fe (mg/L)**

- < 0,068
- 0,068 - 0,19
- 0,19 - 0,39
- 0,39 - 0,86
- > 0,86

**Captação em poço
Fe (mg/L)**

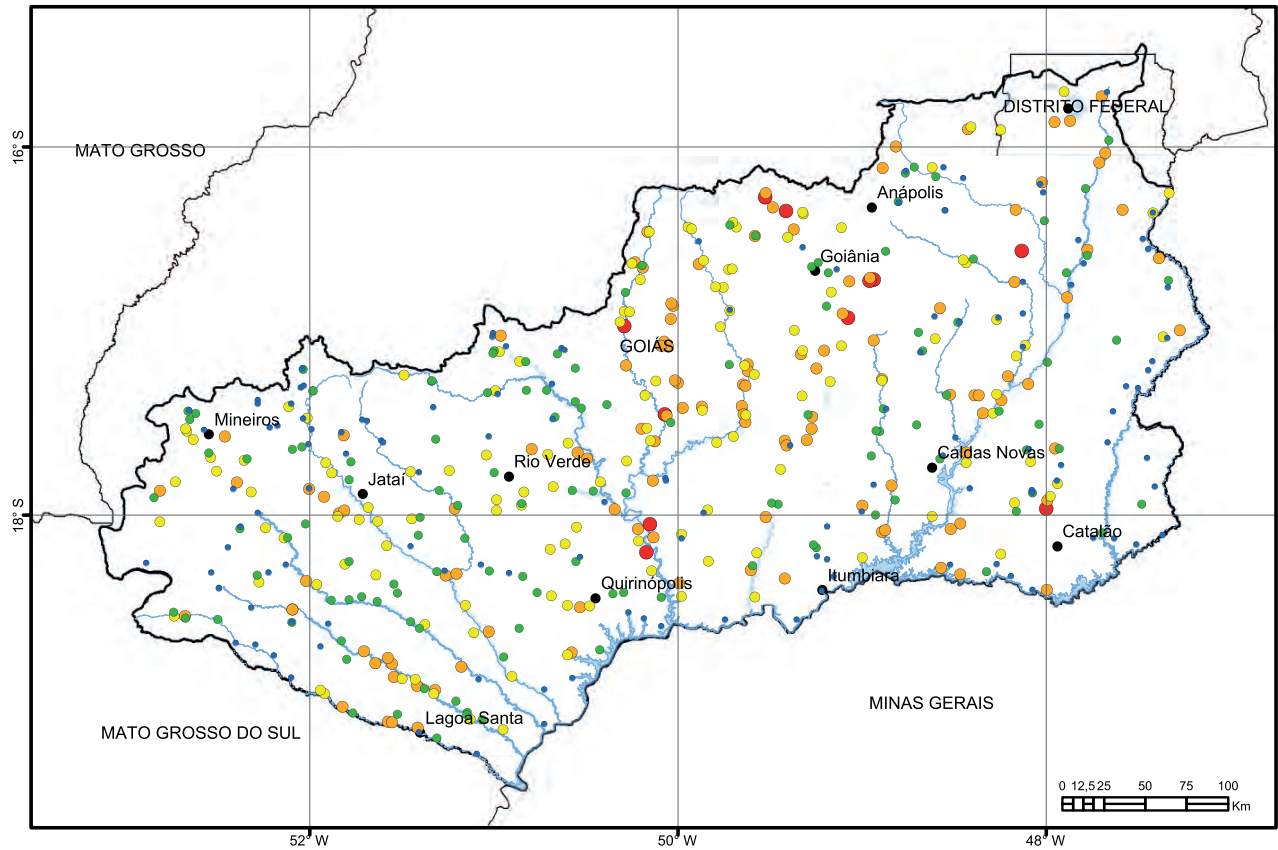
- < 0,014
- 0,014 - 0,042
- 0,042 - 0,094
- 0,094 - 0,195
- > 0,195

Captação em drenagem



Estatística Descritiva

Elemento	Fe (mg/L)
Limite de Quantificação	0,002
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	105
Valor Médio	0,239
Valor Mínimo	0,002
Valor Máximo	2,13
Variância	0,082
Desvio Padrão	0,286
Coefficiente de Variação	119,811
Mediana	0,19
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	0,3

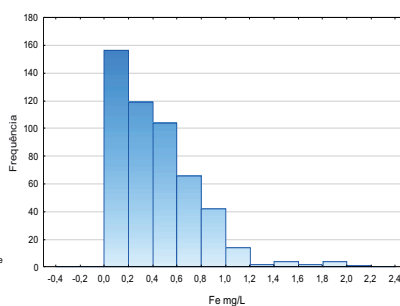
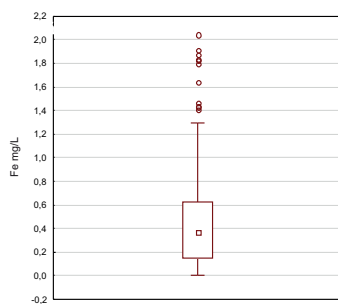


Legenda

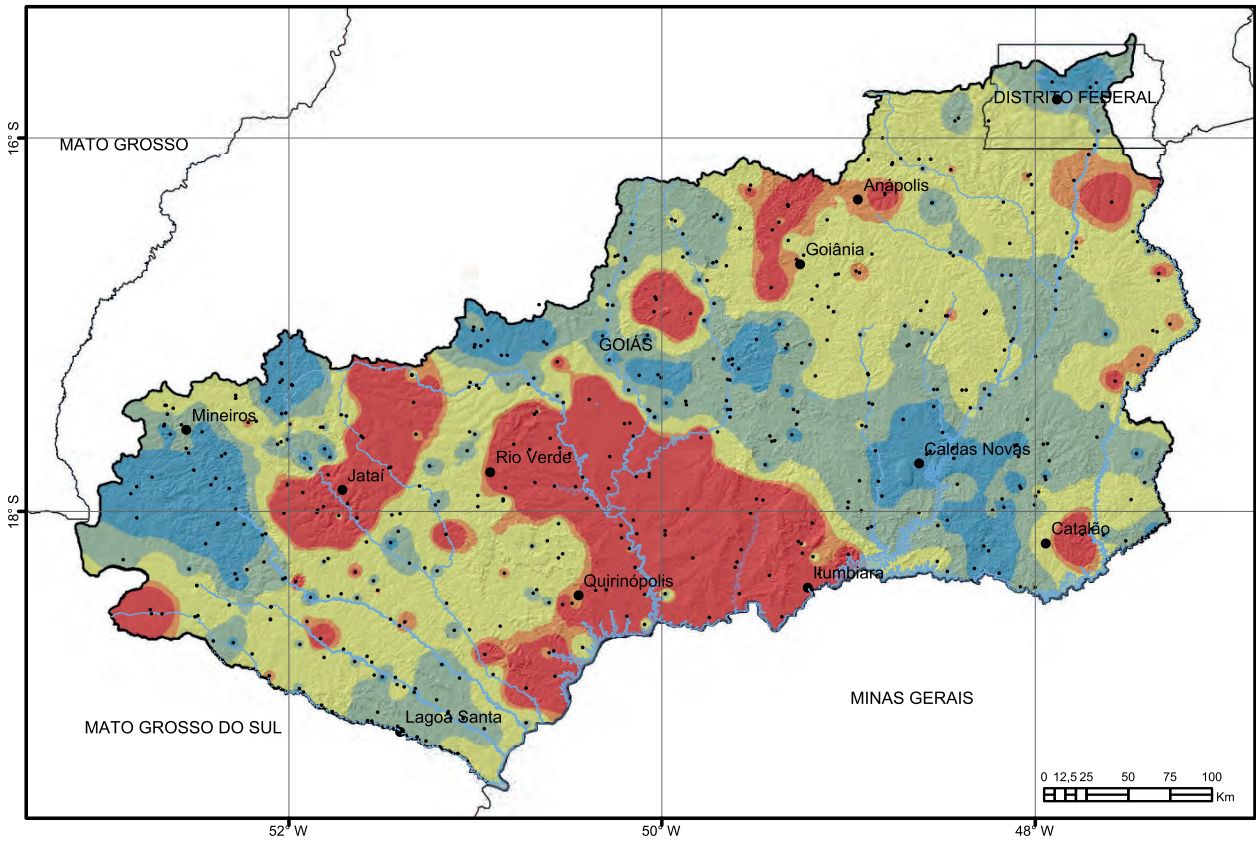
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Fe (mg/L)

- < 0,14
- 0,14 - 0,37
- 0,37 - 0,62
- 0,62 - 1,29
- > 1,29



Estatística Descritiva	
Elemento	Fe (mg/L)
Limite de Quantificação	0,002
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	434
Valor Médio	0,422
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	2,04
Variância	0,128
Desvio Padrão	0,357
Coefficiente de Variação	84,634
Mediana	0,374
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,3

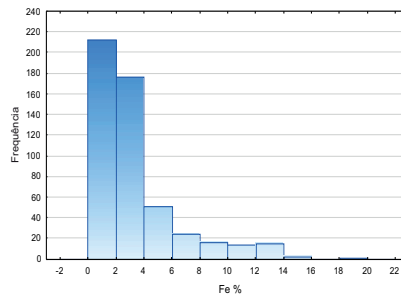
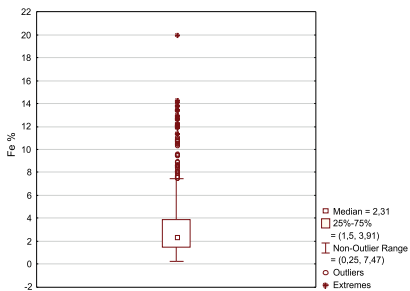


Legenda

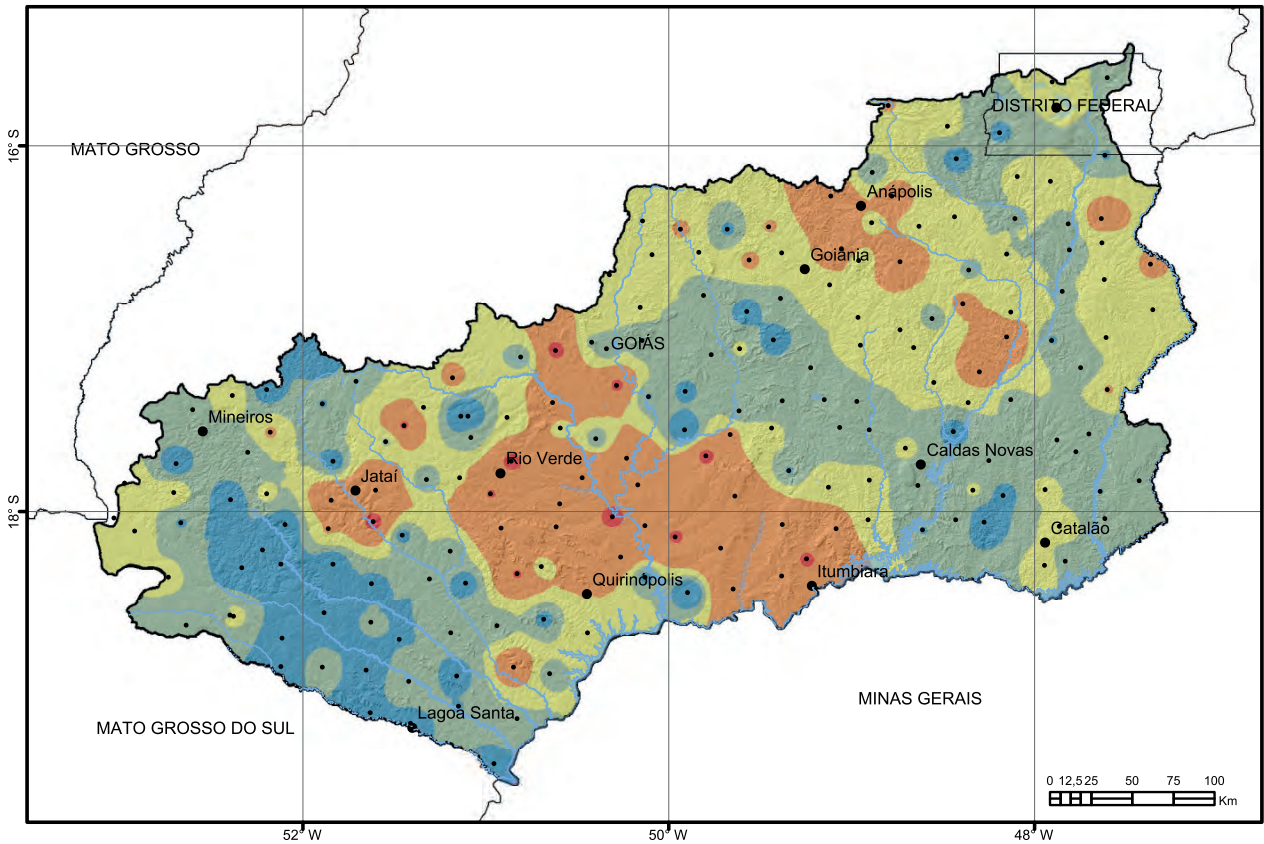
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Fe (%)

- < 1,5
- 1,5 - 2,31
- 2,31 - 3,91
- 3,91 - 4,47
- > 4,47

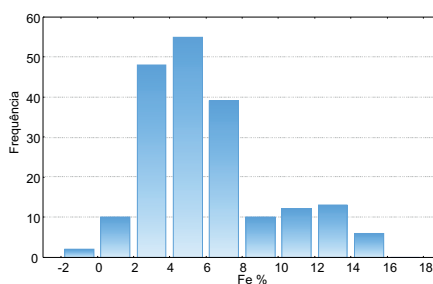
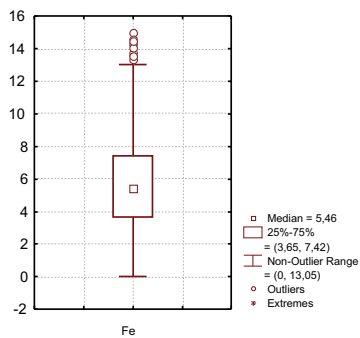


Estatística Descritiva	
Elemento	Fe (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	3,367
Valor Mínimo	0,25
Valor Máximo	20,00
Variância	8,90
Desvio Padrão	2,988
Coefficiente de Variação	88,754
Mediana	2,31
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	2

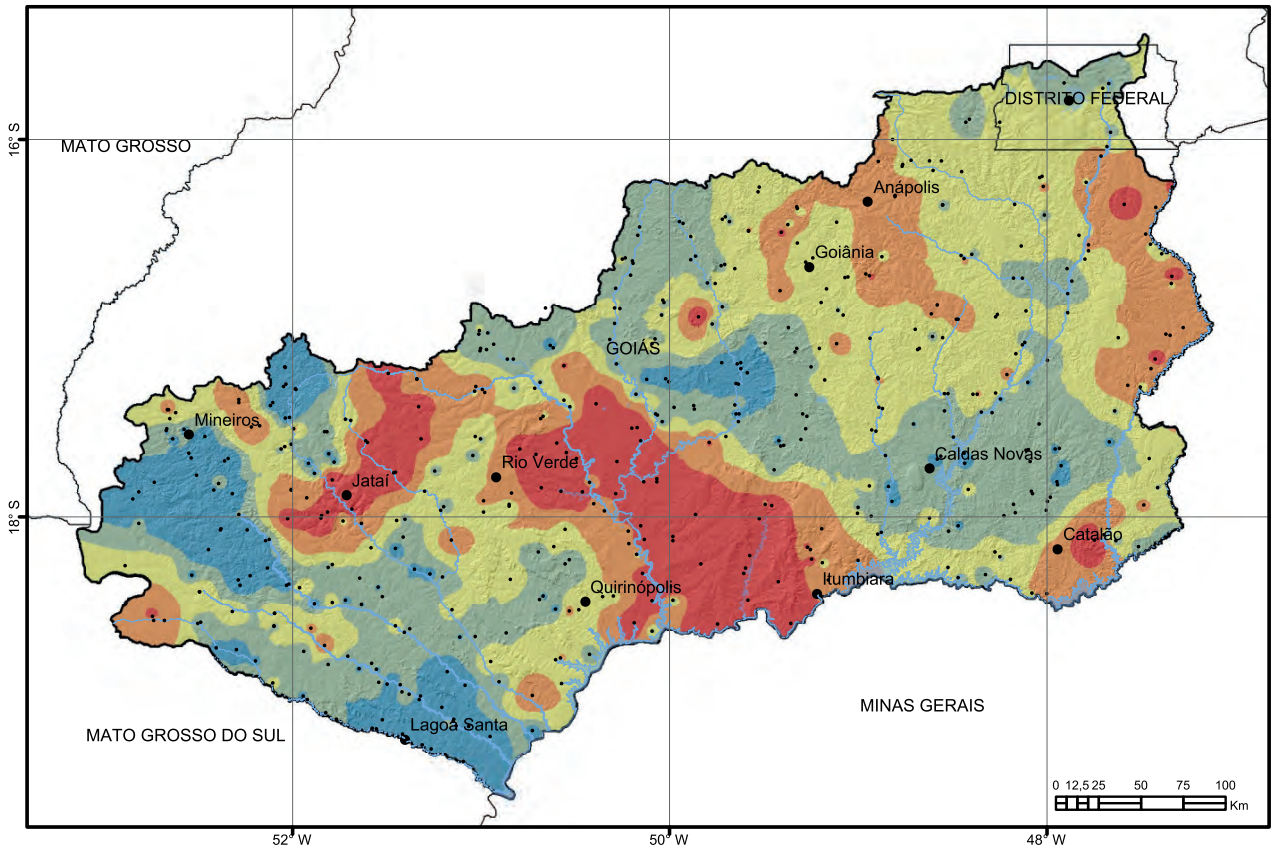


Legenda

- Pontos de coleta
 - ~ Rios principais
 - Municípios
 - Limites estaduais
 - ⊂ Limite da bacia
- | Fe (%) | |
|--------|--------------|
| | < 3,65 |
| | 3,65 - 5,46 |
| | 5,46 - 7,42 |
| | 7,42 - 13,05 |
| | > 13,05 |



Estatística Descritiva	
Elemento	Fe (%)
Limite de Detecção	0,91
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	193
Valor Médio	6,15
Valor Mínimo	0,65
Valor Máximo	14,94
Variância	103,05
Desvio Padrão	3,37
Coefficiente de Variação	142,36
Mediana	5,47
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	

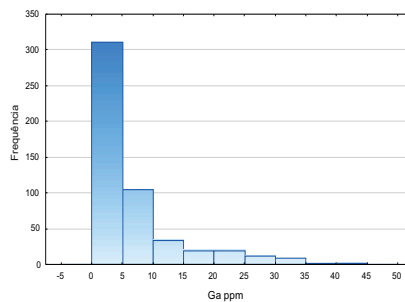
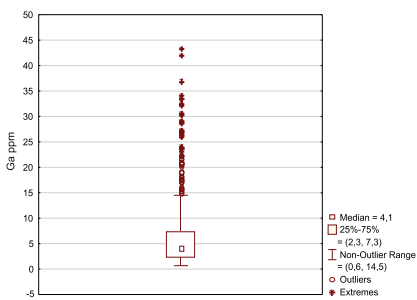


Legenda

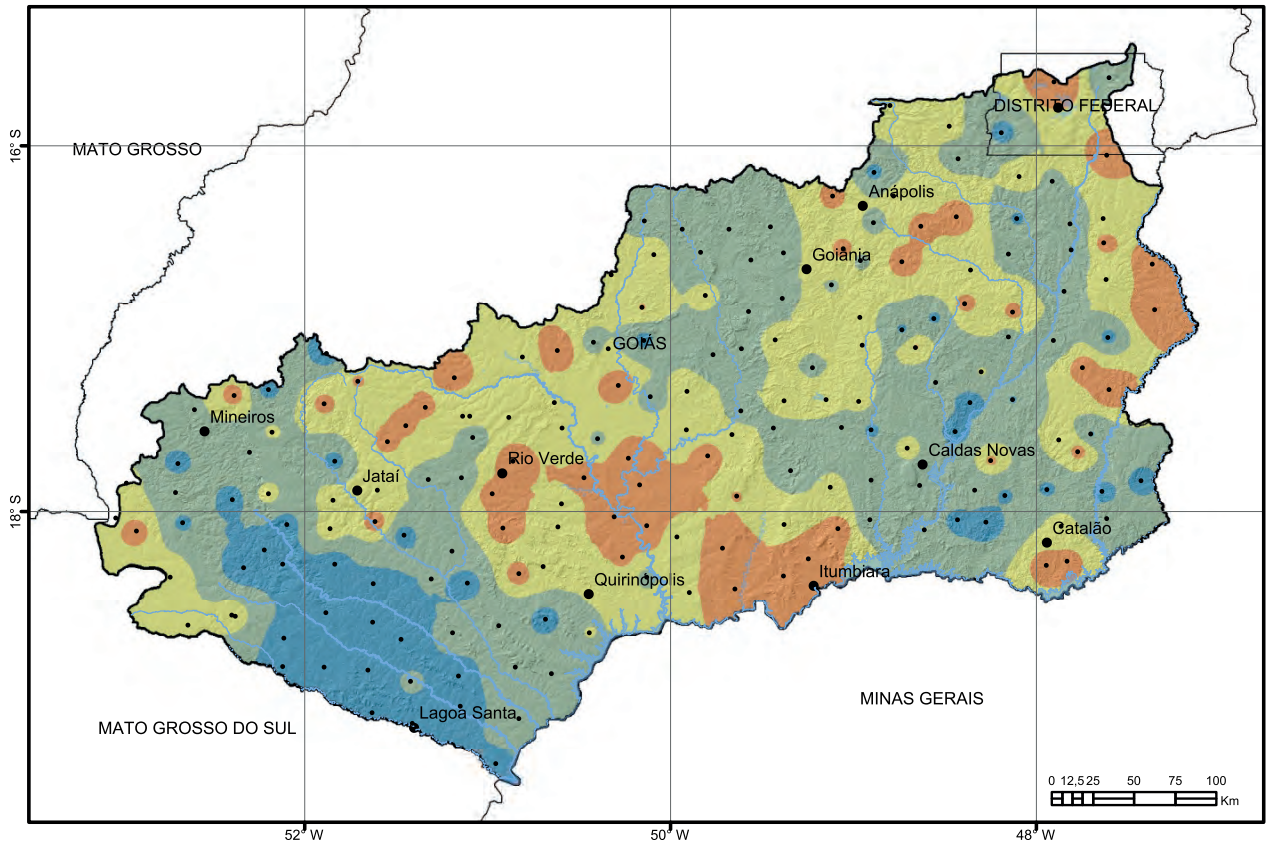
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Ga (ppm)

- < 2,3
- 2,3 - 4,1
- 4,1 - 7,3
- 7,3 - 14,5
- > 14,5



Estatística Descritiva	
Elemento	Ga (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	6,731
Valor Mínimo	0,60
Valor Máximo	43,40
Variância	53,50
Desvio Padrão	7,311
Coefficiente de Variação	108,614
Mediana	4,10
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

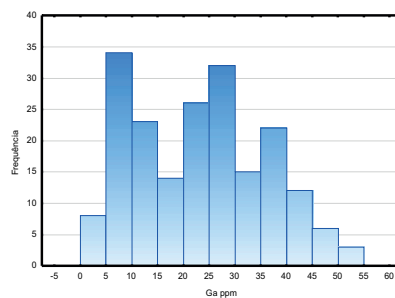
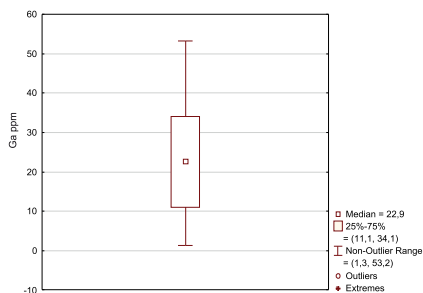


Legenda

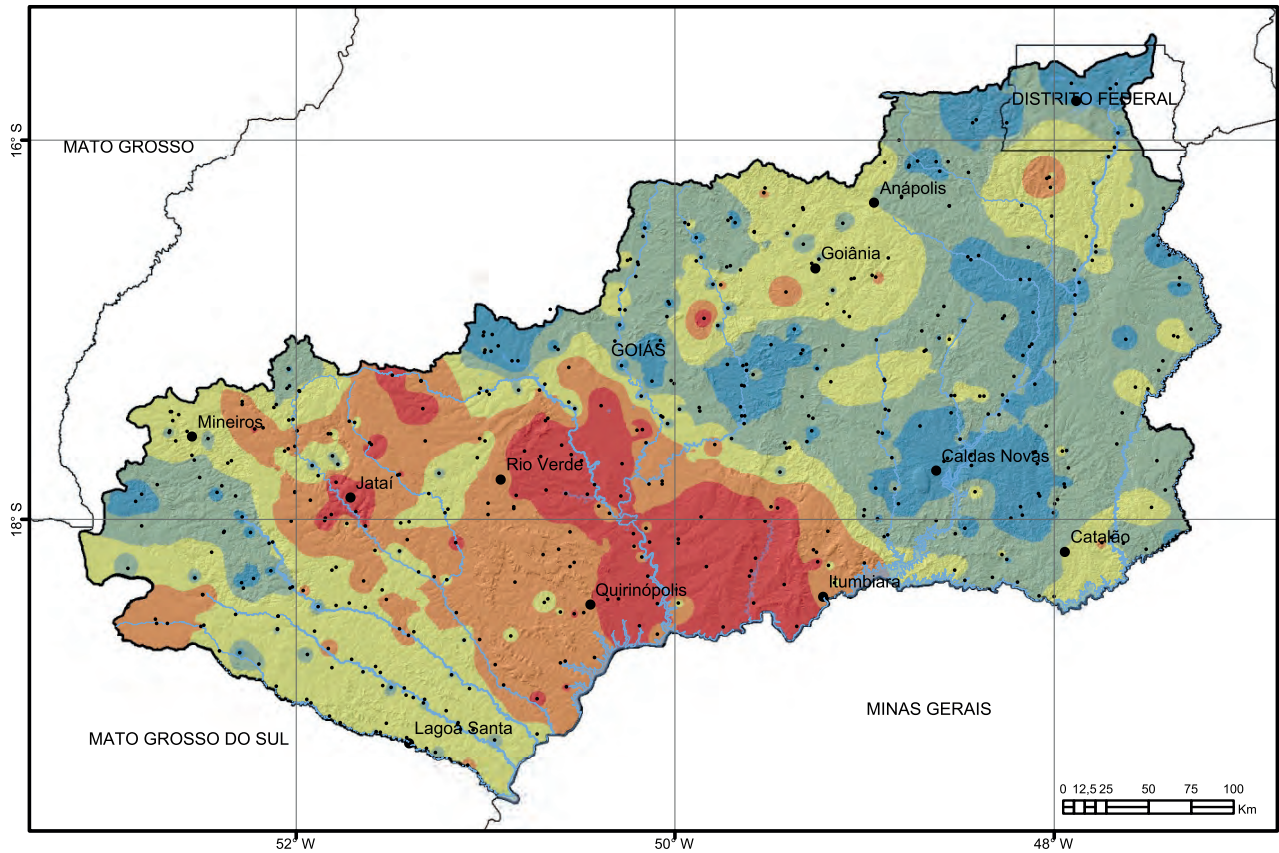
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Ga (ppm)

- < 11,1
- 11,1 - 23,4
- 23,4 - 34,1
- 34,1 - 53,0
- > 53,0



Estatística Descritiva	
Elemento	Ga (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	23,14
Valor Mínimo	1,30
Valor Máximo	53,20
Variância	162,14
Desvio Padrão	12,73
Coefficiente de Variação	55,01
Mediana	22,90
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

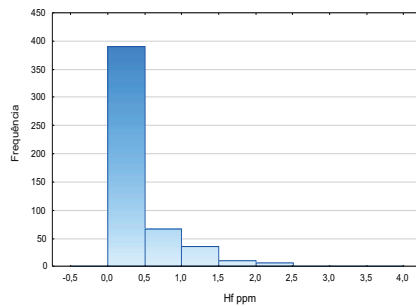
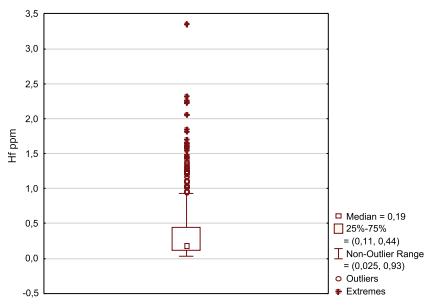


Legenda

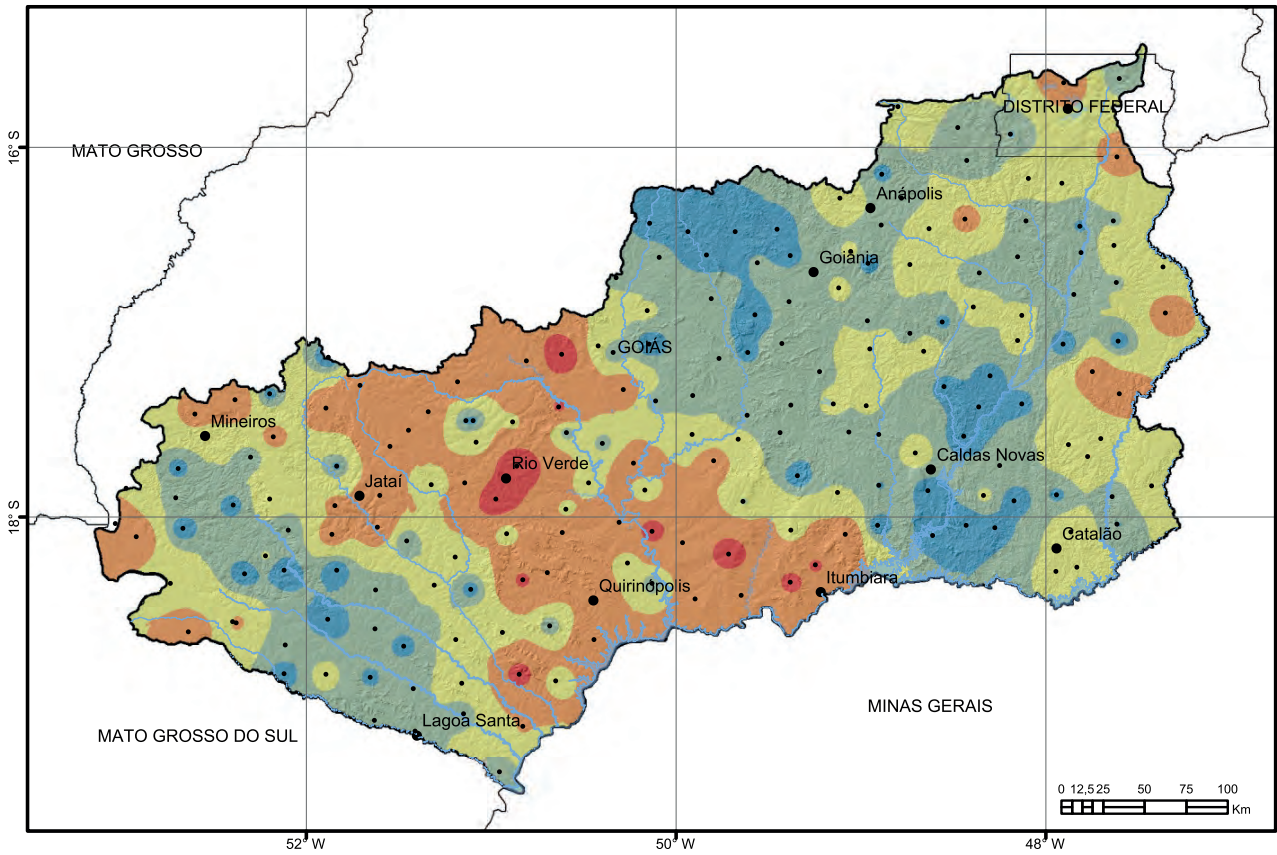
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Hf (ppm)

- < 0,11
- 0,11 - 0,19
- 0,19 - 0,44
- 0,44 - 0,93
- > 0,93



Estatística Descritiva	
Elemento	Hf (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	490
Valor Médio	0,374
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	3,35
Variância	0,20
Desvio Padrão	0,443
Coefficiente de Variação	118,235
Mediana	0,19
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

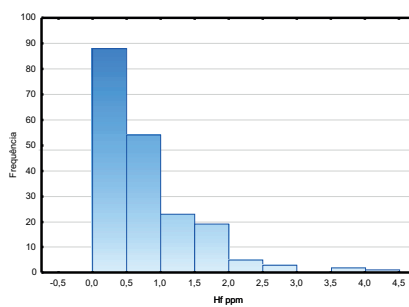
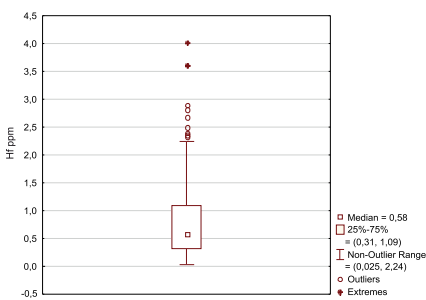


Legenda

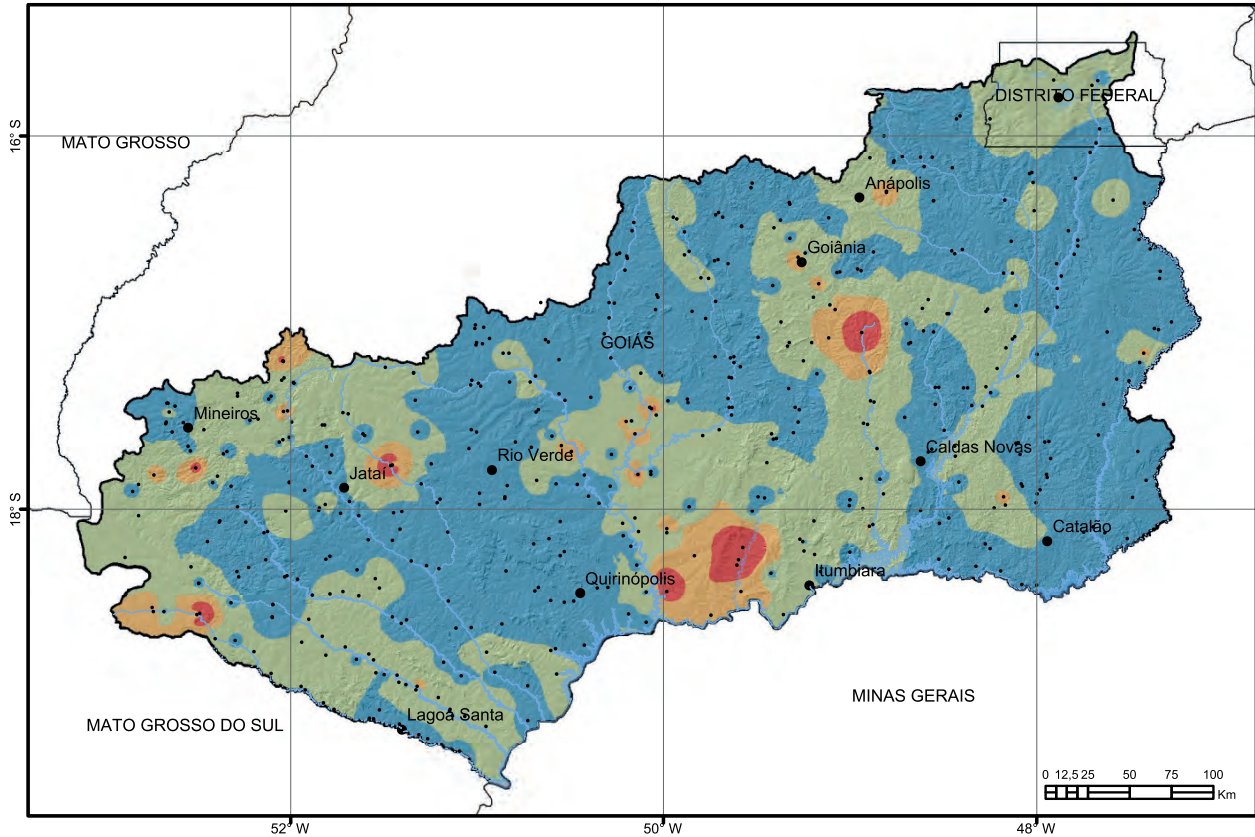
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Hf (ppm)

- < 0,31
- 0,31 - 0,58
- 0,58 - 1,09
- 1,09 - 2,24
- > 2,24



Estatística Descritiva	
Elemento	Hf (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	194
Valor Médio	0,80
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	4,01
Variância	0,49
Desvio Padrão	0,70
Coefficiente de Variação	87,44
Mediana	0,58
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

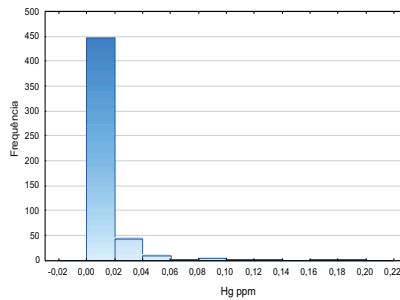
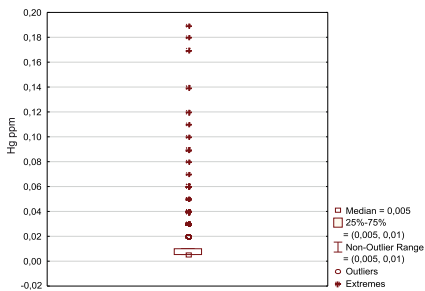


Legenda

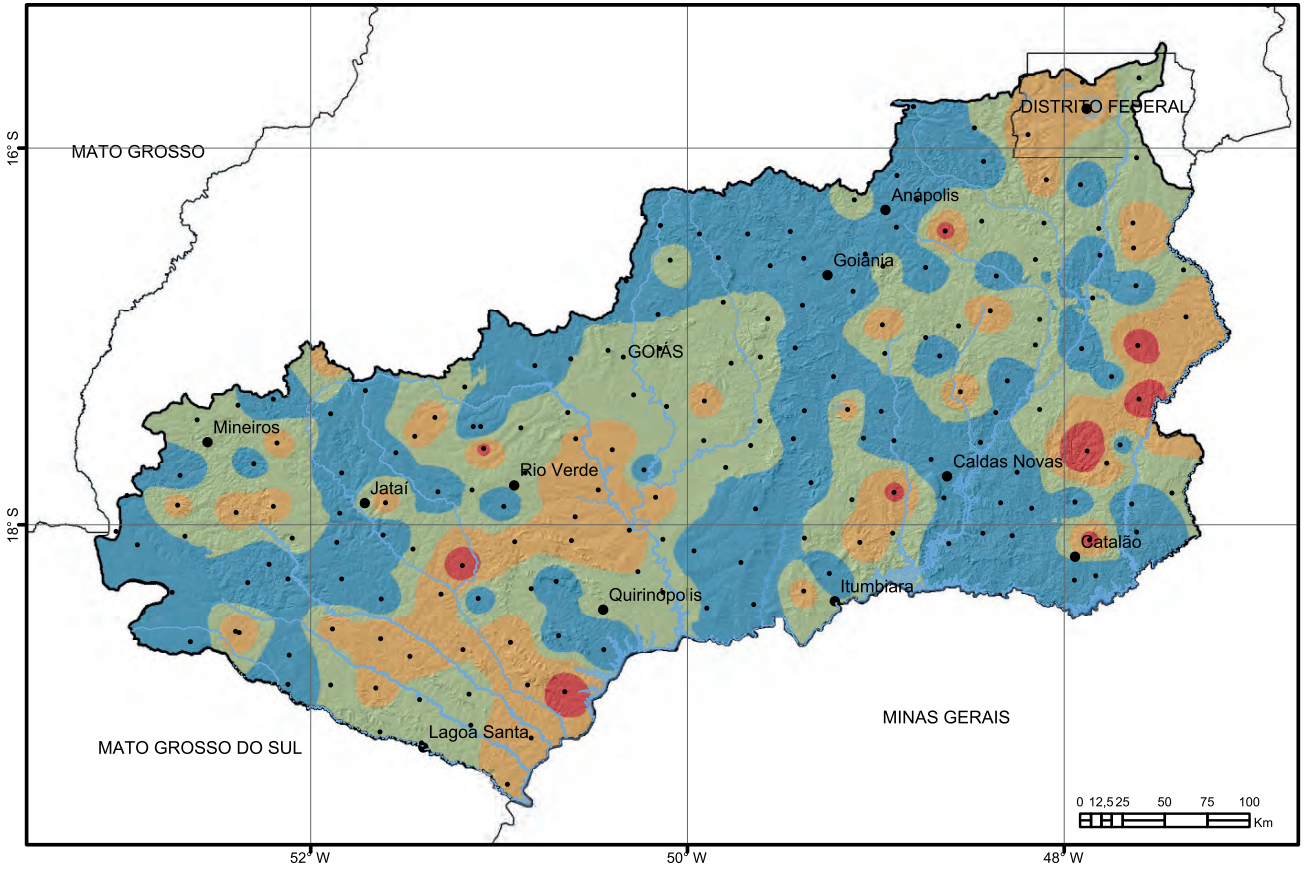
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Hg (ppm)

- < 0,01
- 0,01 - 0,03
- 0,03 - 0,06
- > 0,06



Estatística Descritiva	
Elemento	Hg (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	181
Valor Médio	0,013
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,19
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,020
Coefficiente de Variação	154,27
Mediana	0,005
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	0,17
Valor de Prevenção NOAA SQRT	0,17

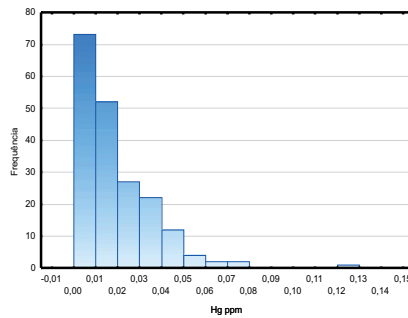
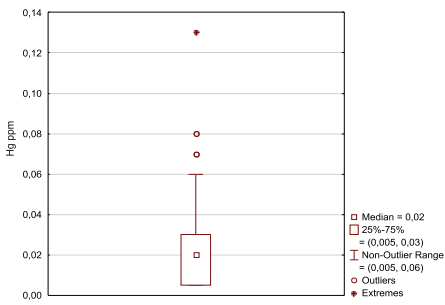


Legenda

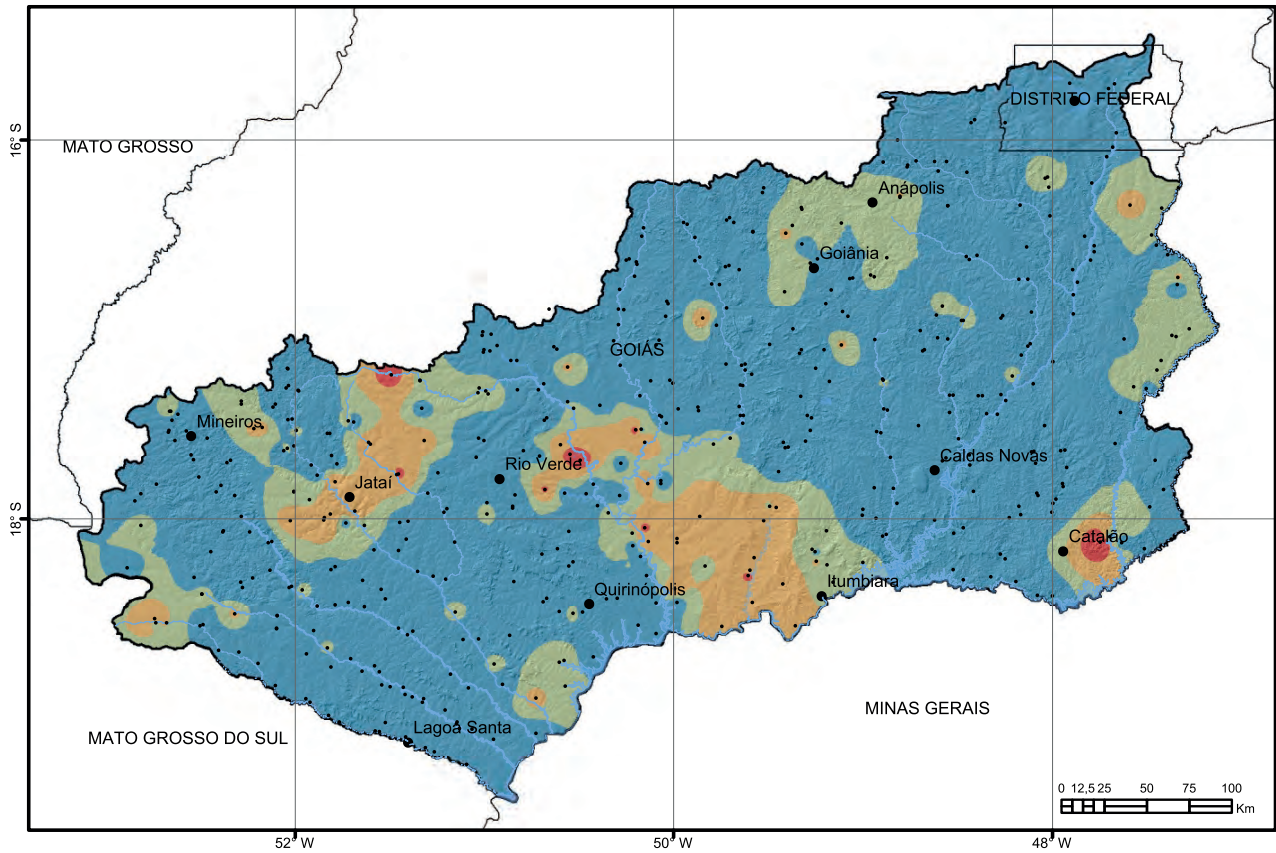
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Hg (ppm)

- < 0,02
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,05
- > 0,05



Estatística Descritiva	
Elemento	Hg (ppm)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	139
Valor Médio	0,023
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,13
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,018
Coefficiente de Variação	80,67
Mediana	0,02
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	0,5
Valor de Prevenção NOAA SQRT	0,3

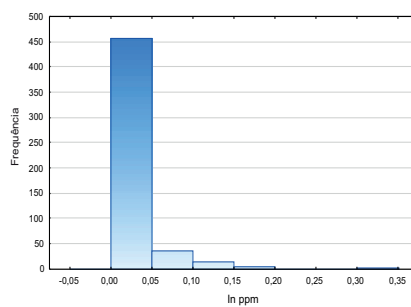
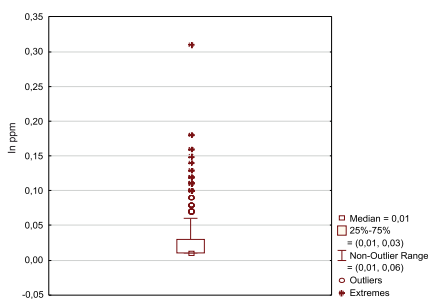


Legenda

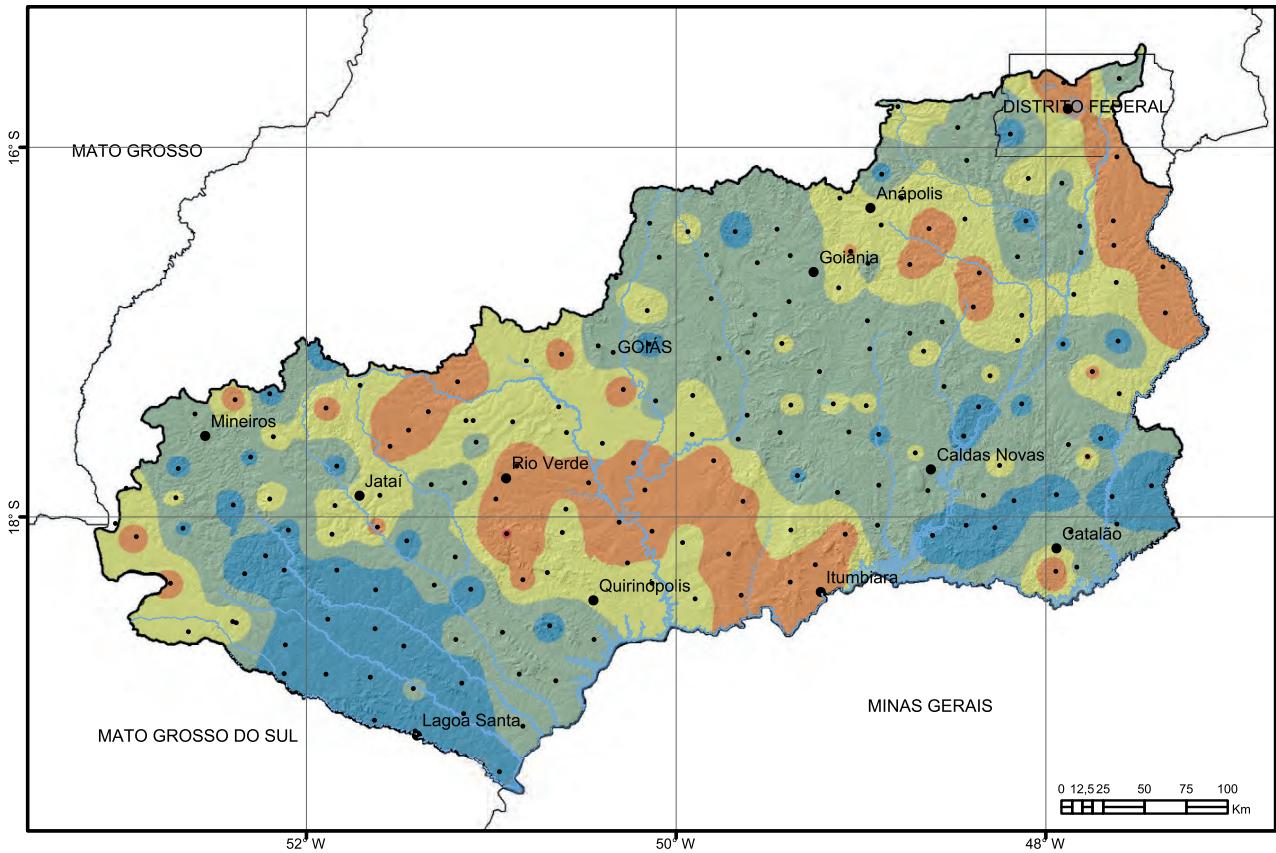
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

In (ppm)

- < 0,03
- 0,03 - 0,06
- 0,06 - 0,12
- > 0,12

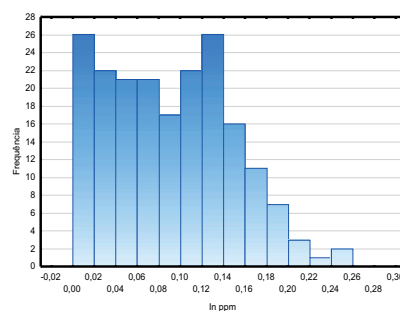
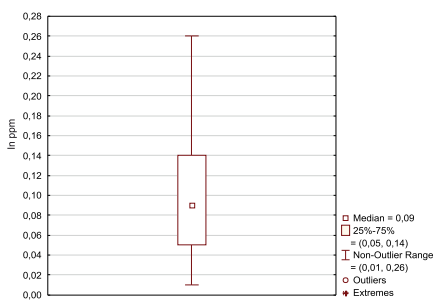


Estatística Descritiva	
Elemento	In (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	199
Valor Médio	0,026
Valor Mínimo	0,02
Valor Máximo	0,31
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,031
Coefficiente de Variação	121,725
Mediana	0,01
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

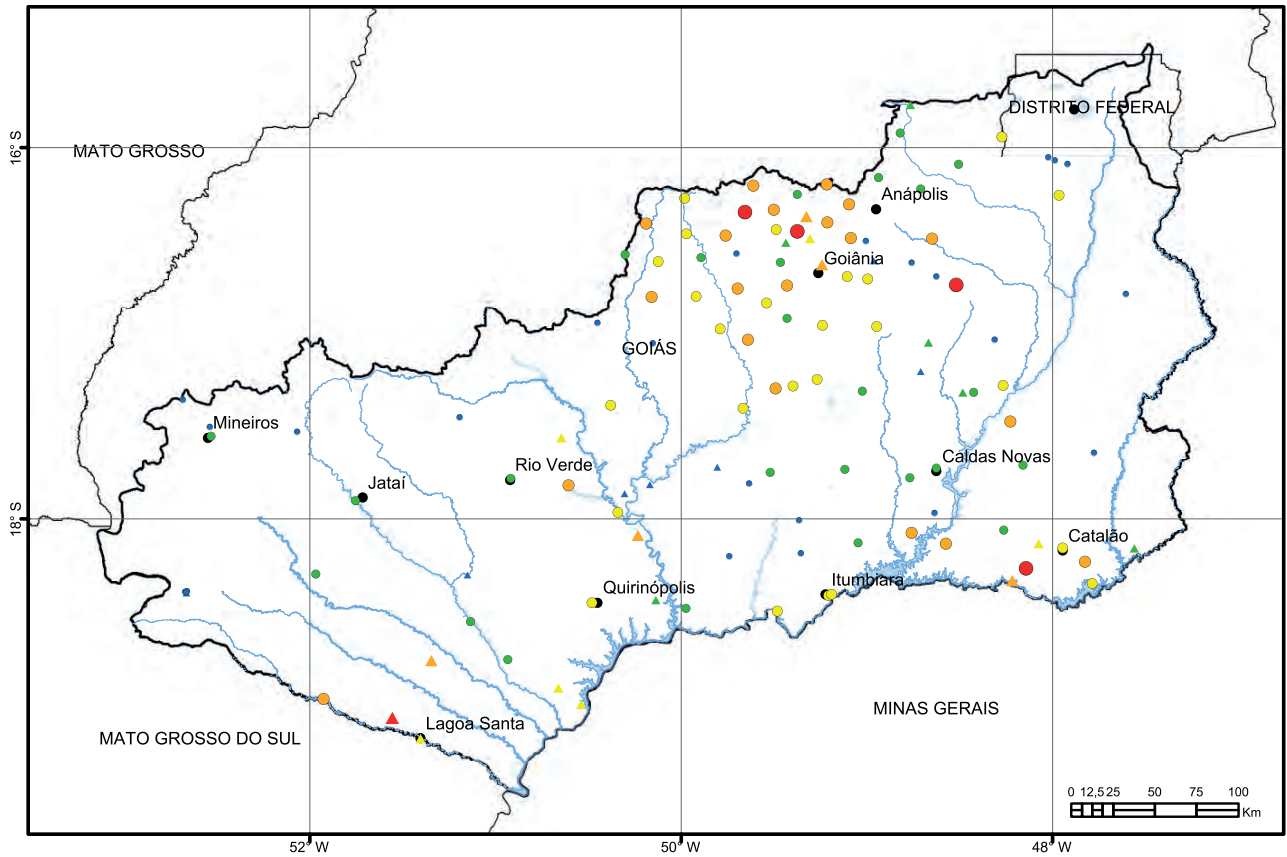


Legenda

- Pontos de coleta
 - ~ Rios principais
 - Municípios
 - Limites estaduais
 - ⊂ Limite da bacia
- | In (ppm) | |
|----------|-------------|
| | < 0,05 |
| | 0,05 - 0,1 |
| | 0,1 - 0,14 |
| | 0,14 - 0,25 |
| | > 0,25 |



Estatística Descritiva	
Elemento	In (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	179
Valor Médio	0,096
Valor Mínimo	0,02
Valor Máximo	0,26
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,058
Coefficiente de Variação	60,835
Mediana	0,09
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

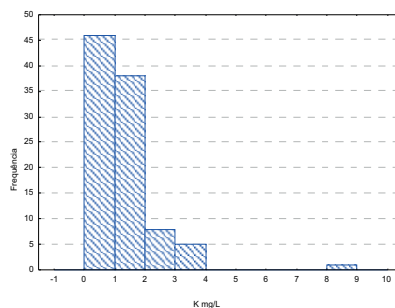
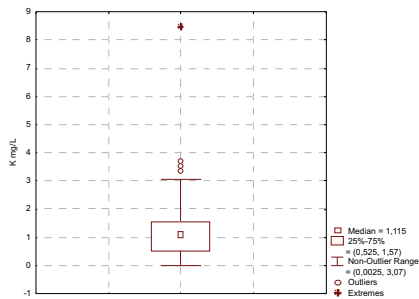
**Captação em drenagem
K (mg/L)**

- < 0,52
- 0,52 - 1,11
- 1,11 - 1,57
- 1,57 - 3,07
- > 3,07

**Captação em poço
K (mg/L)**

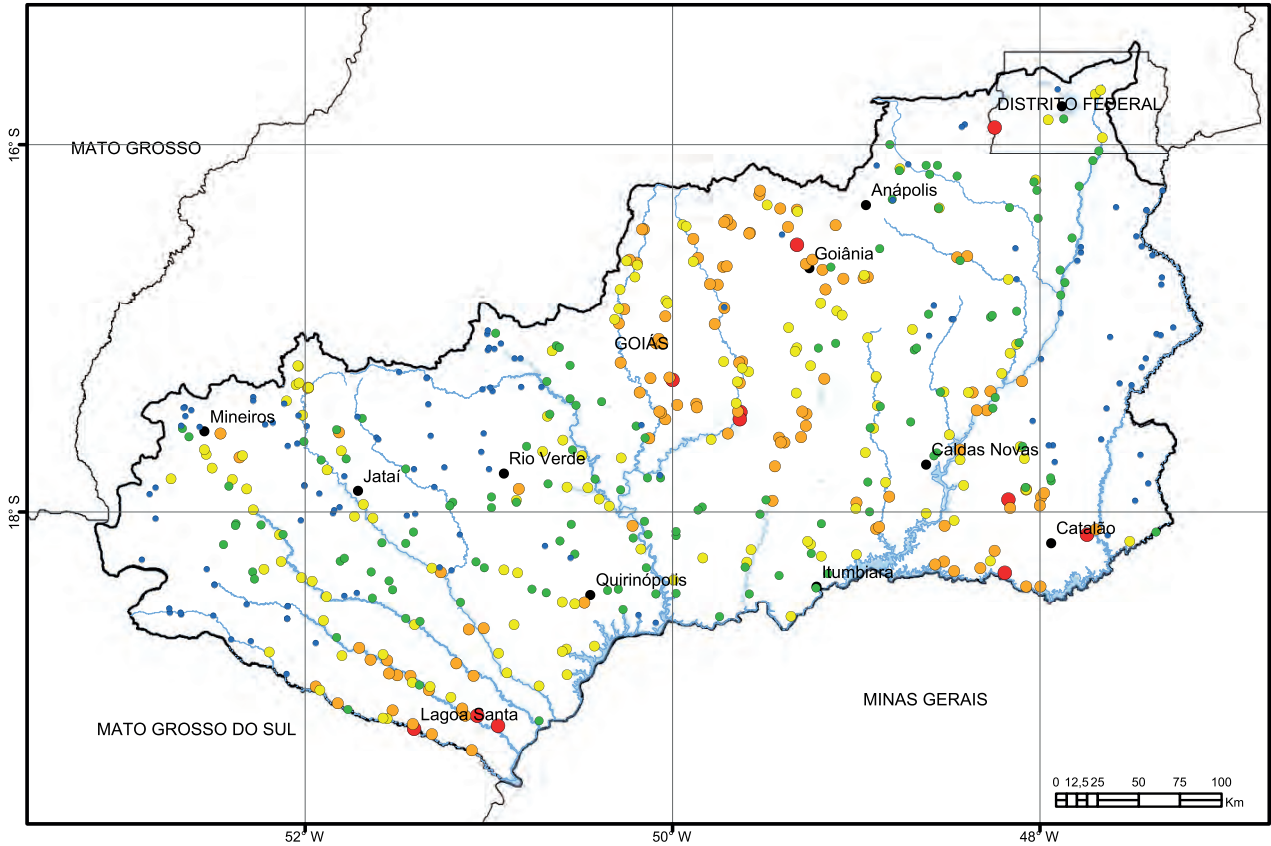
- < 1,22
- 1,22 - 1,75
- 1,75 - 2,32
- 2,32 - 3,04
- > 3,04

Captação em drenagem



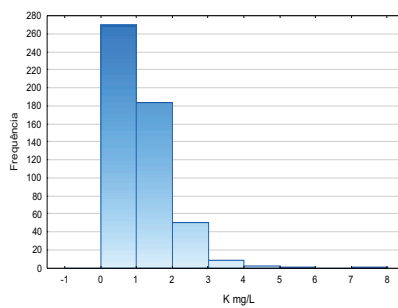
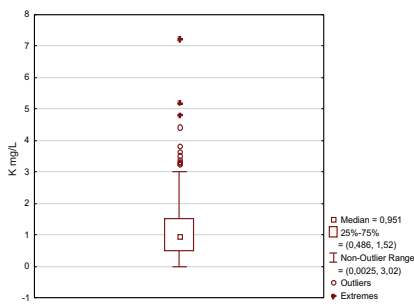
Estatística Descritiva

Elemento	K (mg/L)
Limite de Quantificação	0,005
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	120
Valor Médio	1,39
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	8,48
Variância	1,452
Desvio Padrão	1,21
Coefficiente de Variação	86,703
Mediana	1,115
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	—

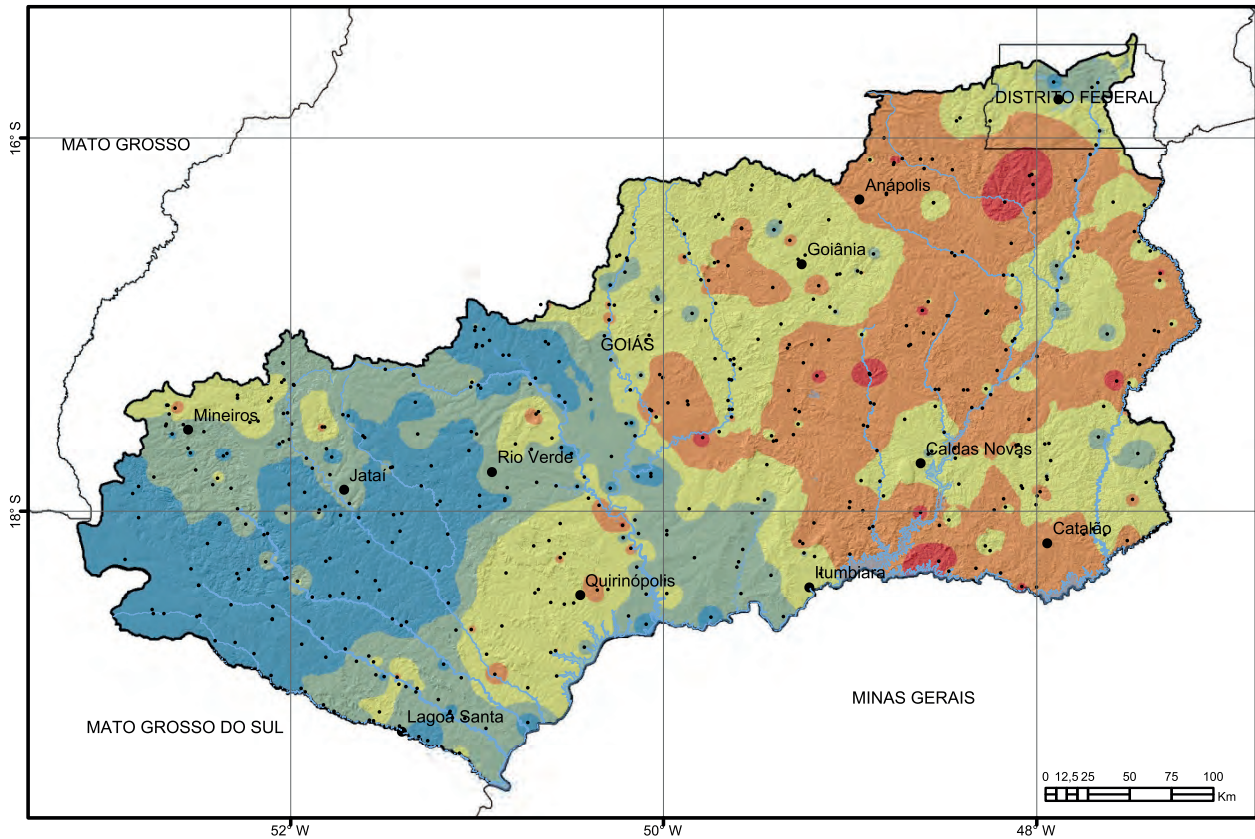


Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia
- K (mg/L) < 0,48
- K (mg/L) 0,48 - 0,95
- K (mg/L) 0,95 - 1,52
- K (mg/L) 1,52 - 3,02
- K (mg/L) > 3,02



Estatística Descritiva	
Elemento	K (mg/L)
Limite de Quantificação	0,005
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	511
Valor Médio	1,11
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	7,21
Variância	0,675
Desvio Padrão	0,82
Coefficiente de Variação	73,806
Mediana	0,95
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	-

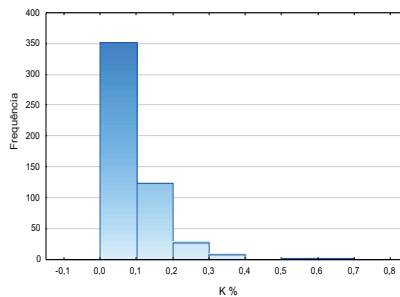
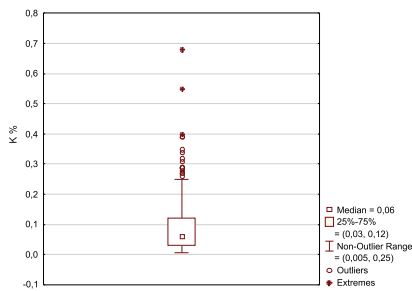


Legenda

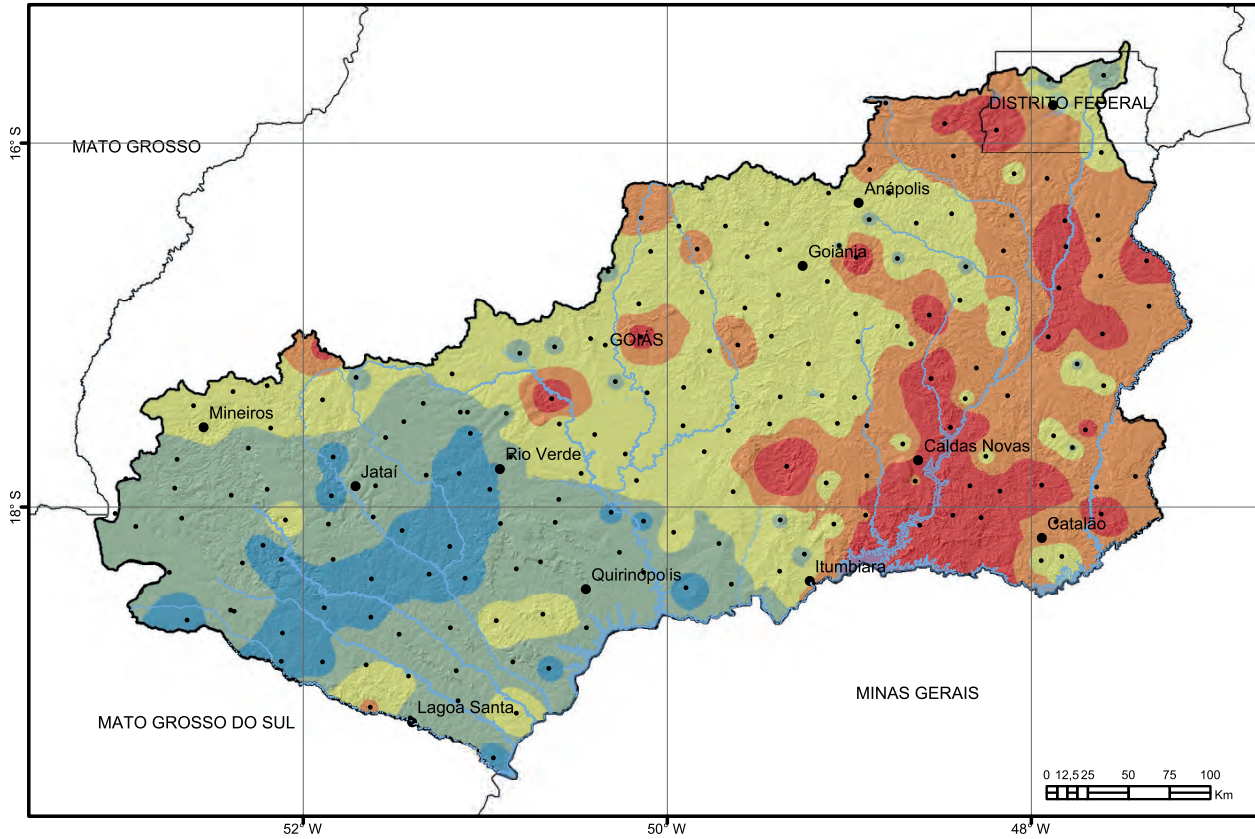
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

K (%)

- <math>< 0,03</math>
- 0,03 - 0,06
- 0,06 - 0,12
- 0,12 - 0,25
- > 0,25

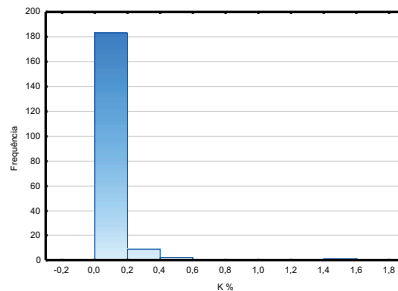
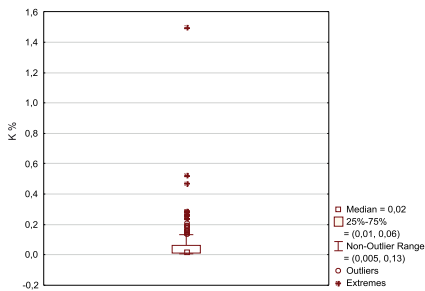


Estatística Descritiva	
Elemento	K (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	481
Valor Médio	0,086
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,68
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,079
Coefficiente de Variação	92,723
Mediana	0,06
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

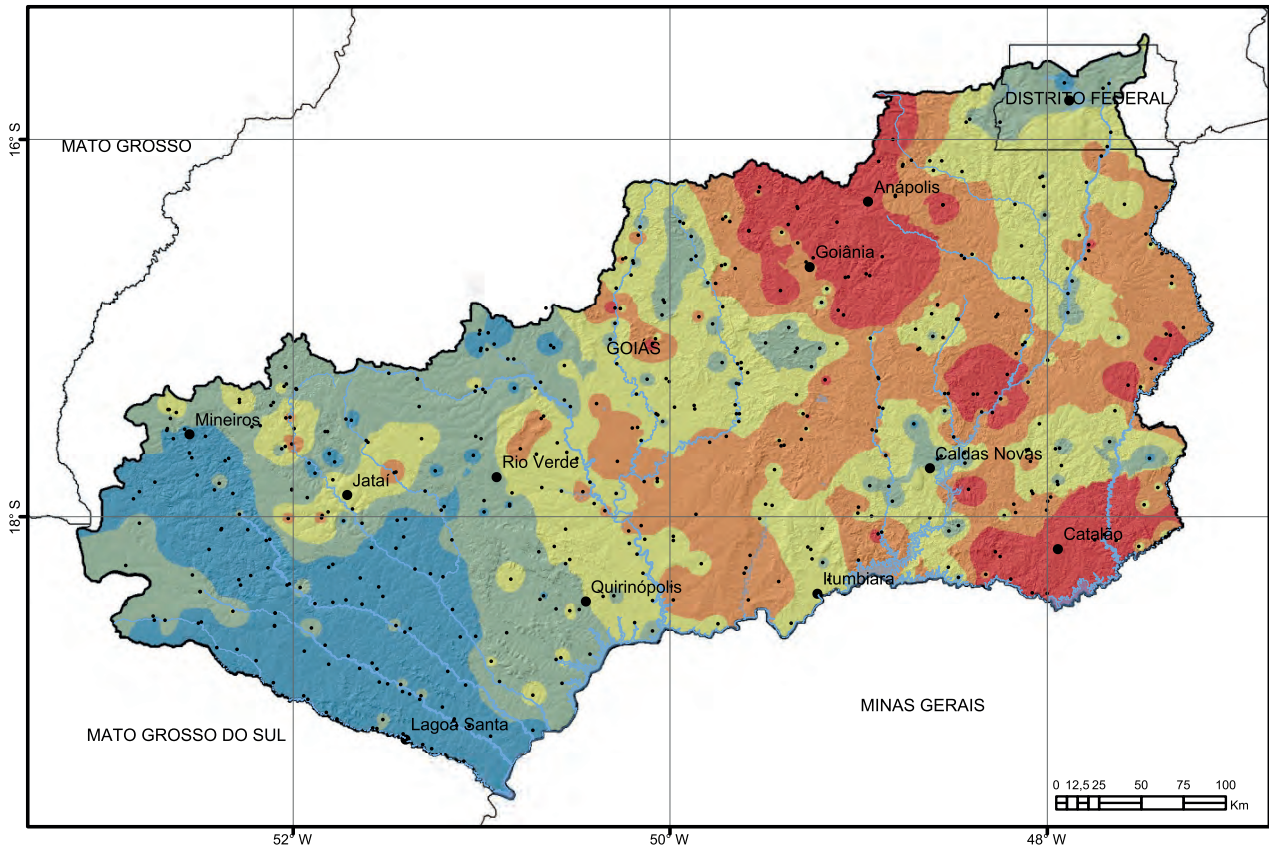


Legenda

- Pontos de coleta
 - ~ Rios principais
 - Municípios
 - Limites estaduais
 - ⊃ Limite da bacia
- K (%)**
- < 0,01
 - 0,01 - 0,02
 - 0,02 - 0,06
 - 0,06 - 0,13
 - > 0,13



Estatística Descritiva	
Elemento	K (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	175
Valor Médio	0,061
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	1,50
Variância	0,02
Desvio Padrão	0,129
Coefficiente de Variação	213,80
Mediana	0,02
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

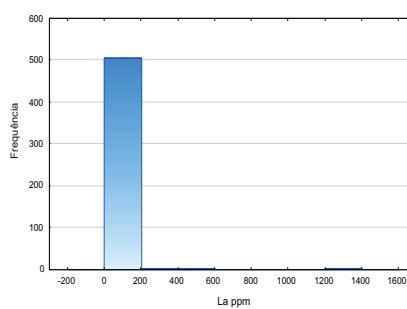
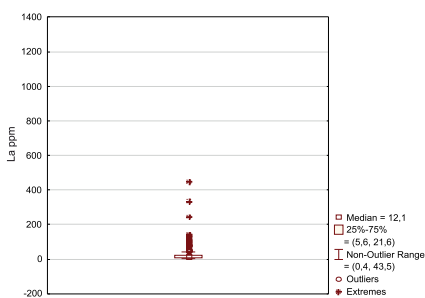


Legenda

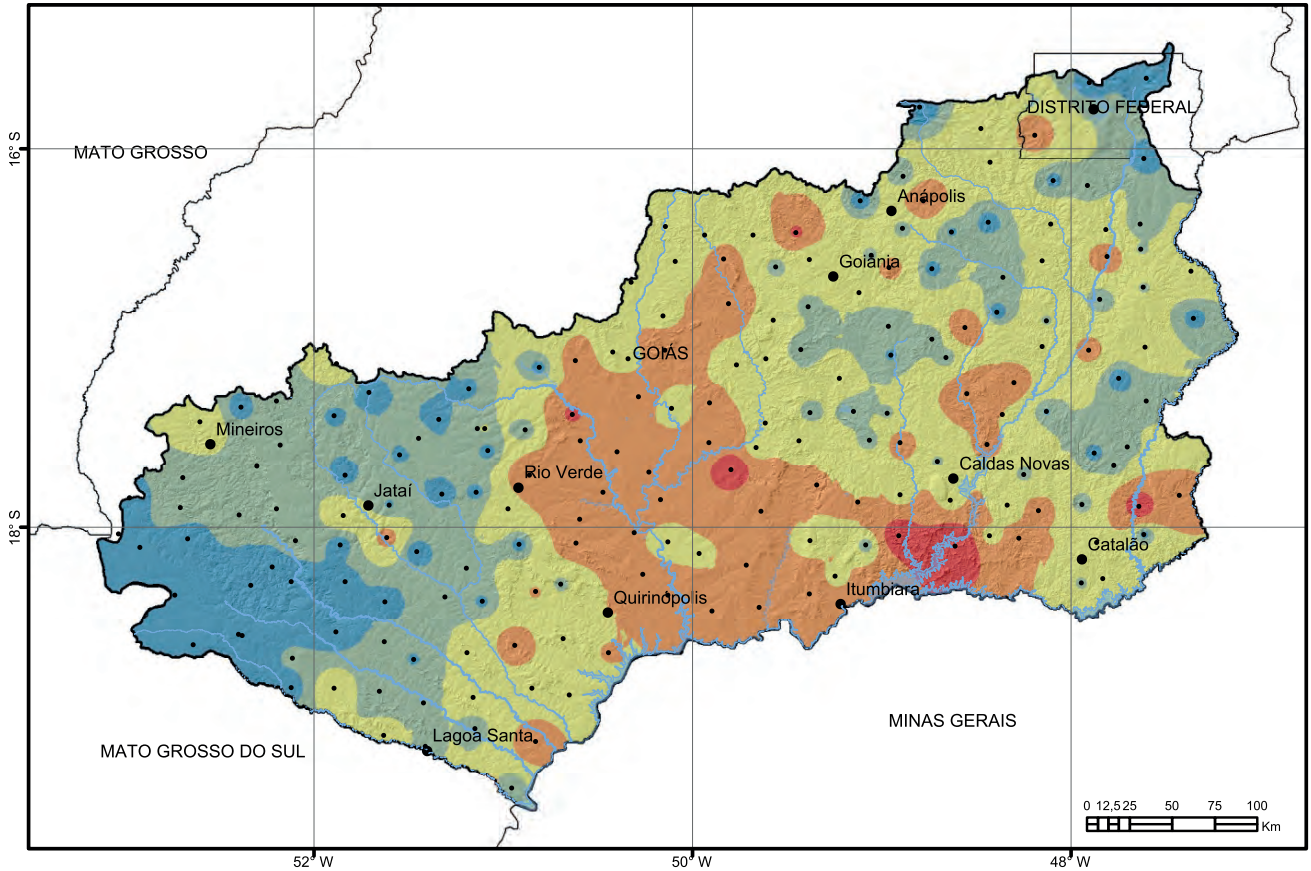
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

La (ppm)

- < 5,6
- 5,6 - 12,1
- 12,1 - 21,6
- 21,6 - 43,5
- > 43,5



Estatística Descritiva	
Elemento	La (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	22,901
Valor Mínimo	0,40
Valor Máximo	1310,00
Variância	4426,20
Desvio Padrão	66,53
Coefficiente de Variação	290,513
Mediana	12,10
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	–
Valor de Prevenção NOAA SQRT	–

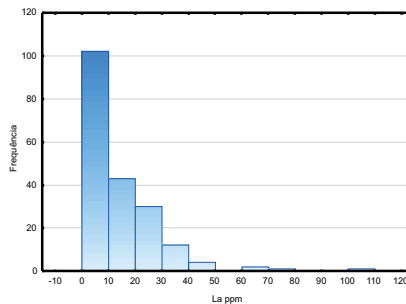
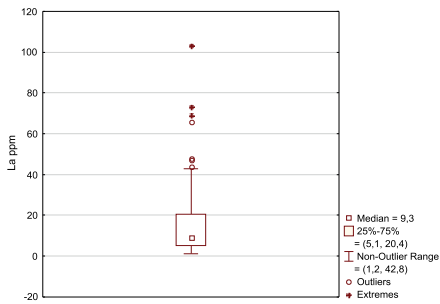


Legenda

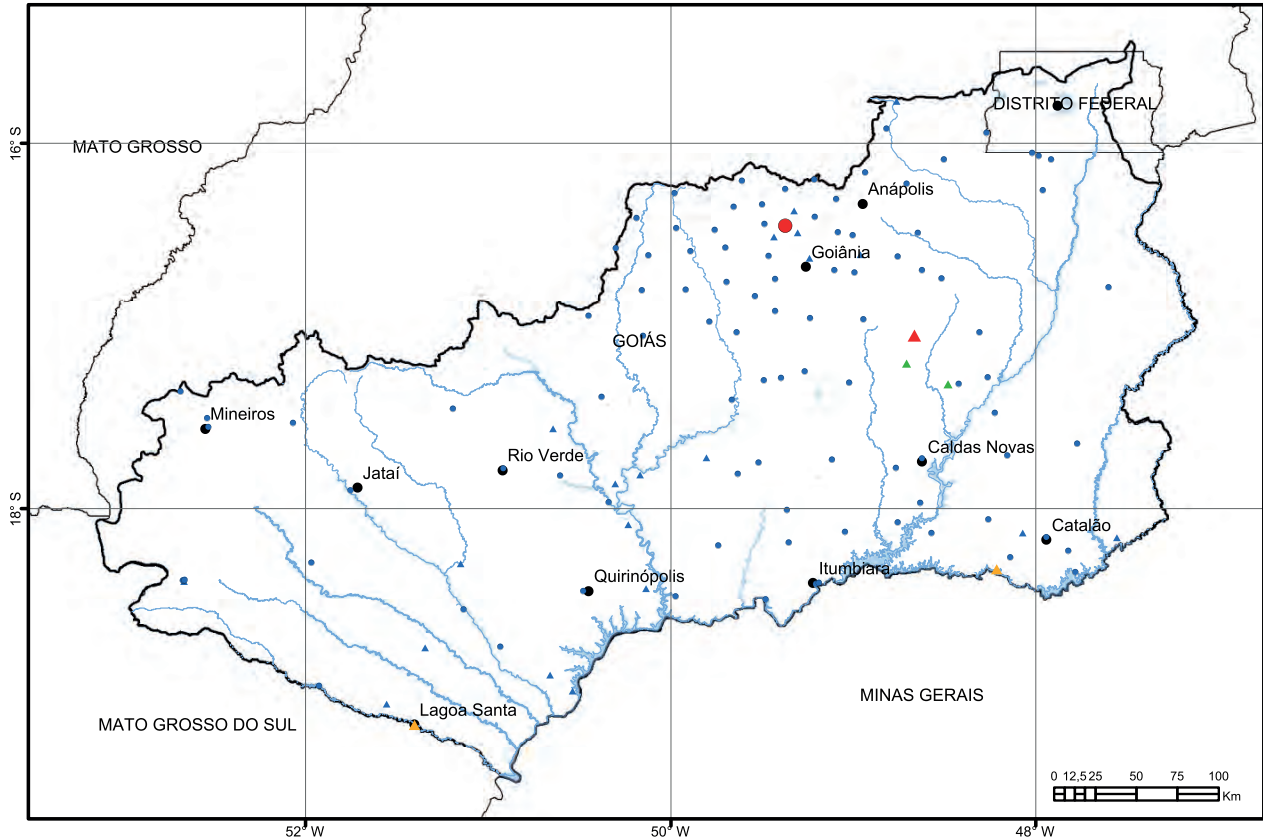
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

La (ppm)

- < 5,1
- 5,1 - 9,3
- 9,3 - 20,4
- 20,4 - 42,8
- > 42,8



Estatística Descritiva	
Elemento	La (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	14,47
Valor Mínimo	1,20
Valor Máximo	103,40
Variância	196,16
Desvio Padrão	14,006
Coefficiente de Variação	96,789
Mediana	9,3
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

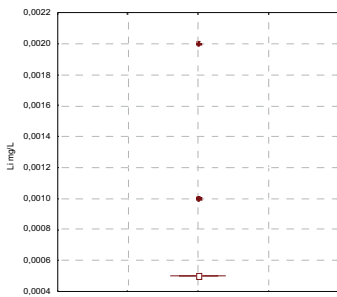
Captação em drenagem

- < 0,001
- > 0,001

Captação em poço

- < 0,002
- 0,002 - 0,004
- 0,004 - 0,007
- > 0,007

Captação em drenagem



Median = 0,0005

 25%-75%

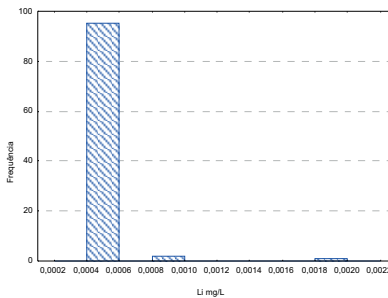
 = (0,0005, 0,0005)

 Non-Outlier Range

 = (0,0005, 0,0005)

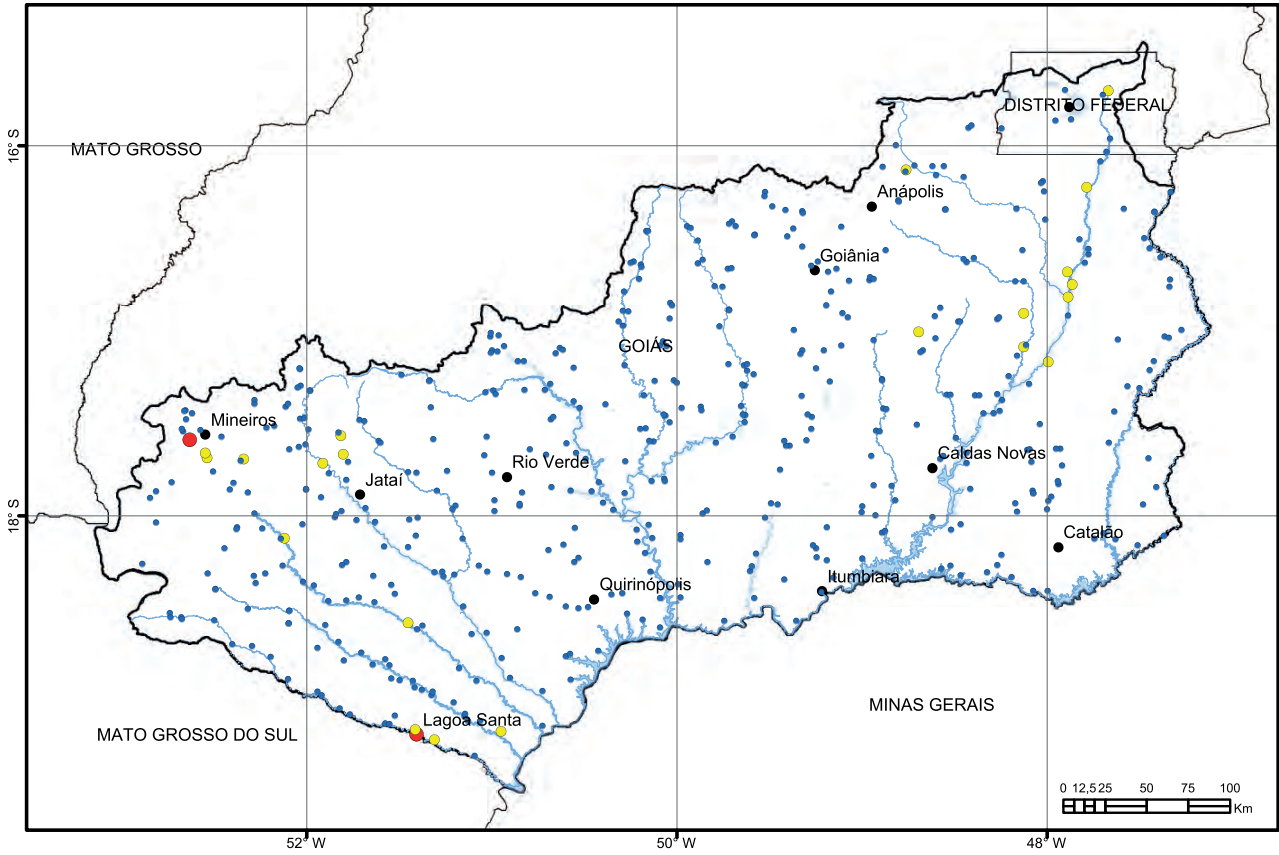
 Outliers

 Extremes



Estadística Descritiva

Elemento	Li (mg/L)
Limite de Quantificação	0,001
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	12
Valor Médio	0,001
Valor Mínimo	0,001
Valor Máximo	0,009
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,001
Coefficiente de Variação	138,936
Mediana	0,0005
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	-

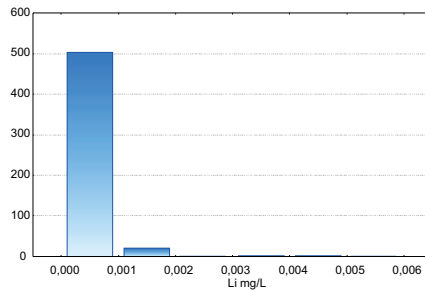
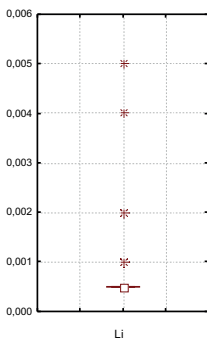


Legenda

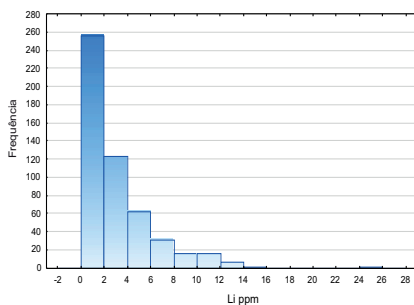
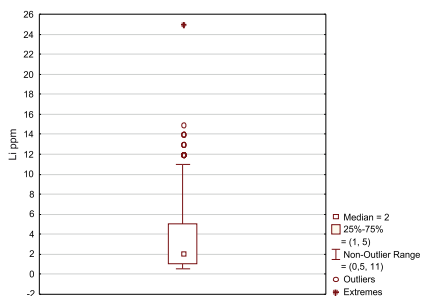
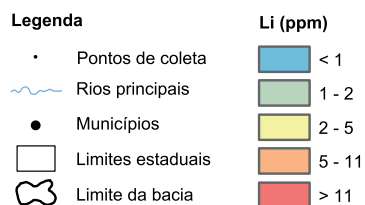
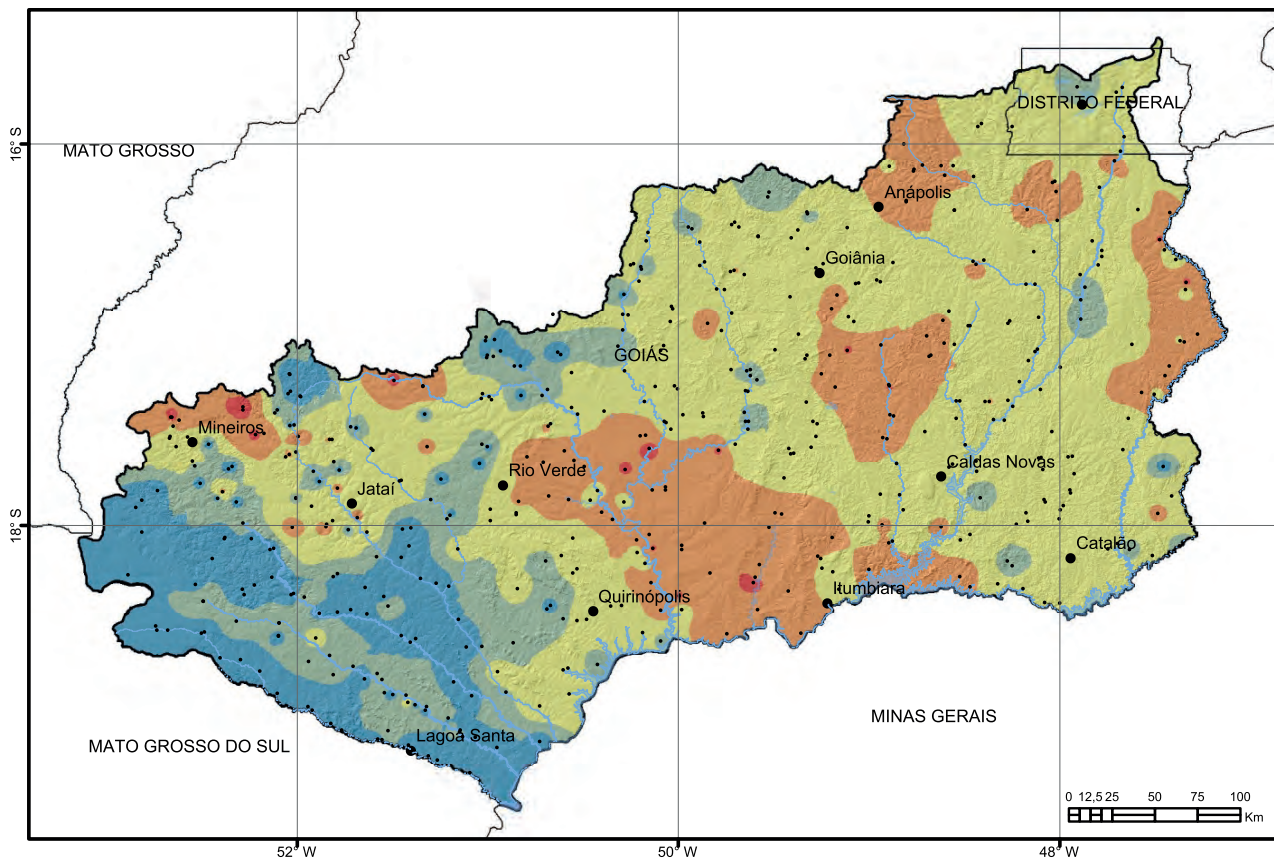
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Li (mg/L)

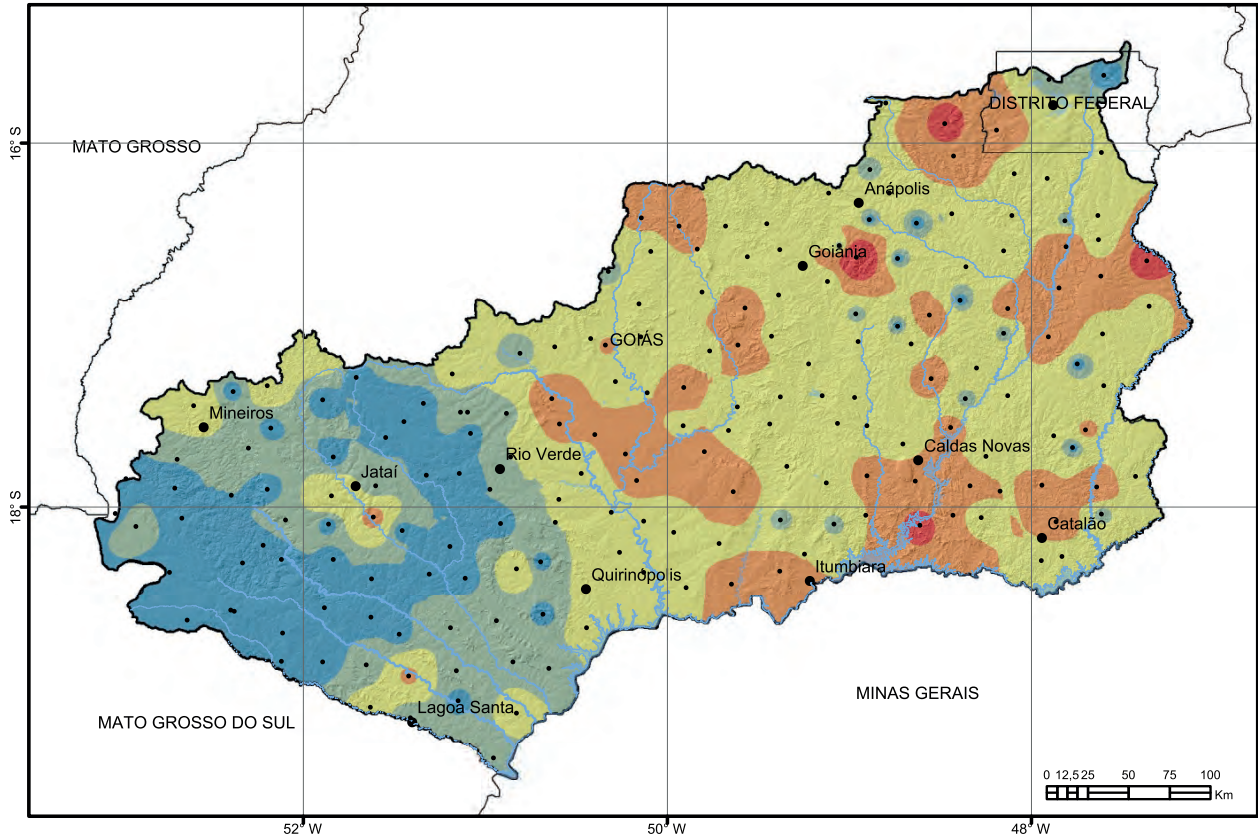
- < 0,001
- 0,001 - 0,002
- > 0,002



Estatística Descritiva	
Elemento	Li (mg/L)
Limite de Quantificação	0,001
Número de medidas	525
Result > Lim Quantif	77
Valor Médio	0,0006
Valor Mínimo	0,0005
Valor Máximo	0,005
Variância	0
Desvio Padrão	0,0004
Coefficiente de Variação	0,66
Mediana	0,0005
Valor de prevenção Res. CONAMA 357/2005	2,5



Estatística Descritiva	
Elemento	Li (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	417
Valor Médio	3,407
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	25,00
Variância	9,70
Desvio Padrão	3,118
Coefficiente de Variação	91,536
Mediana	2,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—

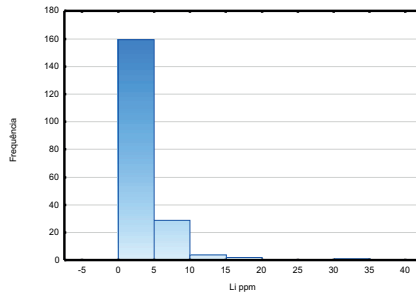
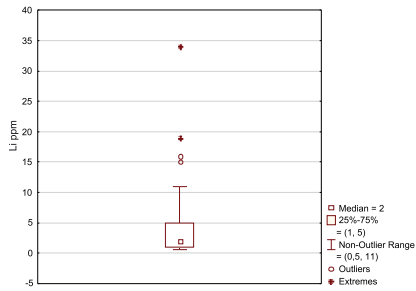


Legenda

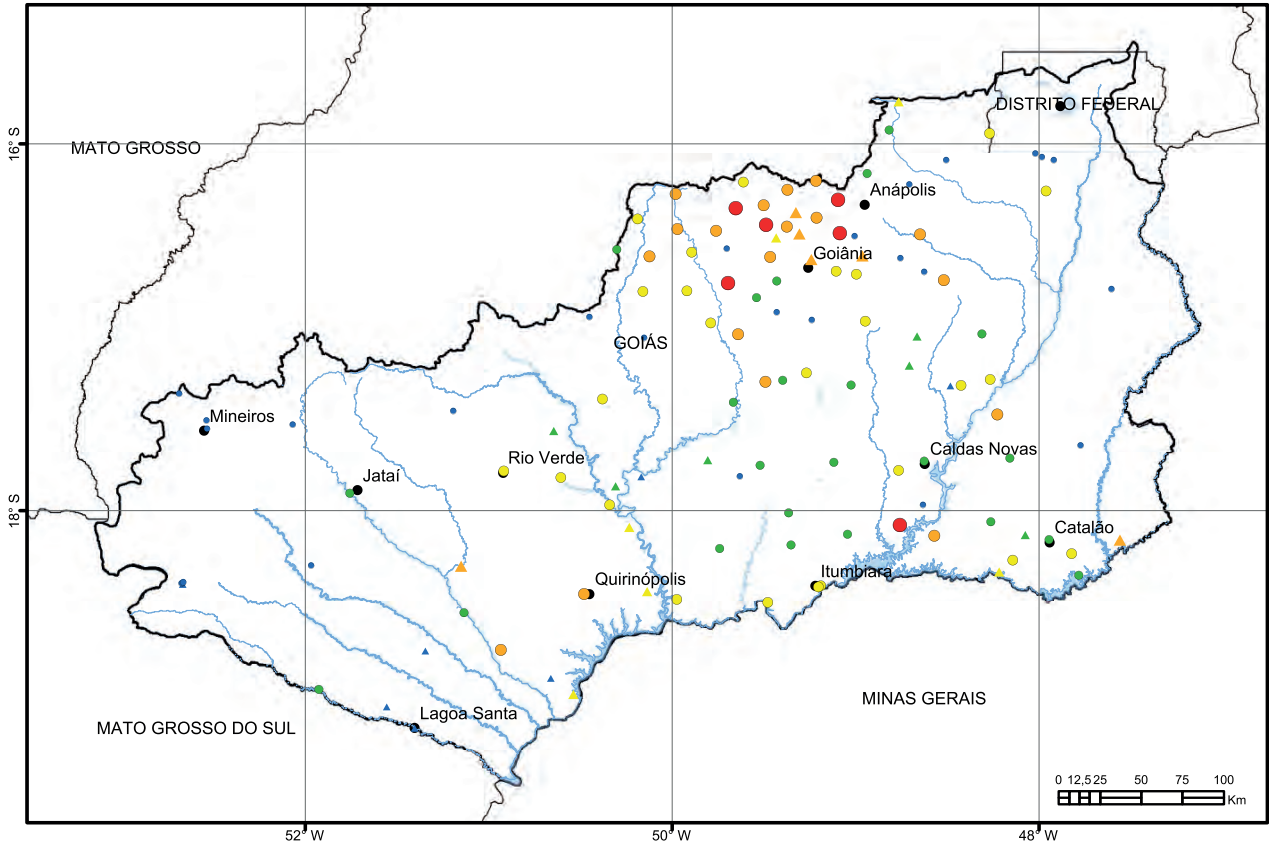
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Li (ppm)

- < 1
- 1 - 2
- 2 - 5
- 5 - 11
- > 11



Estatística Descritiva	
Elemento	Li (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	147
Valor Médio	3,426
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	34,00
Variância	14,76
Desvio Padrão	3,842
Coefficiente de Variação	112,155
Mediana	2,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	2



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

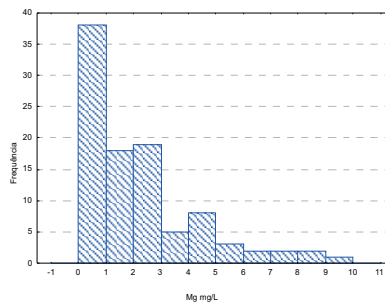
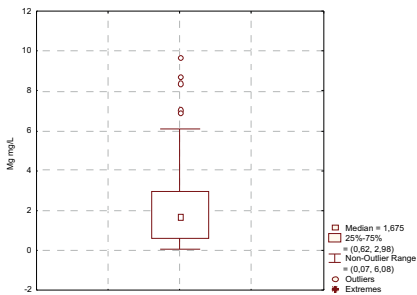
**Captação em drenagem
Mg (mg/L)**

- < 0,62
- 0,62 - 1,67
- 1,67 - 2,98
- 2,98 - 6,08
- > 6,08

**Captação em poço
Mg (mg/L)**

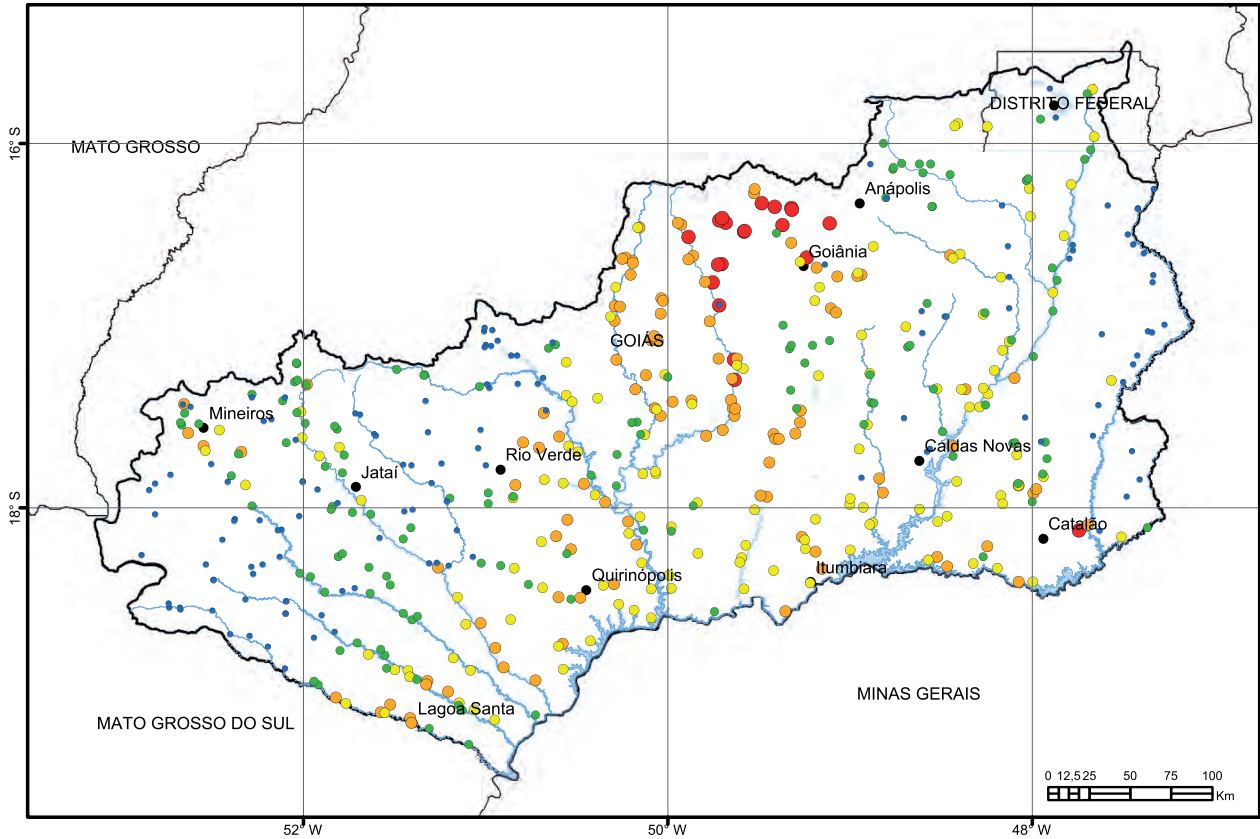
- < 1,86
- 1,86 - 3,57
- 3,57 - 5,97
- 5,97 - 12,0
- > 12,0

Captação em drenagem



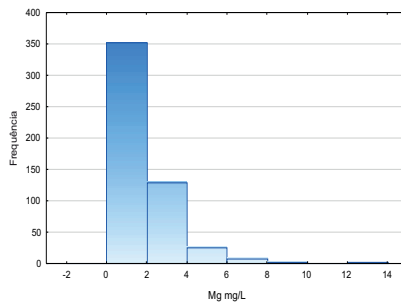
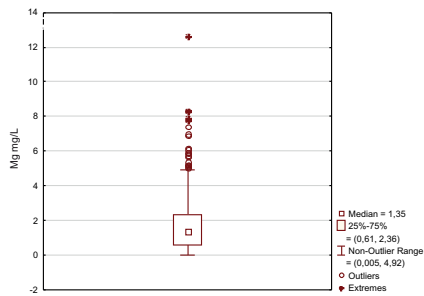
Estatística Descritiva

Elemento	Mg (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	123
Valor Médio	2,65
Valor Mínimo	0,07
Valor Máximo	12,00
Variância	6,357
Desvio Padrão	2,52
Coefficiente de Variação	95,279
Mediana	1,67
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	-

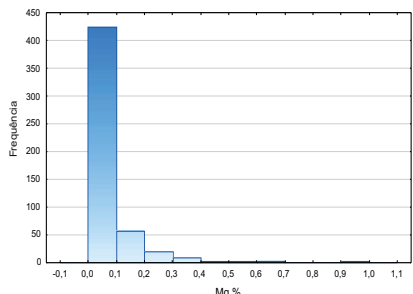
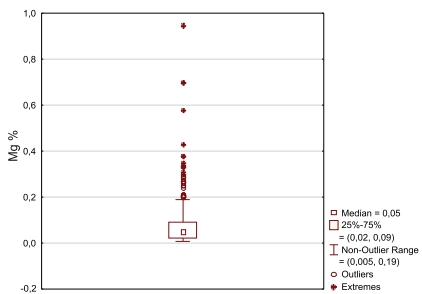
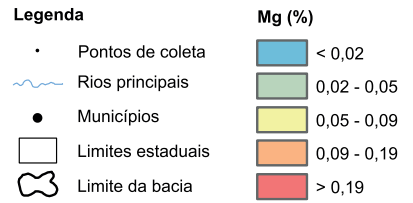
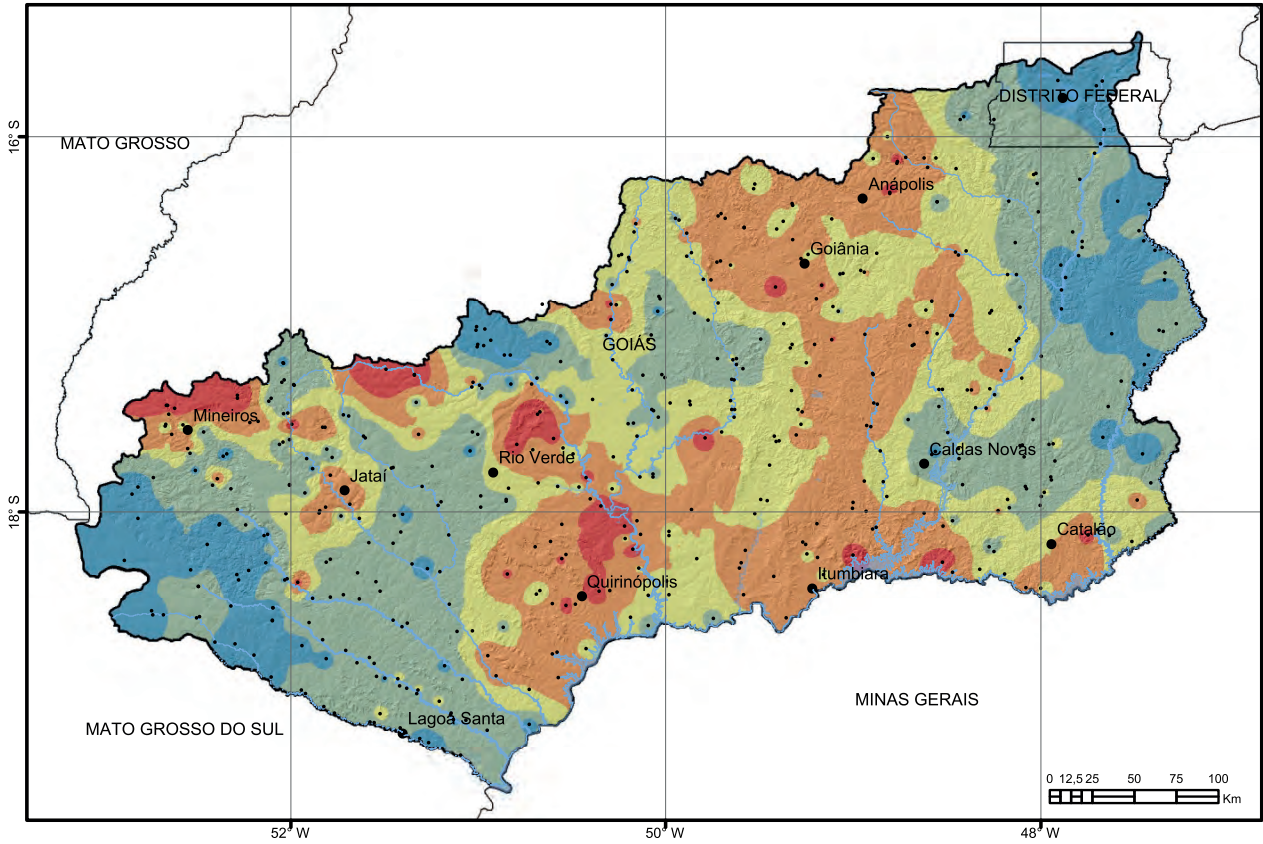


Legenda

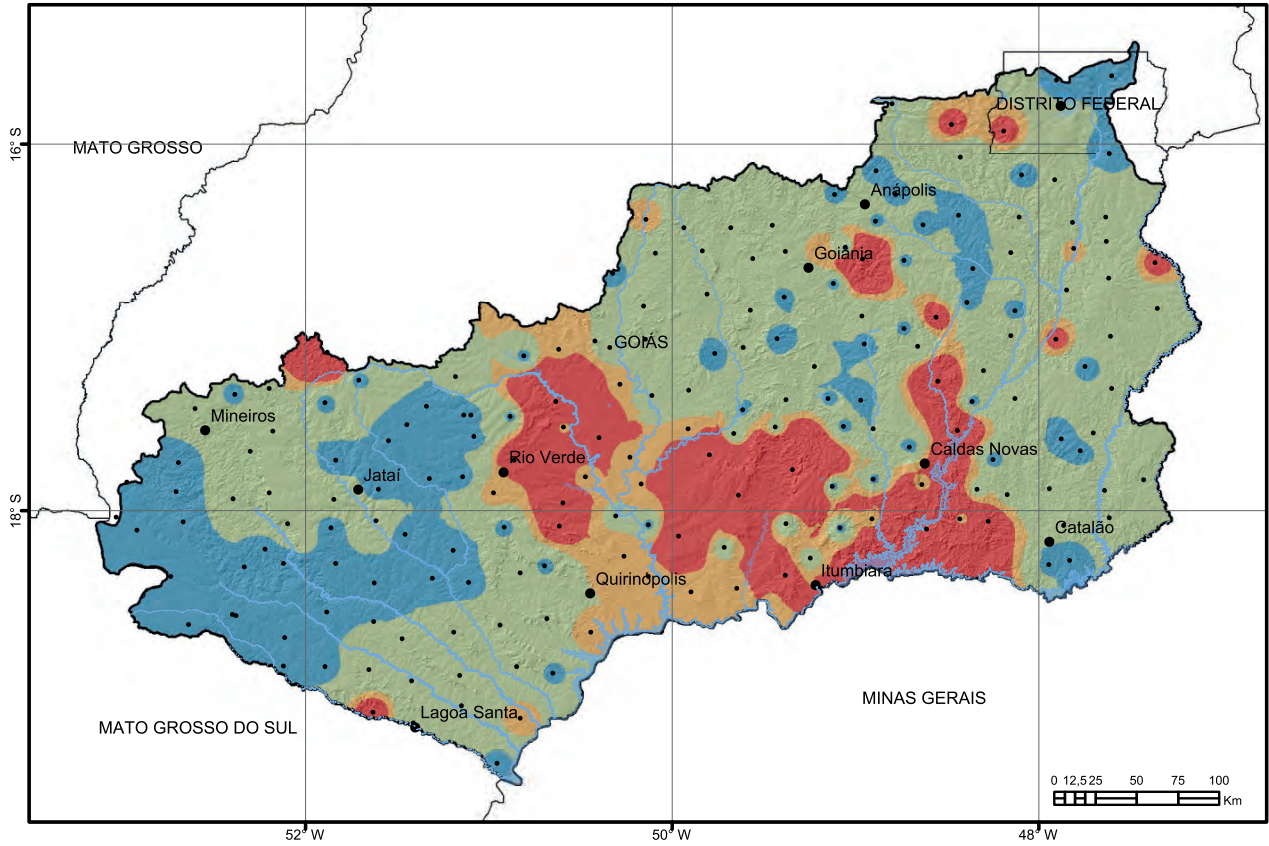
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia
- < 0,61
- 0,61 - 1,35
- 1,35 - 2,36
- 2,36 - 4,92
- > 4,92



Estatística Descritiva	
Elemento	Mg (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	511
Valor Médio	1,71
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	12,60
Variância	2,344
Desvio Padrão	1,53
Coefficiente de Variação	89,47
Mediana	1,35
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Mg (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	484
Valor Médio	0,072
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,95
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,09
Coefficiente de Variação	124,225
Mediana	0,05
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

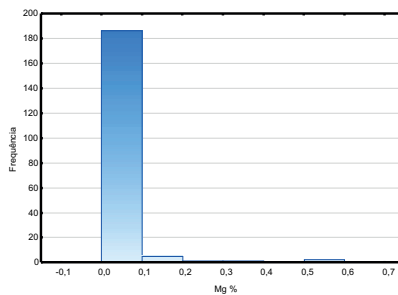
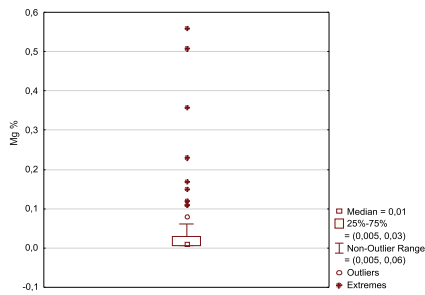


Legenda

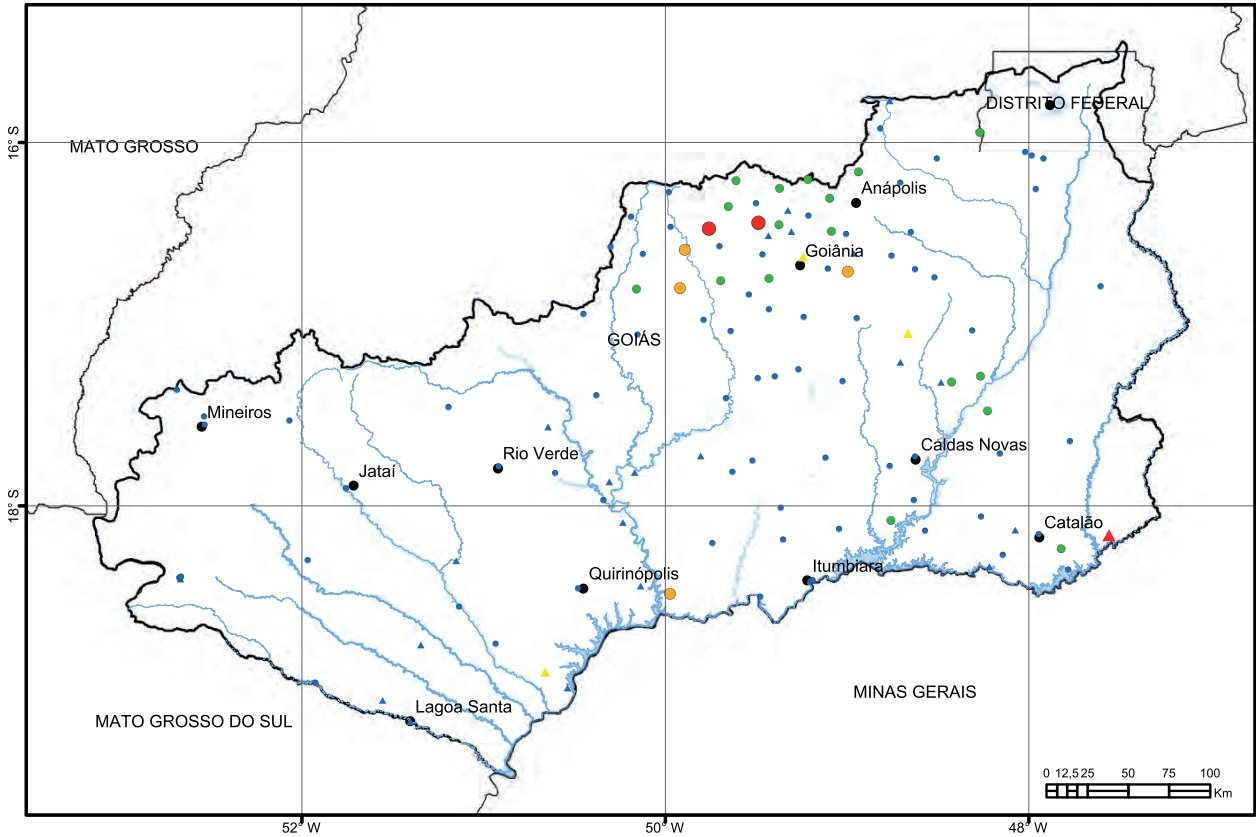
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Mg (%)

- < 0,01
- 0,01 - 0,03
- 0,03 - 0,04
- > 0,04



Estatística Descritiva	
Elemento	Mg (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	116
Valor Médio	0,027
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,56
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,064
Coefficiente de Variação	233,07
Mediana	0,01
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

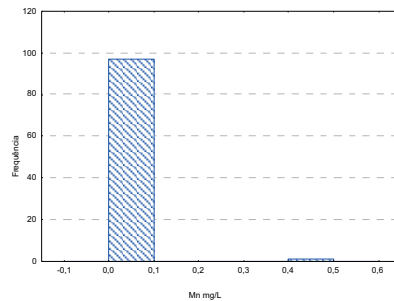
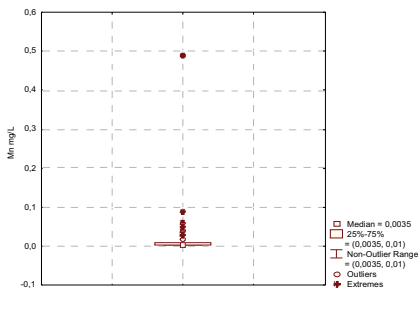
Captação em drenagem

- < 0,01
- 0,01 - 0,03
- 0,03 - 0,06
- > 0,06

Captação em poço

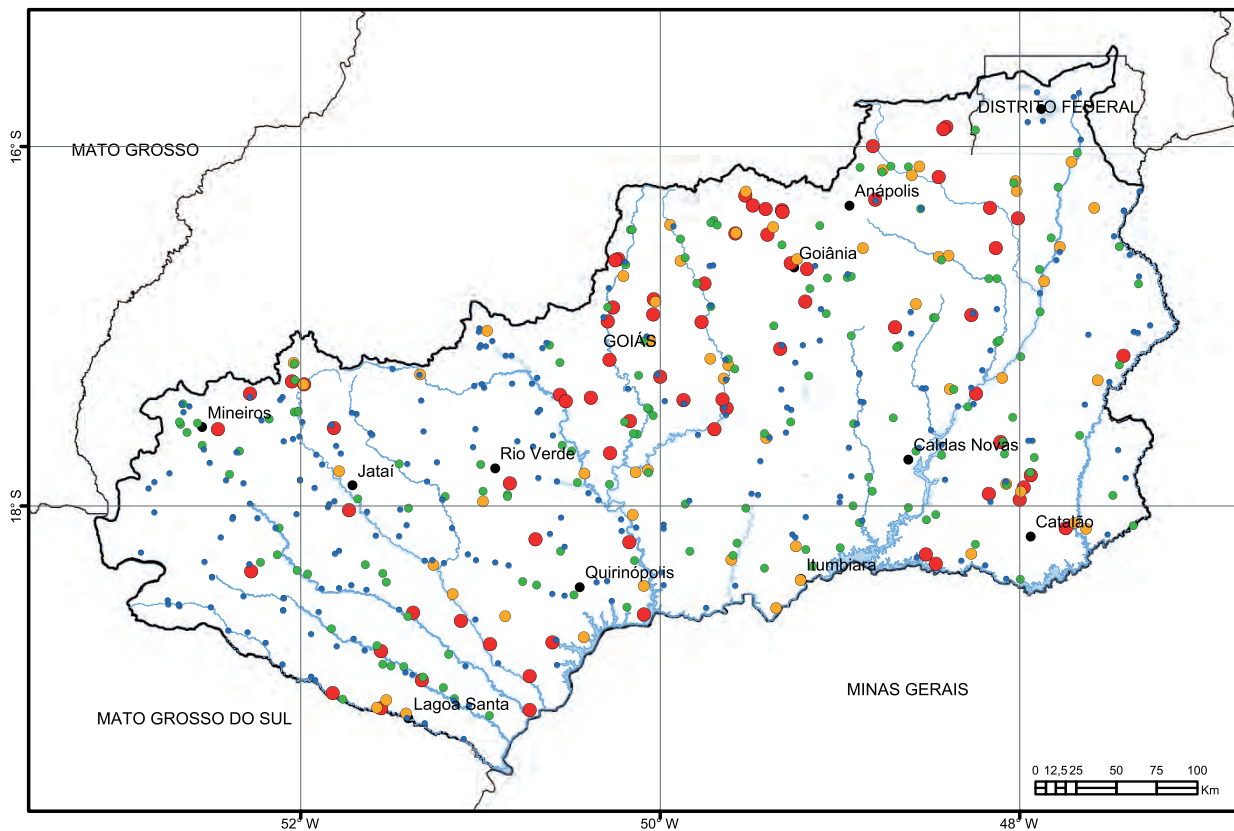
- < 0,004
- 0,004 - 0,14
- > 0,14

Captação em drenagem



Estatística Descritiva

Elemento	Mn (mg/L)
Limite de Quantificação	0,007
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	34
Valor Médio	0,0155
Valor Mínimo	0,007
Valor Máximo	0,49
Variância	0,002
Desvio Padrão	0,050
Coefficiente de Variação	321,831
Mediana	0,0035
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	0,1

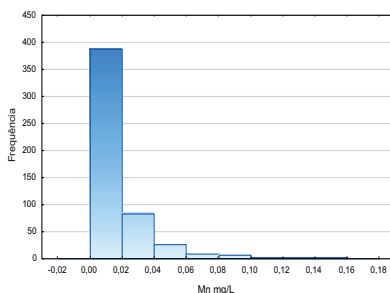
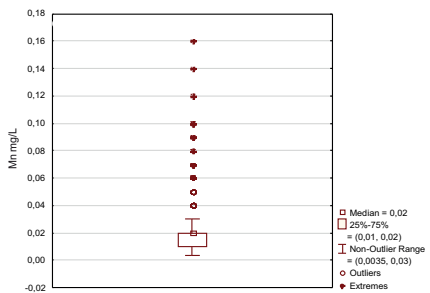


Legenda

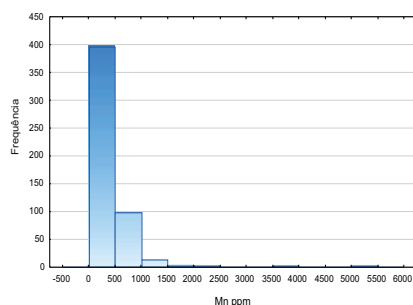
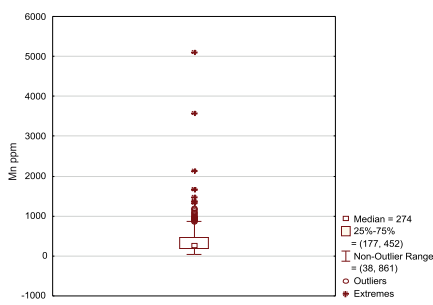
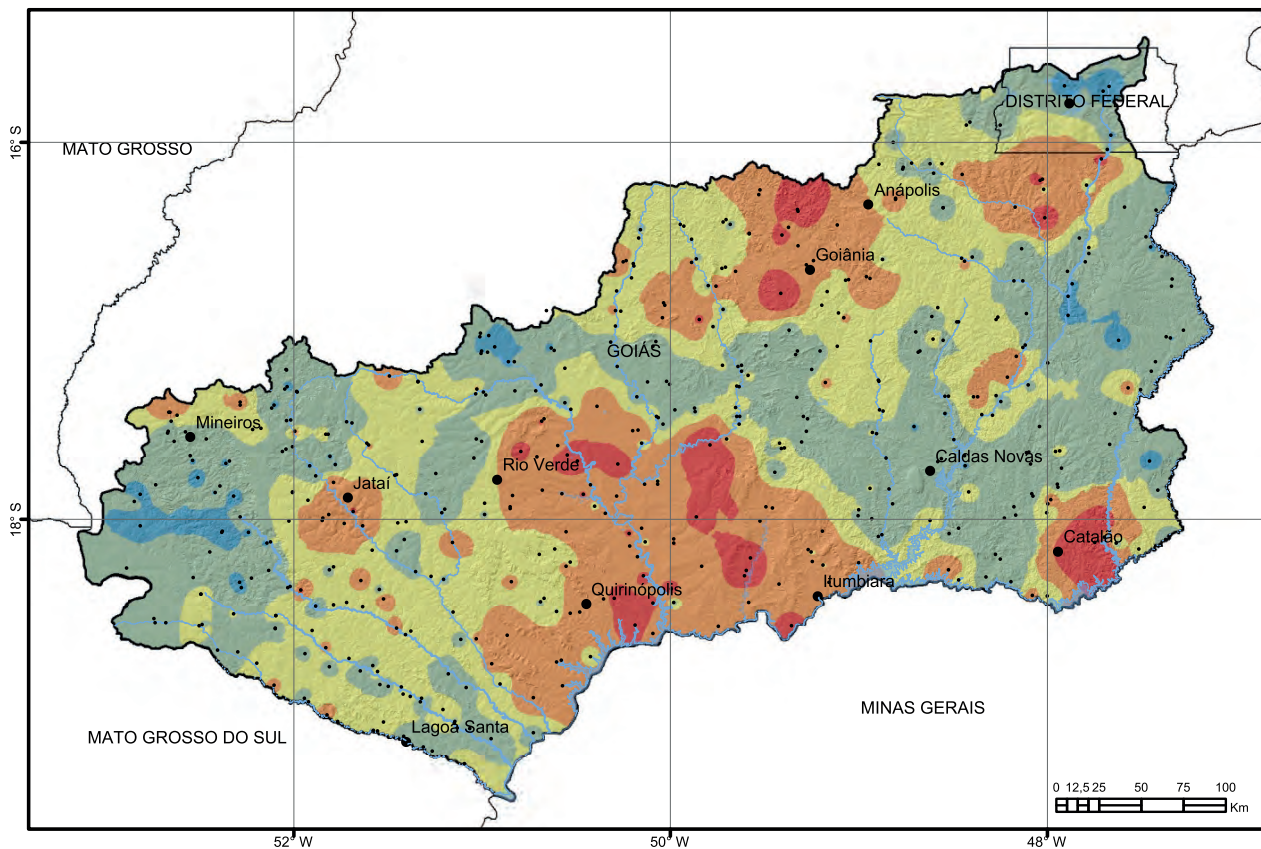
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Mn (mg/L)

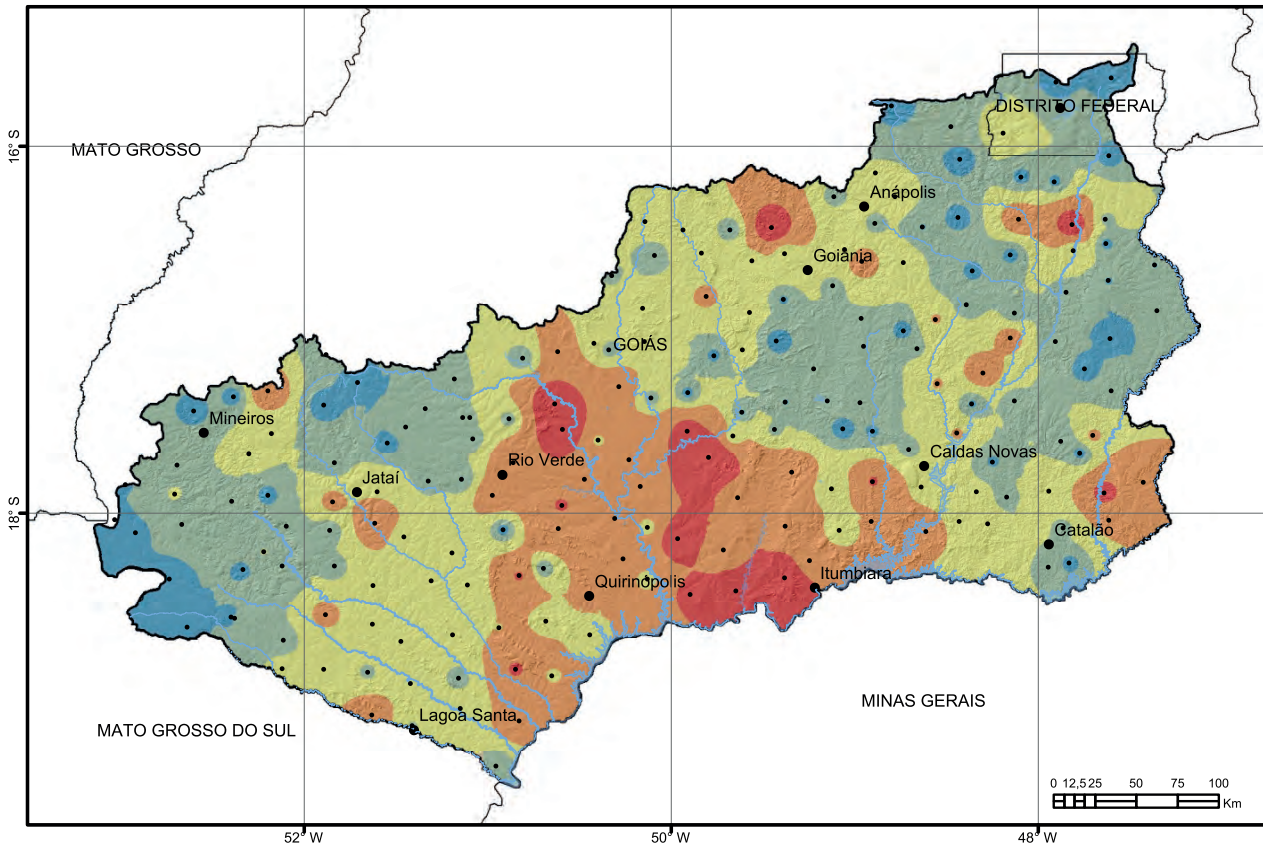
- < 0,01
- 0,01 - 0,02
- 0,02 - 0,03
- > 0,03



Estatística Descritiva	
Elemento	Mn (mg/L)
Limite de Quantificação	0,007
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	444
Valor Médio	0,021
Valor Mínimo	0,007
Valor Máximo	0,16
Variância	0,0004
Desvio Padrão	0,019
Coefficiente de Variação	92,448
Mediana	0,02
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,1



Estatística Descritiva	
Elemento	Mn (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	378,424
Valor Mínimo	38,00
Valor Máximo	5119,00
Variância	144356
Desvio Padrão	379,942
Coefficiente de Variação	100,401
Mediana	274,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

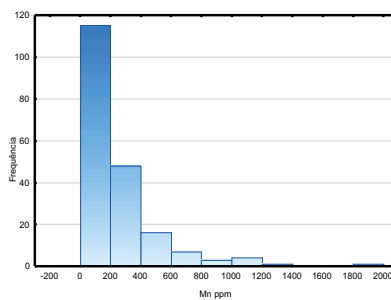
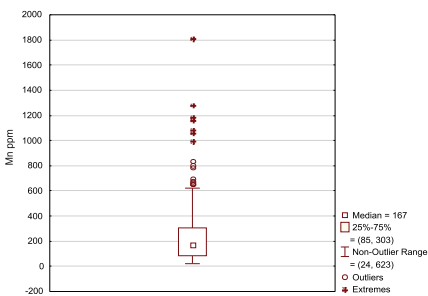


Legenda

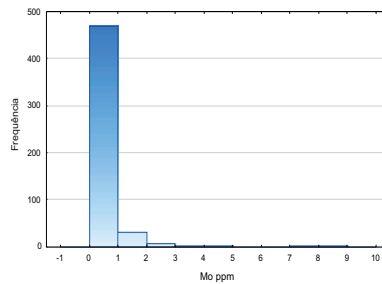
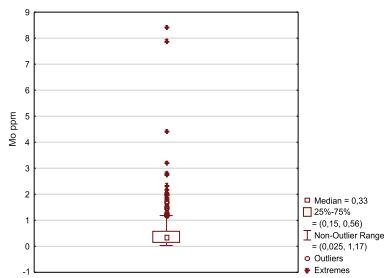
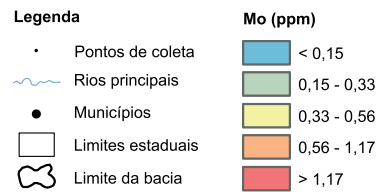
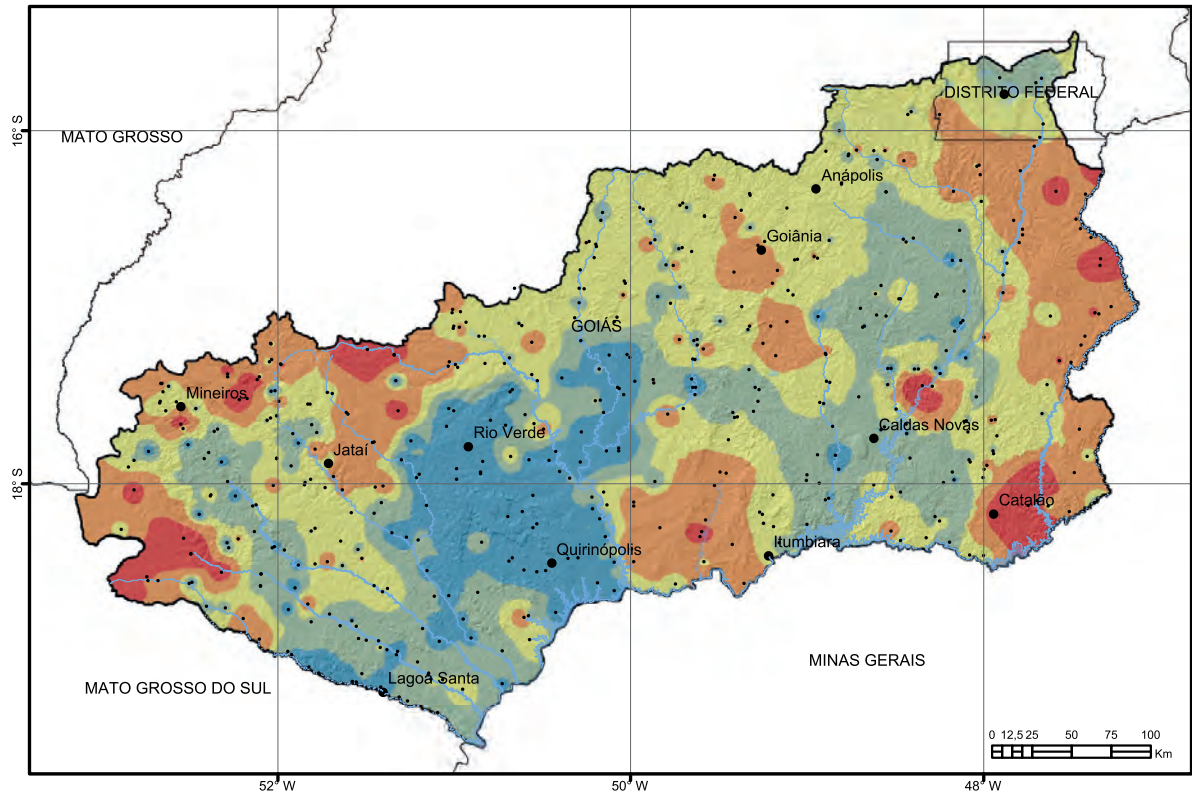
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Mn (ppm)

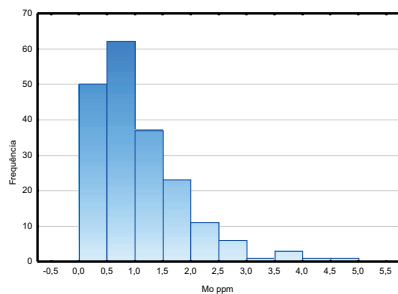
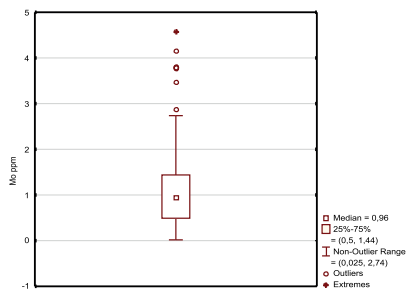
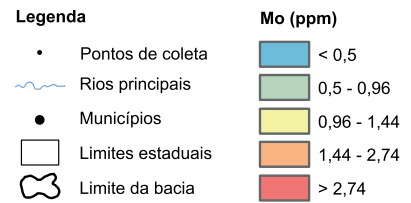
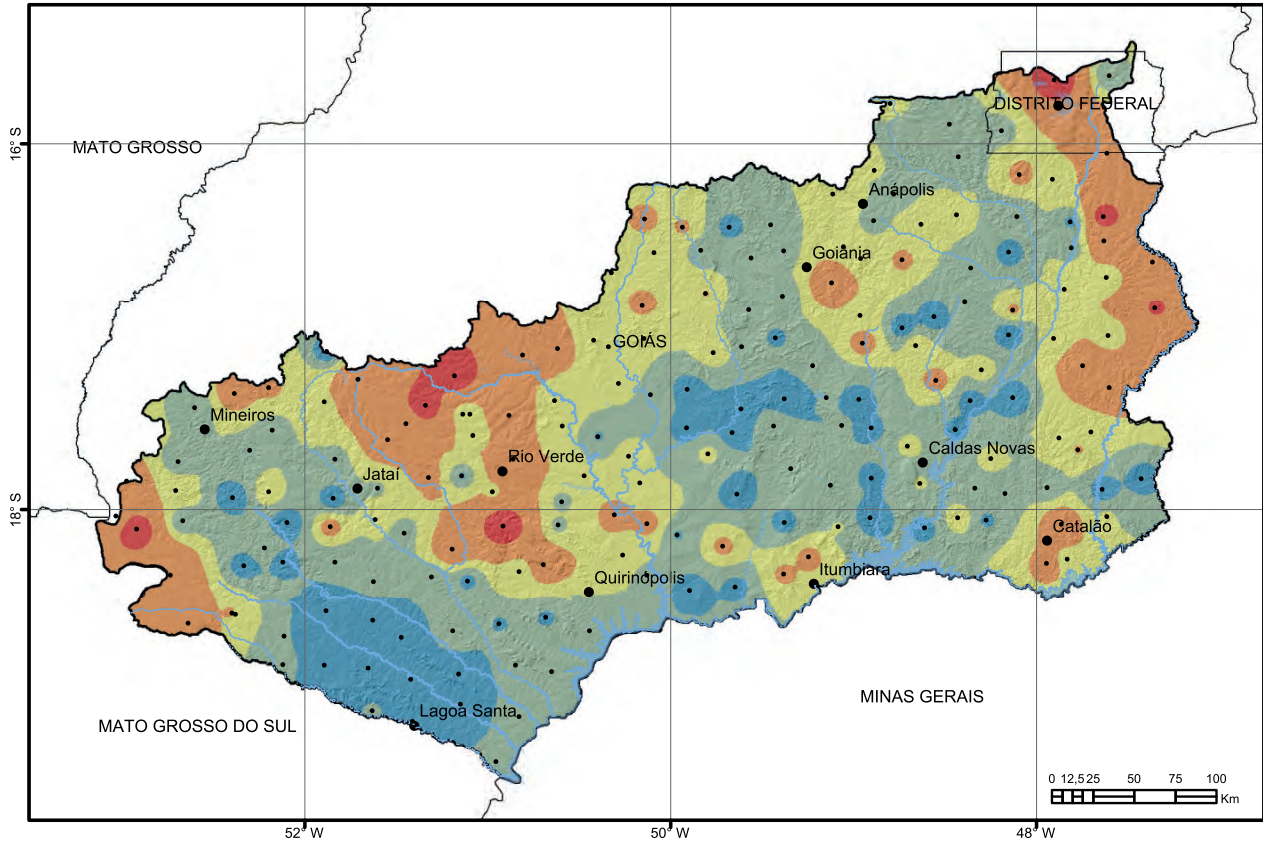
- < 85
- 85 - 167
- 167 - 303
- 303 - 623
- > 623



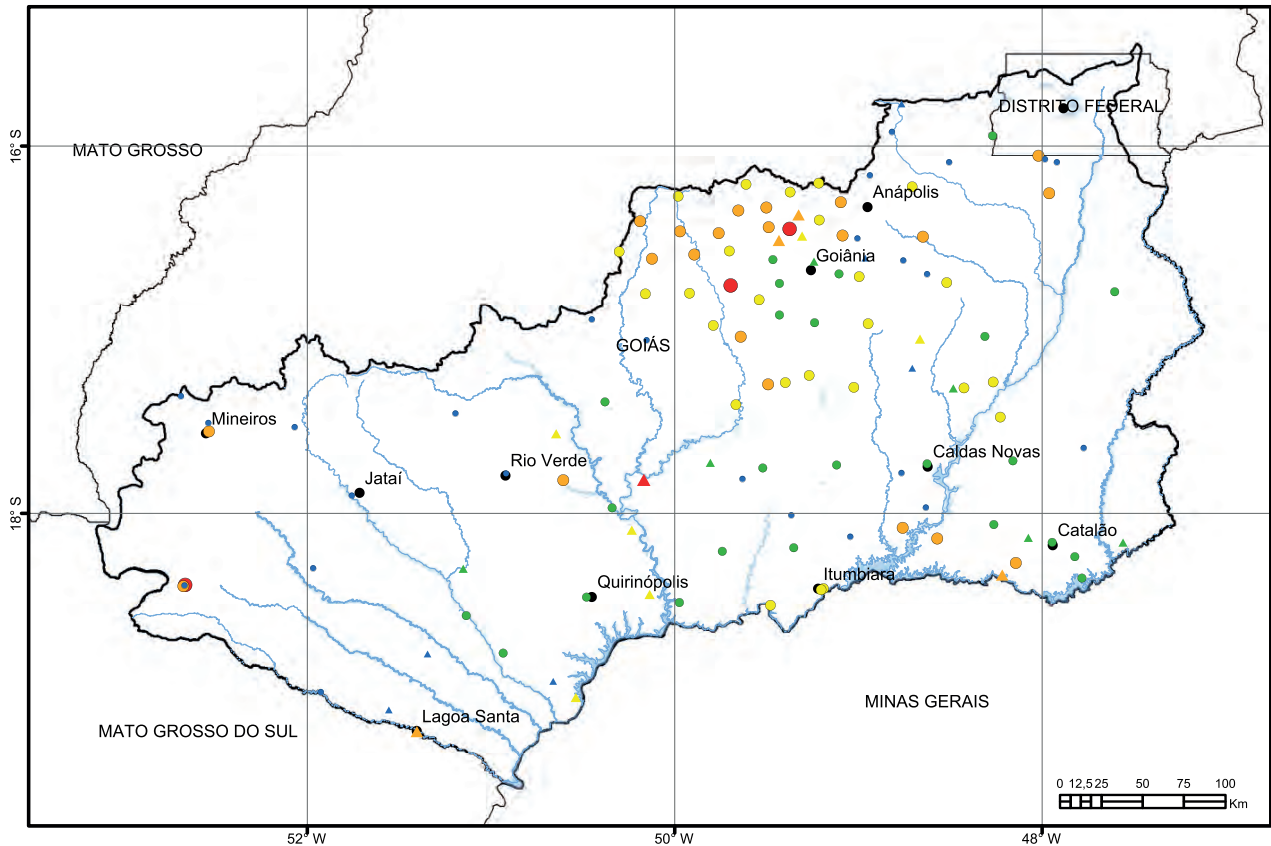
Estatística Descritiva	
Elemento	Mn (ppm)
Limite de Detecção	5,00
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	250,703
Valor Mínimo	24,00
Valor Máximo	1810,00
Variância	66640,17
Desvio Padrão	258,148
Coefficiente de Variação	102,969
Mediana	167,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	220



Estatística Descritiva	
Elemento	Mo (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	422
Valor Médio	0,463
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	8,42
Variância	0,4
Desvio Padrão	0,67
Coefficiente de Variação	144,673
Mediana	0,33
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Mo (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	183
Valor Médio	1,068
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	4,58
Variância	0,70
Desvio Padrão	0,837
Coefficiente de Variação	78,38
Mediana	0,96
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	30
Valor de Prevenção NOAA SQRT	3



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

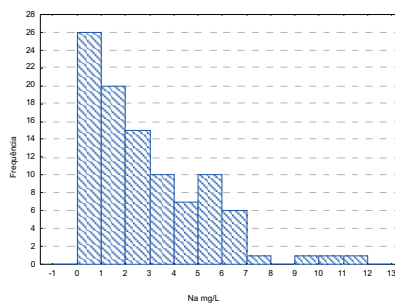
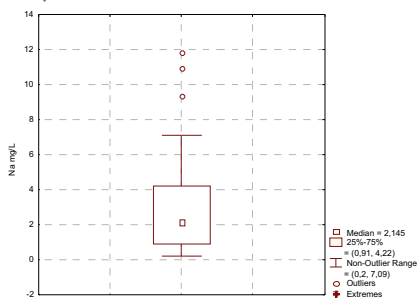
Captação em drenagem Na (mg/L)

- < 0,91
- 0,91 - 2,14
- 2,14 - 4,22
- 4,22 - 7,09
- > 7,09

Captação em poço Na (mg/L)

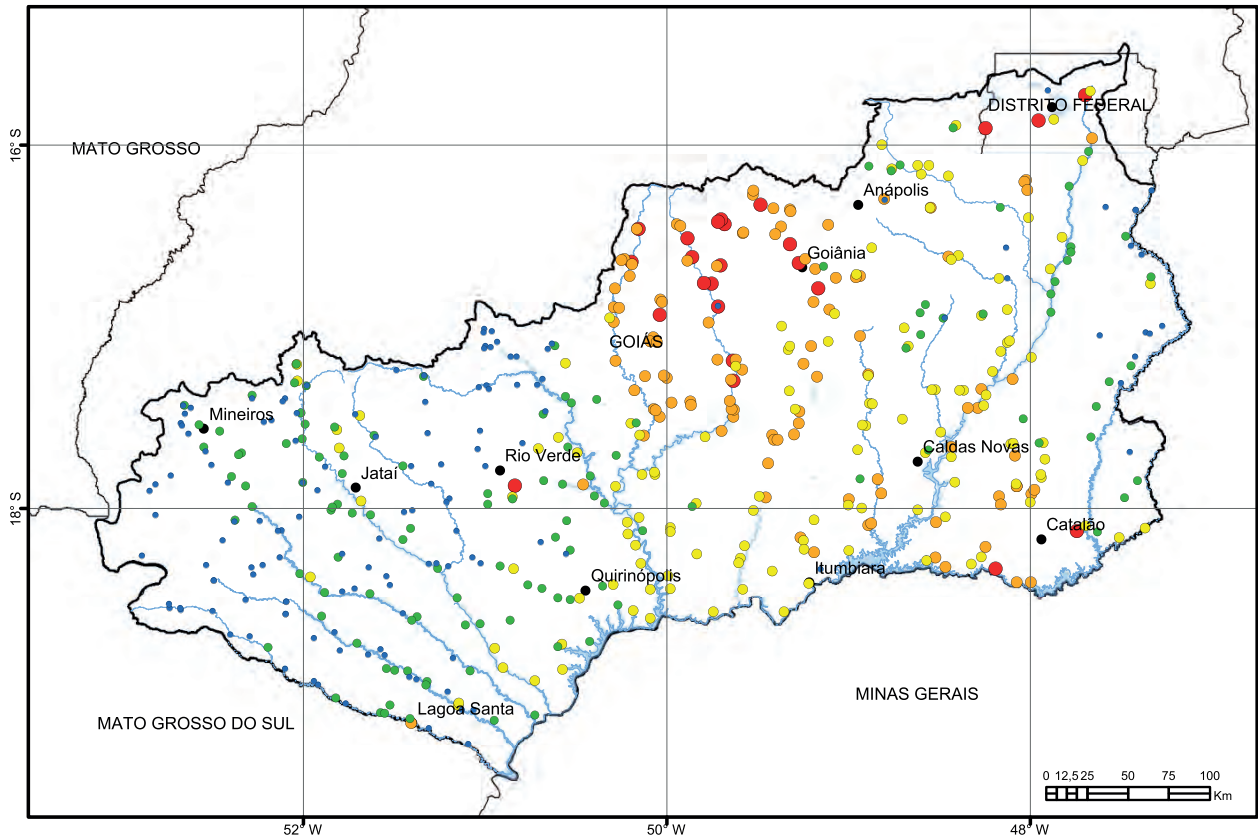
- < 1,85
- 1,85 - 5,44
- 5,44 - 6,36
- 6,36 - 12,40
- > 12,40

Captação em drenagem



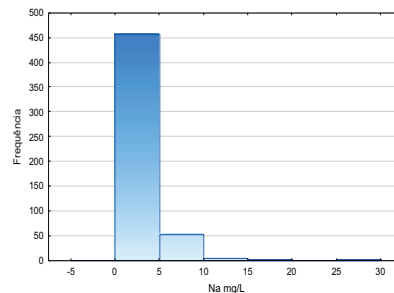
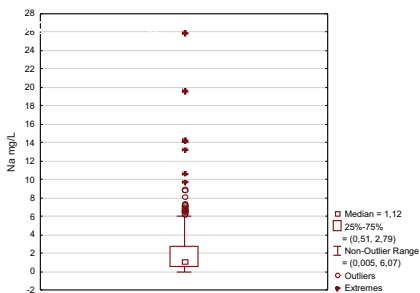
Estatística Descritiva

Elemento	Na (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	
Valor Médio	3,75
Valor Mínimo	0,20
Valor Máximo	41,50
Variância	24,648
Desvio Padrão	4,96
Coefficiente de Variação	132,248
Mediana	2,53
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	200

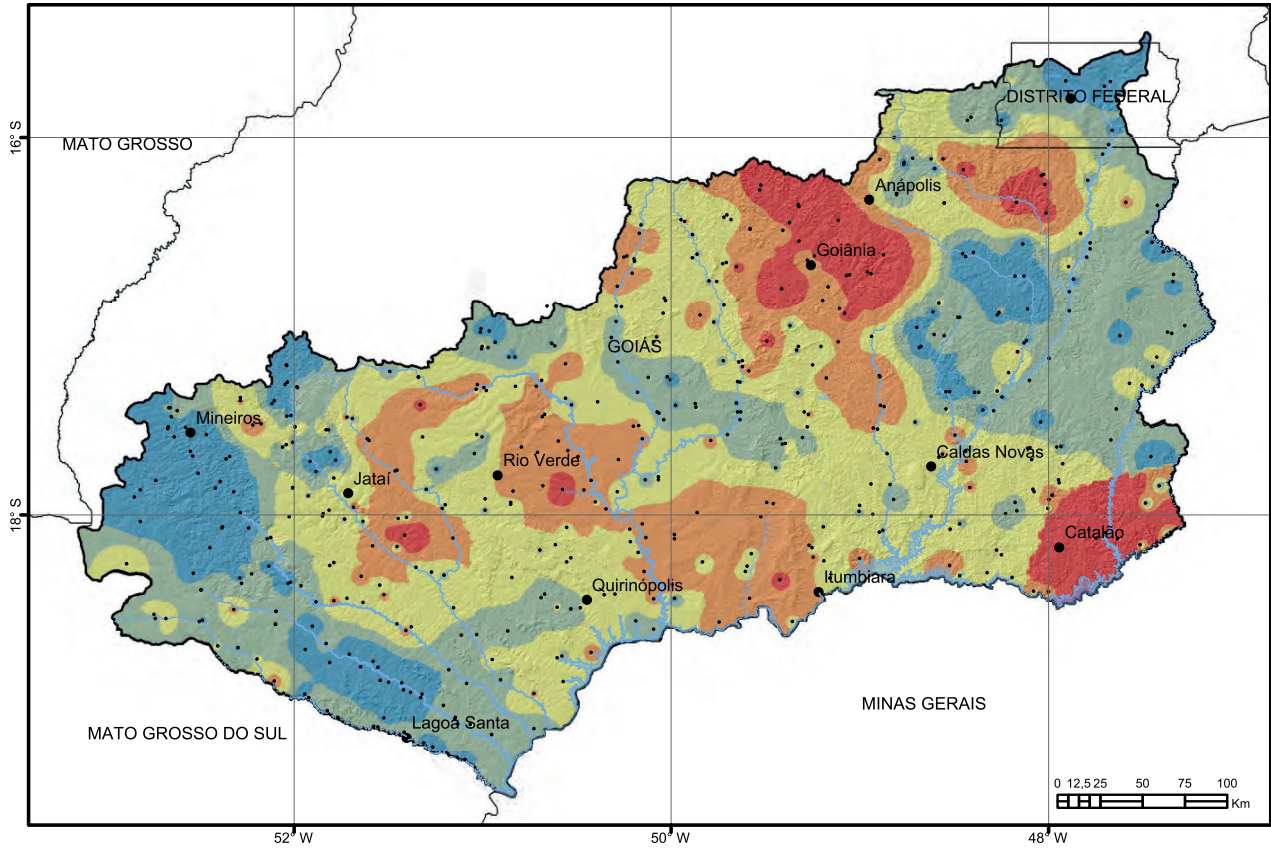


Legenda

- Rios principais
 - Municípios
 - Limites estaduais
 - Limite da bacia
- Na (mg/L)**
- < 0,51
 - 0,51 - 1,12
 - 1,12 - 2,79
 - 2,79 - 6,07
 - > 6,07



Estatística Descritiva	
Elemento	Na (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	512
Valor Médio	2,07
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	25,90
Variância	6,198
Desvio Padrão	2,49
Coefficiente de Variação	120,39
Mediana	1,12
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	—

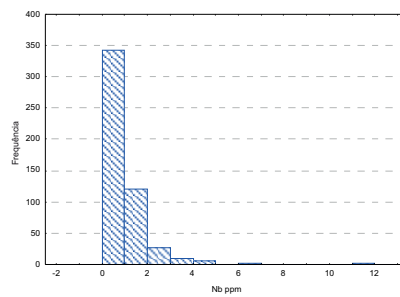
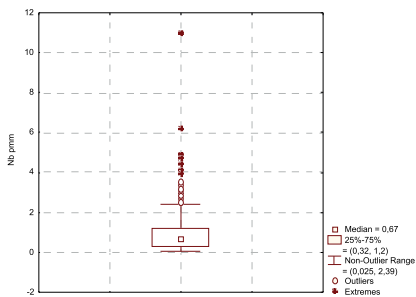


Legenda

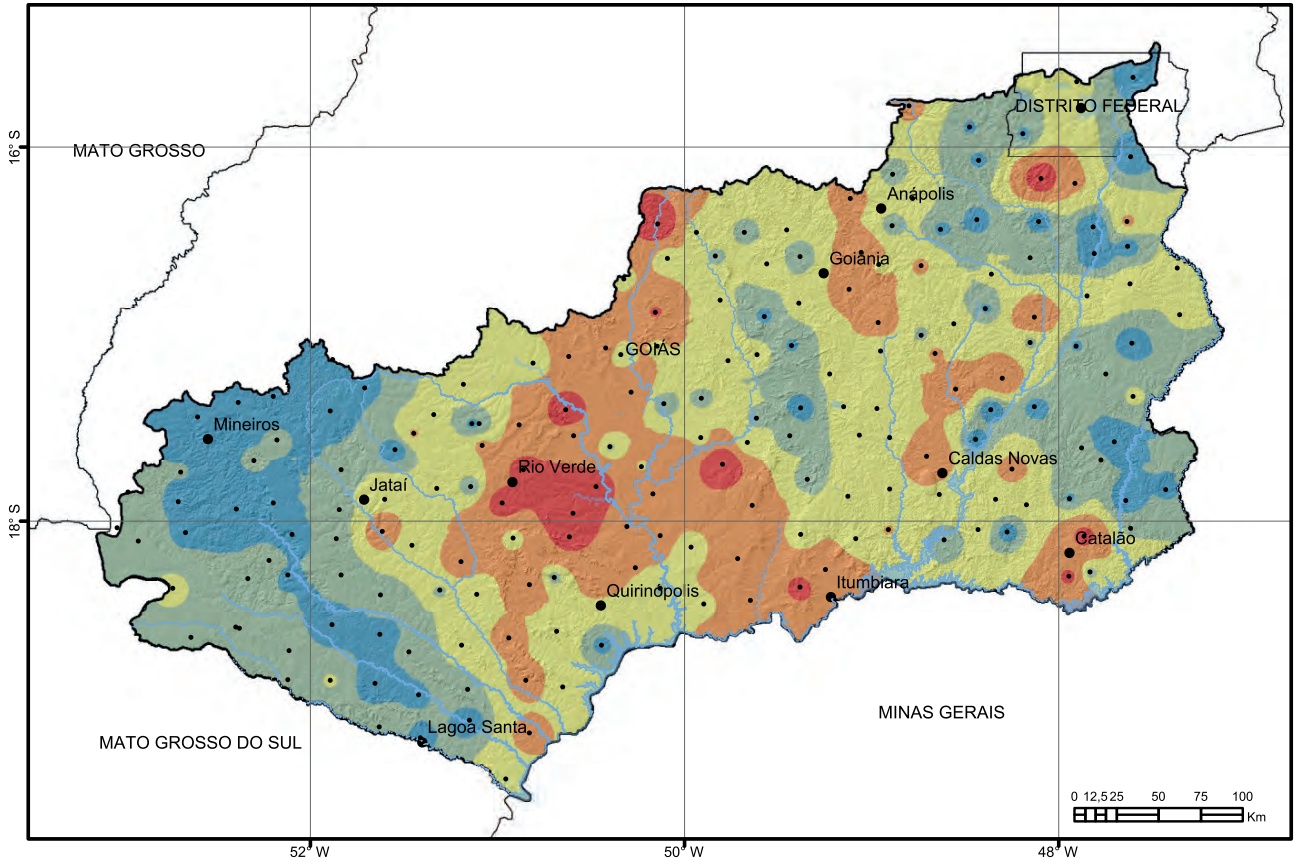
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Nb (ppm)

- < 0,32
- 0,32 - 0,67
- 0,67 - 1,20
- 1,20 - 2,39
- > 2,39



Estatística Descritiva	
Elemento	Nb (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	473
Valor Médio	0,900
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	11,01
Variância	28,40
Desvio Padrão	0,956
Coefficiente de Variação	469,10
Mediana	0,67
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

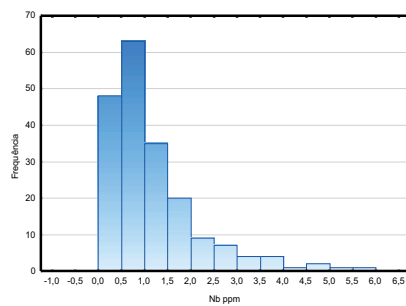
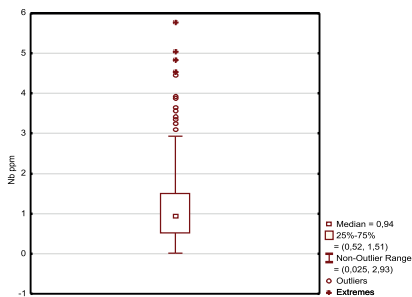


Legenda

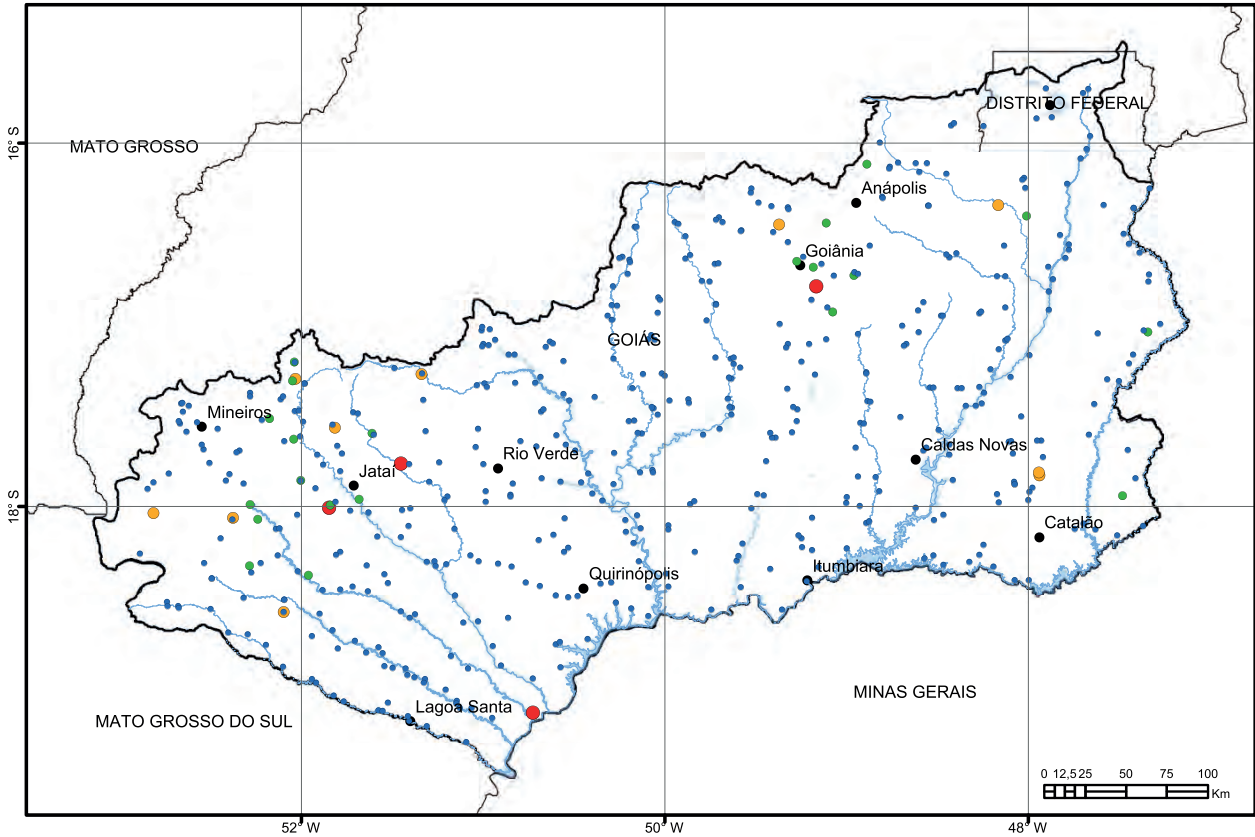
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Nb (ppm)

- < 0,52
- 0,52 - 0,9
- 0,9 - 1,51
- 1,51 - 2,93
- > 2,93



Estatística Descritiva	
Elemento	Nb (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	193
Valor Médio	1,195
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	5,77
Variância	1,02
Desvio Padrão	1,012
Coefficiente de Variação	84,633
Mediana	0,94
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

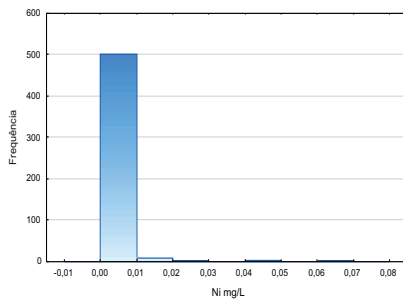
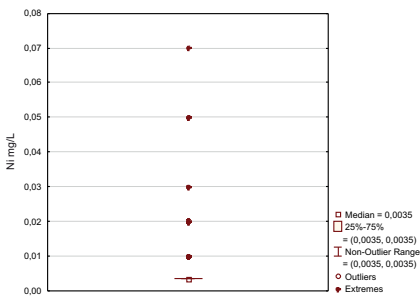


Legenda

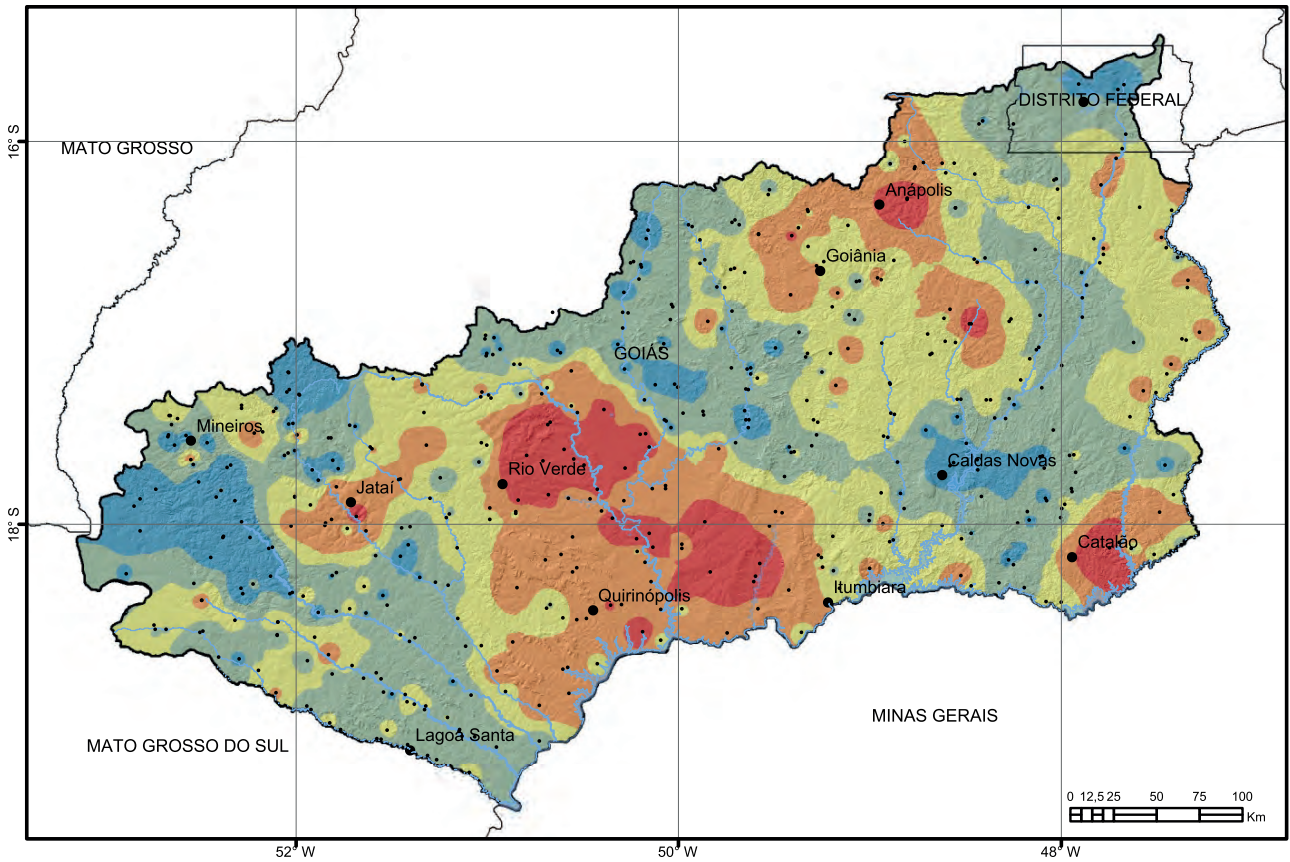
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Ni (mg/L)

- < 0,007
- 0,007 - 0,01
- 0,01 - 0,03
- > 0,03



Estatística Descritiva	
Elemento	Ni (mg/L)
Limite de Quantificação	0,007
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	35
Valor Médio	0,005
Valor Mínimo	0,007
Valor Máximo	0,07
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,005
Coefficiente de Variação	118,817
Mediana	0,0035
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,025

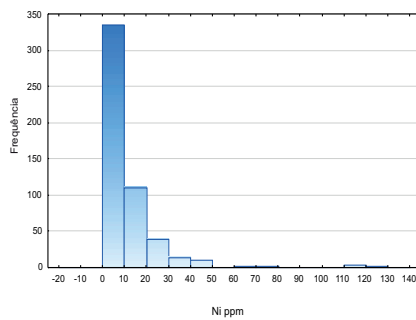
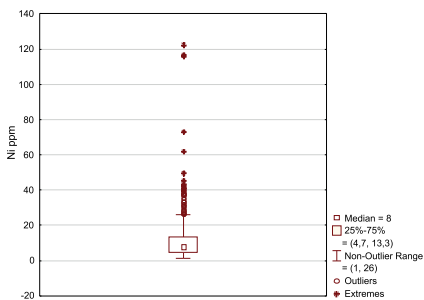


Legenda

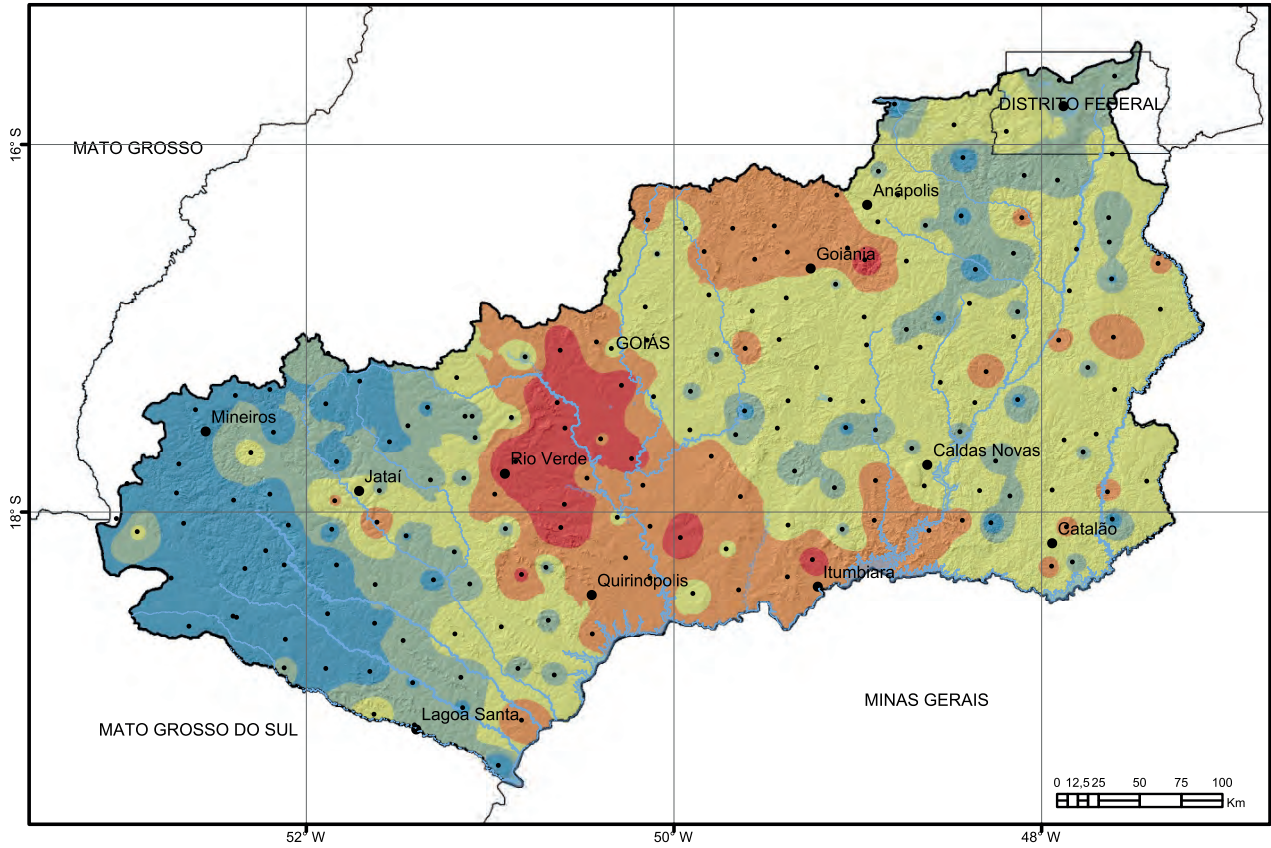
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Ni (ppm)

- < 4,7
- 4,7 - 8,0
- 8,0 - 13,3
- 13,3 - 26,0
- > 26,0



Estatística Descritiva	
Elemento	Ni (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	11,213
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	122,30
Variância	152,30
Desvio Padrão	12,342
Coefficiente de Variação	110,062
Mediana	8,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	18
Valor de Prevenção NOAA SQRT	18

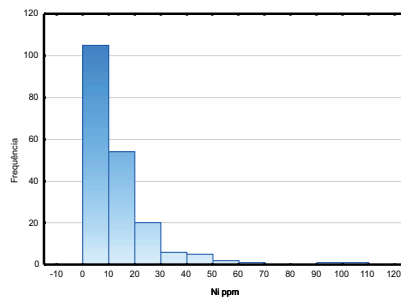
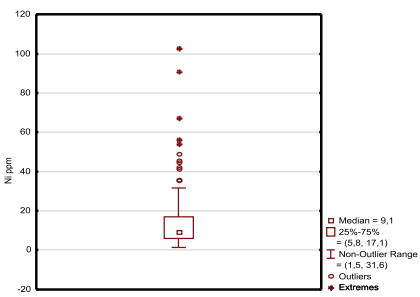


Legenda

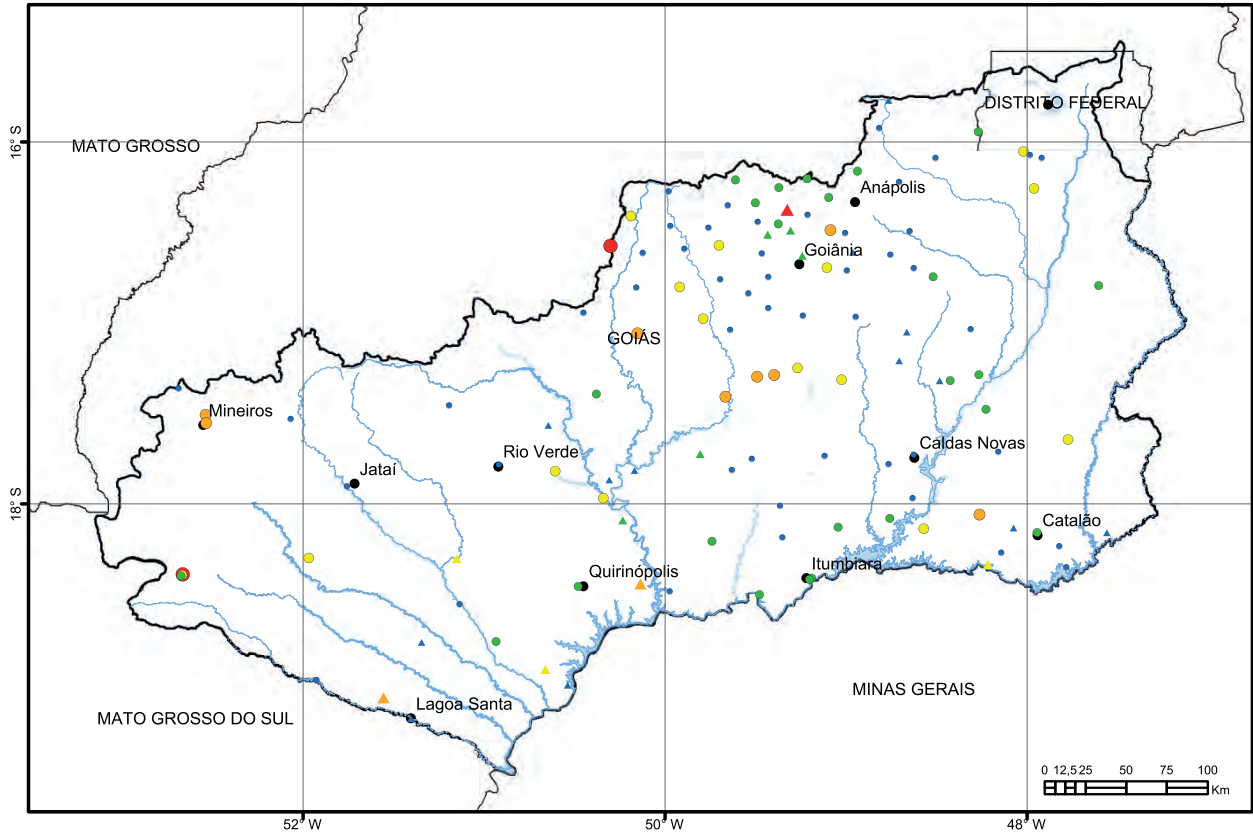
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Ni (ppm)

- < 5,8
- 5,8 - 9,1
- 9,1 - 17,1
- 17,1 - 31,6
- > 31,6



Estatística Descritiva	
Elemento	Ni (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	13,743
Valor Mínimo	1,500
Variância	188,14
Desvio Padrão	13,716
Coefficiente de Variação	99,806
Valor Máximo	102,80
Mediana	9,10
Valor de prevenção Res. CONAMA 420/2009	30
Valor de Prevenção NOAA SQRT	0,26



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

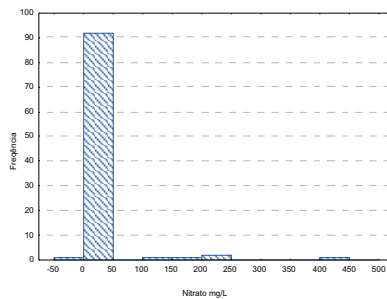
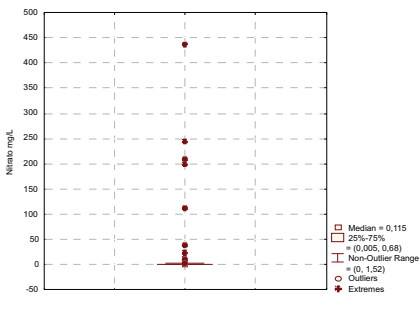
Captação em drenagem Nitrate (mg/L)

- < 0,11
- 0,11 - 0,63
- 0,63 - 3,91
- 3,91 - 211,0
- > 211,0

Captação em poço Nitrate (mg/L)

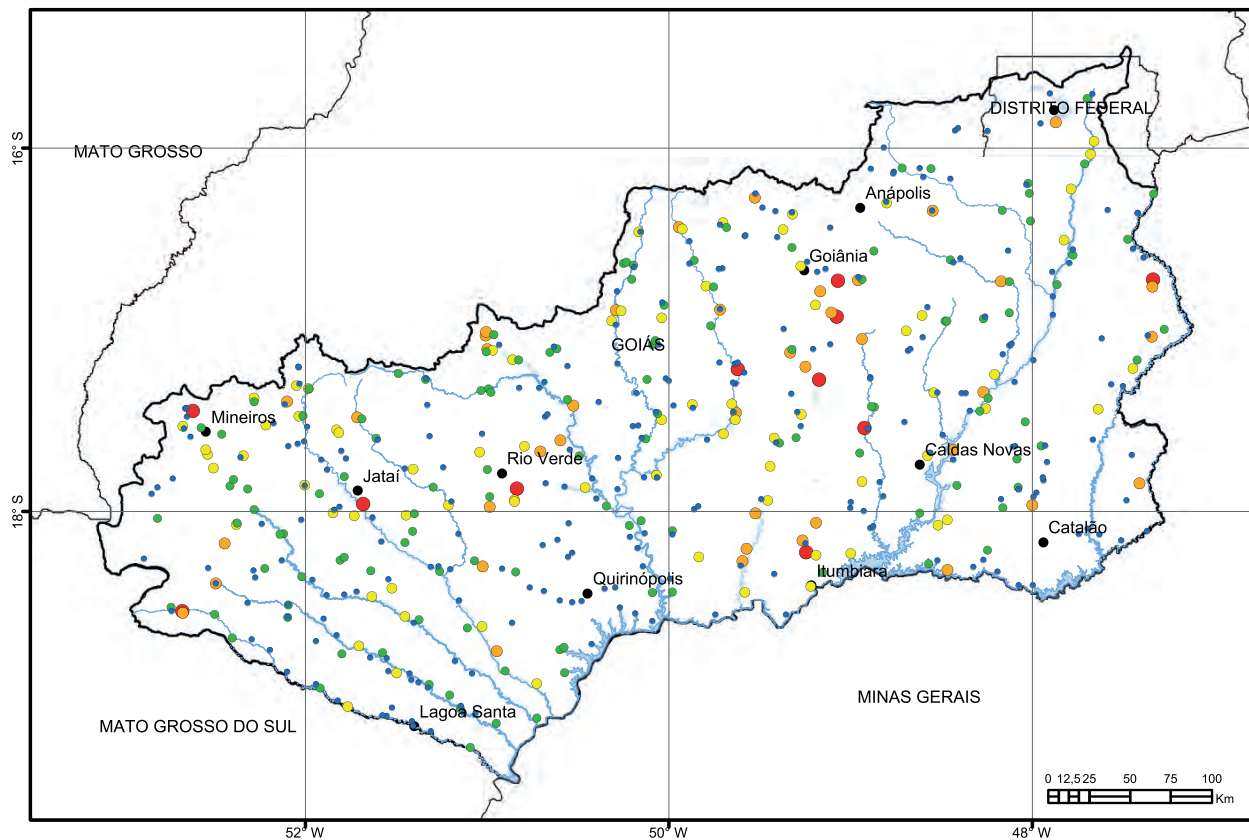
- < 0,20
- 0,20 - 1,20
- 1,20 - 5,50
- 5,50 - 30,90
- > 30,90

Captação em drenagem



Estatística Descritiva

Elemento	Nitrato (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	122
Result > Lim Quantif	89
Valor Médio	11,550
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	438,00
Variância	2770,53
Desvio Padrão	52,636
Coefficiente de Variação	455,716
Mediana	0,125
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	10 N

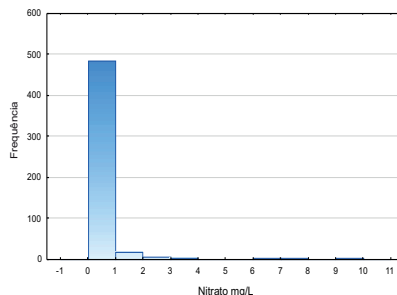
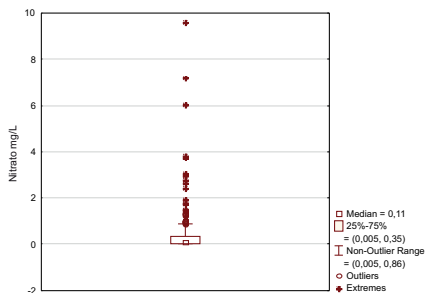


Legenda

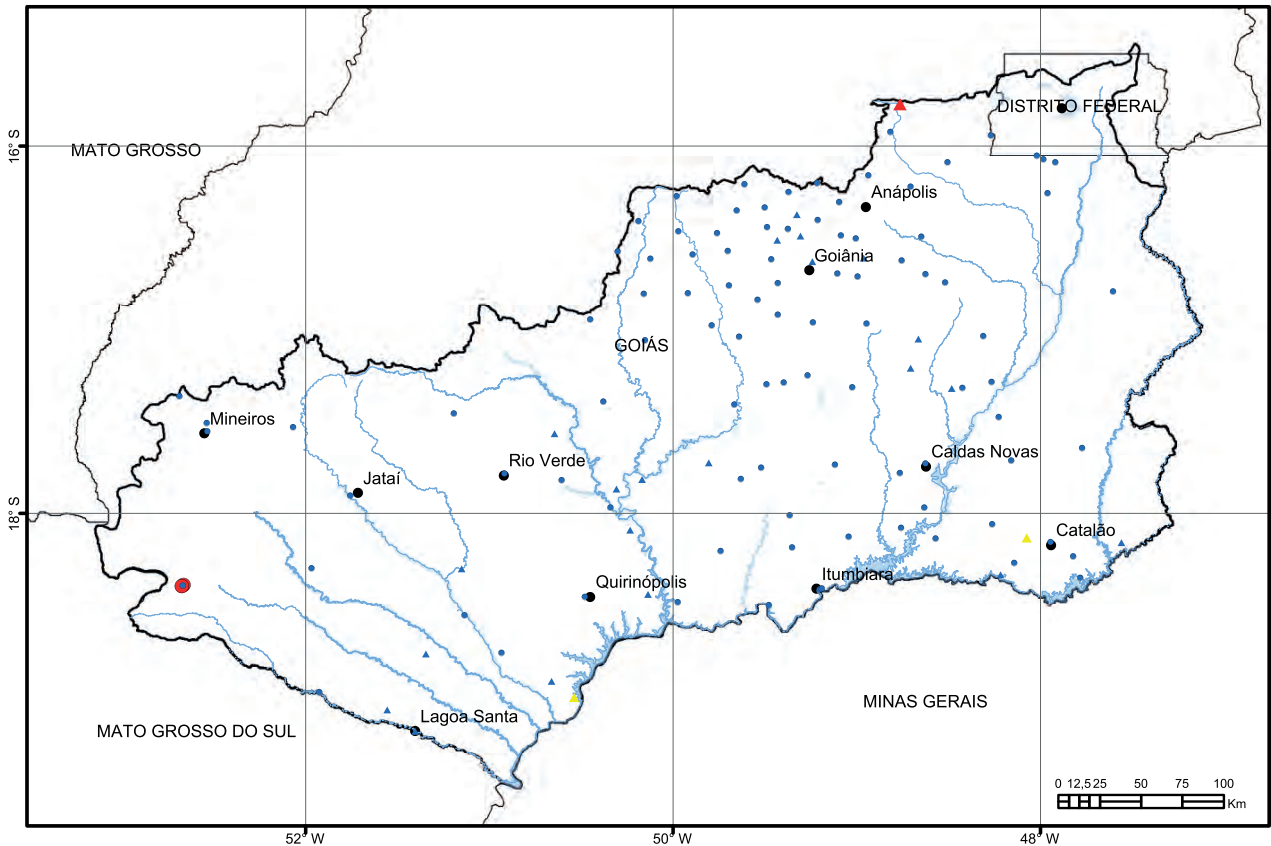
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Nitrato (mg/L)

- < 0,11
- 0,11 - 0,35
- 0,35 - 0,75
- 0,75 - 1,91
- > 1,91



Estatística Descritiva	
Elemento	Nitrato (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	511
Result > Lim Quantif	357
Valor Médio	0,315
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	9,61
Variância	0,538
Desvio Padrão	0,73
Coefficiente de Variação	232,575
Mediana	0,11
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	10 N



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

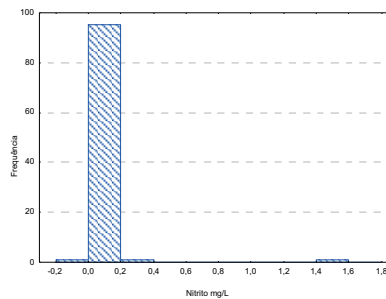
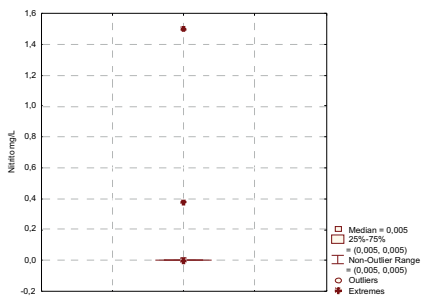
Captação em drenagem Nitrito (mg/L)

- < 0,027
- > 0,027

Captação em poço Nitrito (mg/L)

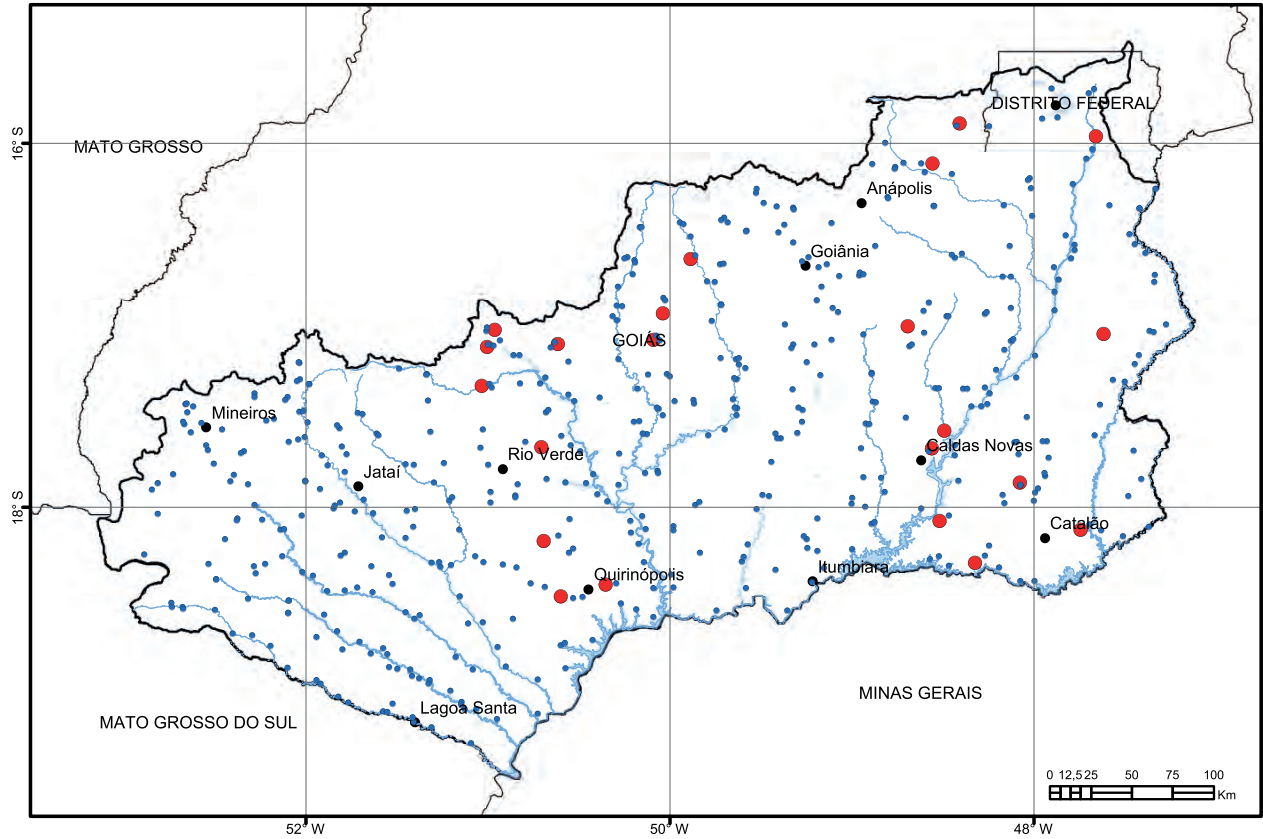
- < 0,026
- 0,026 - 0,055
- > 0,055

Captação em drenagem



Estatística Descritiva

Elemento	Nitrito (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	122
Result > Lim Quantif	5
Valor Médio	0,021
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	1,50
Variância	0,019
Desvio Padrão	0,14
Coefficiente de Variação	650,032
Mediana	0,005
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	1 N

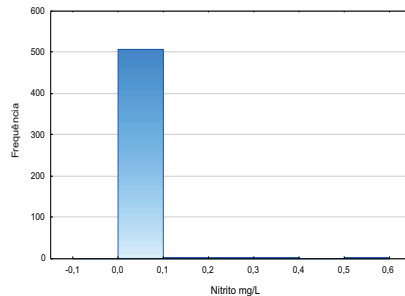
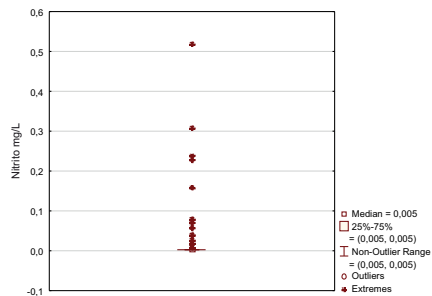


Legenda

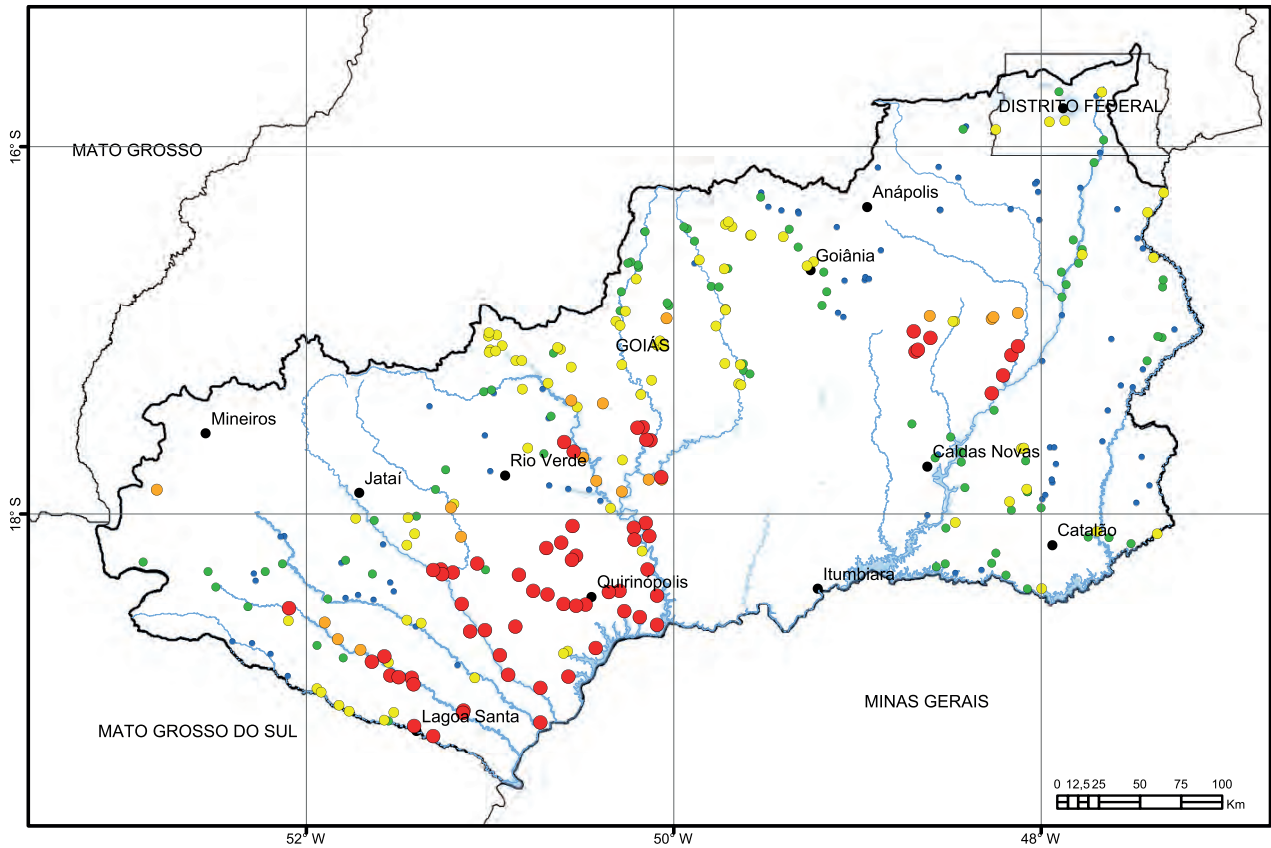
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Nitrito (mg/L)

- < 0,005
- 0,005 - 0,009
- > 0,009



Estatística Descritiva	
Elemento	Nitrito (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	511
Result > Lim Quantif	22
Valor Médio	0,009
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,52
Variância	0,001
Desvio Padrão	0,031
Coefficiente de Variação	359,09
Mediana	0,005
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	1 N

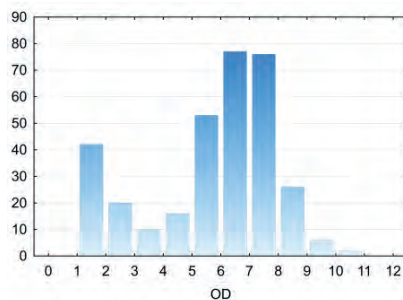
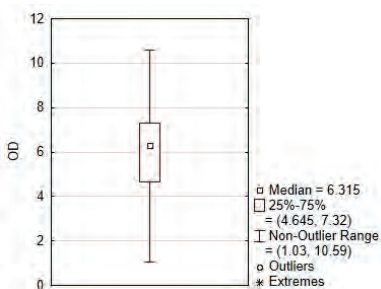


Legenda

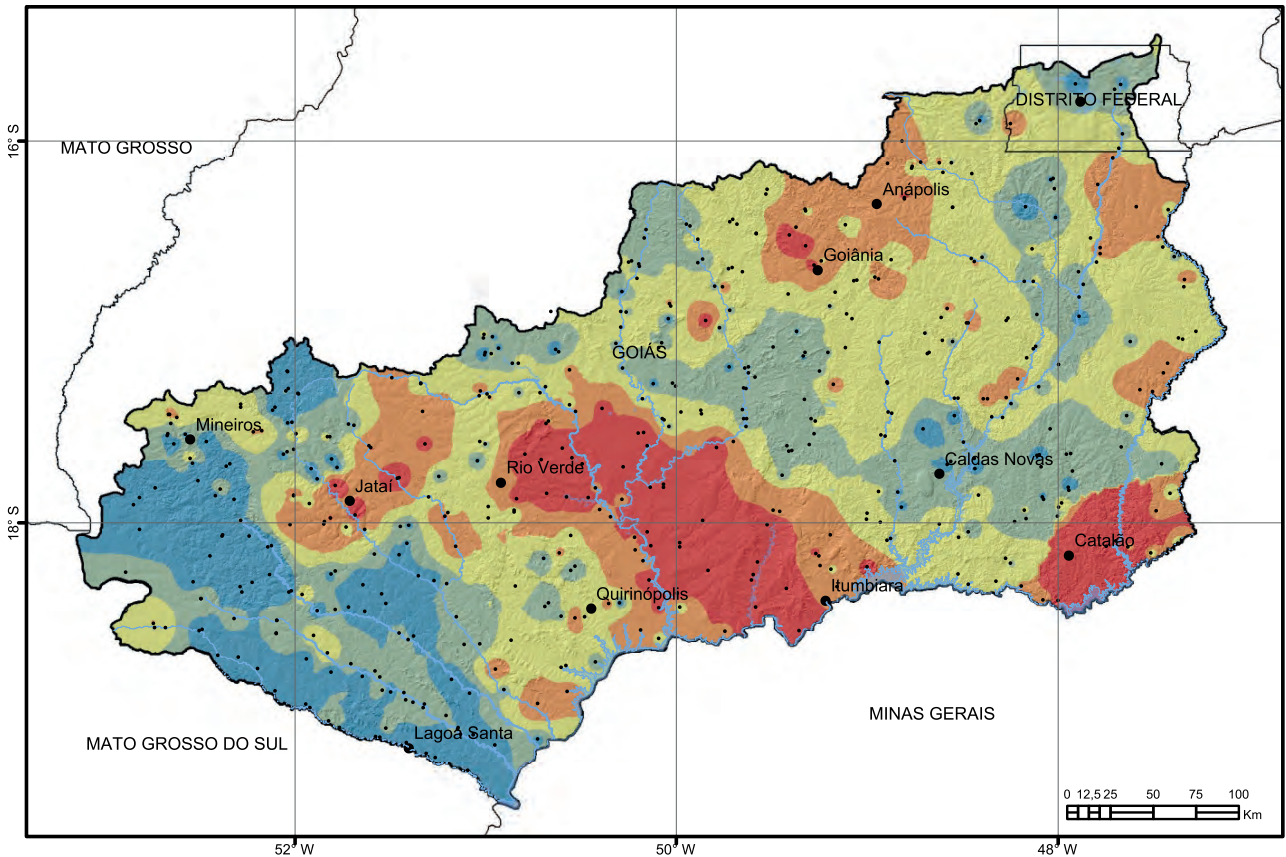
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

OD (mg/L)

- > 7,32
- 6,30 - 7,32
- 4,60 - 6,30
- 3,01 - 4,60
- < 3,01



Estatística Descritiva	
Elemento	OD (mg/L)
Limite de Quantificação	-
Número de medidas	328
Result > Lim Quantif	328
Valor Médio	5,74
Valor Mínimo	1,03
Valor Máximo	10,59
Variância	4,96
Desvio Padrão	2,23
Coefficiente de Variação	0,39
Mediana	6,32
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	> 6,0

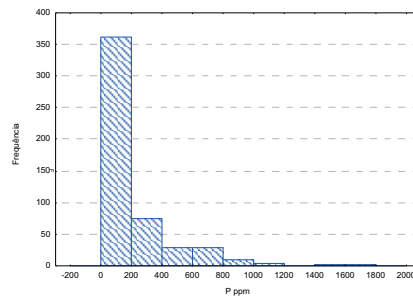
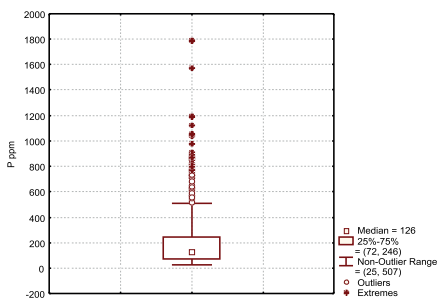


Legenda

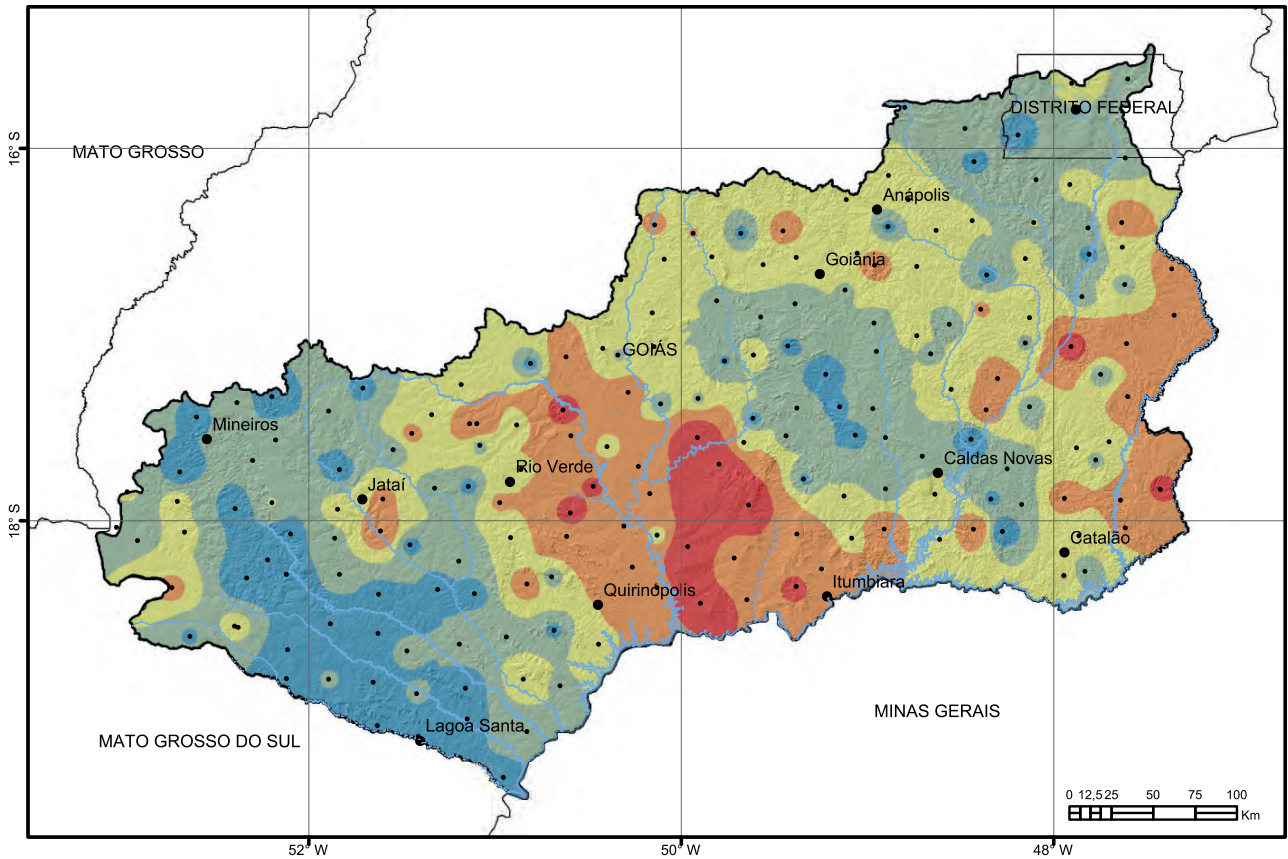
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

P (ppm)

- < 72
- 72 - 127
- 127 - 247
- 247 - 507
- > 507



Estatística Descritiva	
Elemento	P (ppm)
Limite de Detecção	50,00
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	434
Valor Médio	207,360
Valor Mínimo	50,00
Valor Máximo	1786,00
Variância	482859
Desvio Padrão	232,400
Coefficiente de Variação	294,204
Mediana	126,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

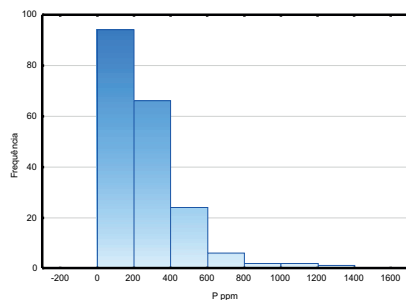
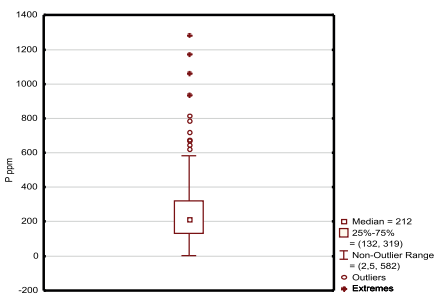


Legenda

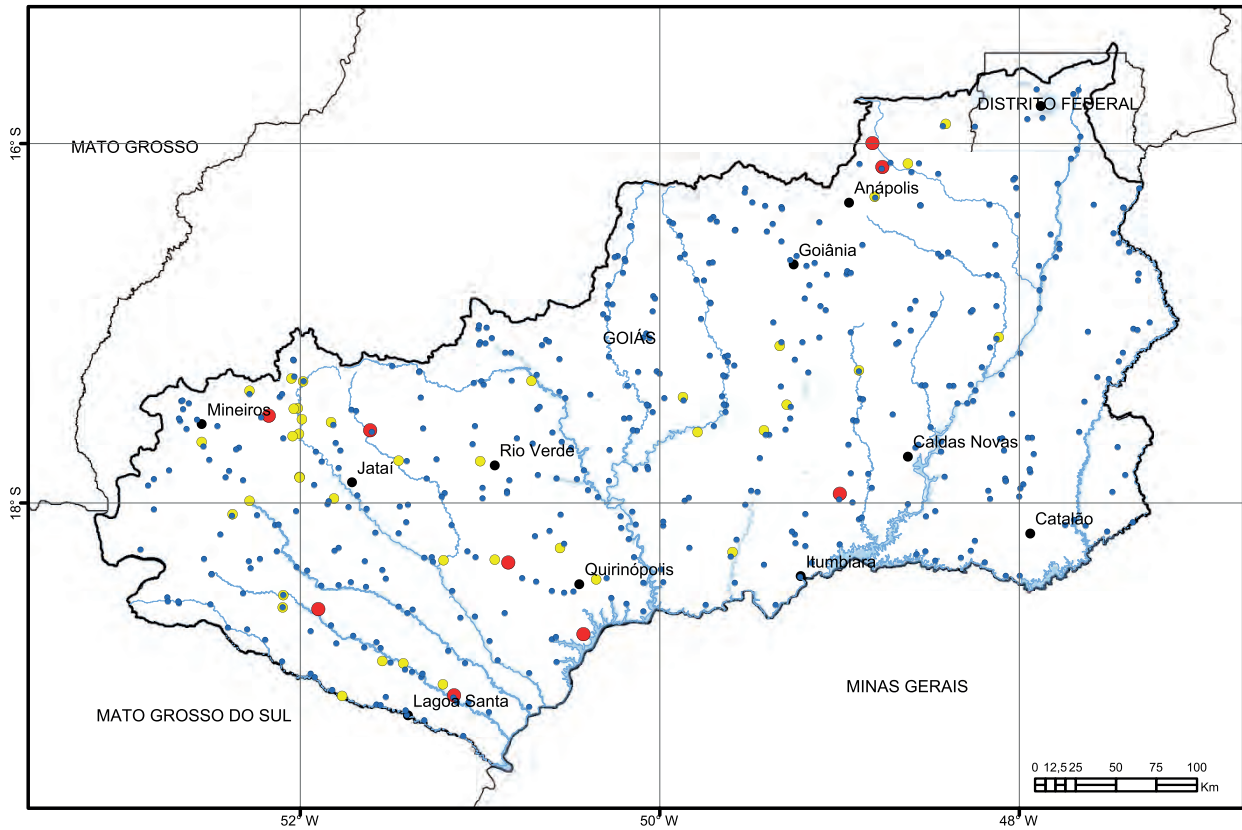
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

P (ppm)

- < 132
- 132 - 212
- 212 - 319
- 319 - 582
- > 582



Estatística Descritiva	
Elemento	P (ppm)
Limite de Detecção	50,00
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	192
Valor Médio	259,064
Valor Mínimo	50,00
Valor Máximo	1283,00
Variância	39043,29
Desvio Padrão	197,594
Coefficiente de Variação	76,272
Mediana	212,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

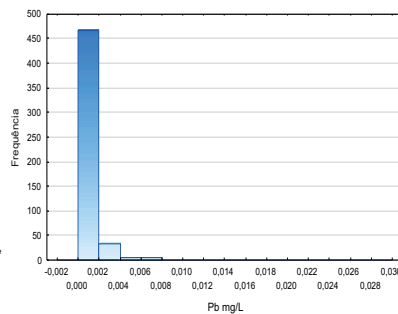
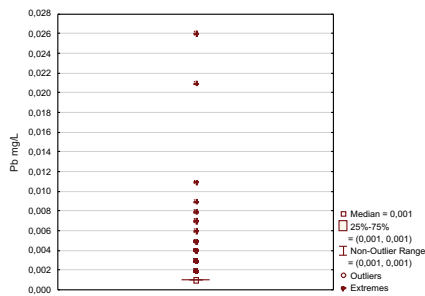


Legenda

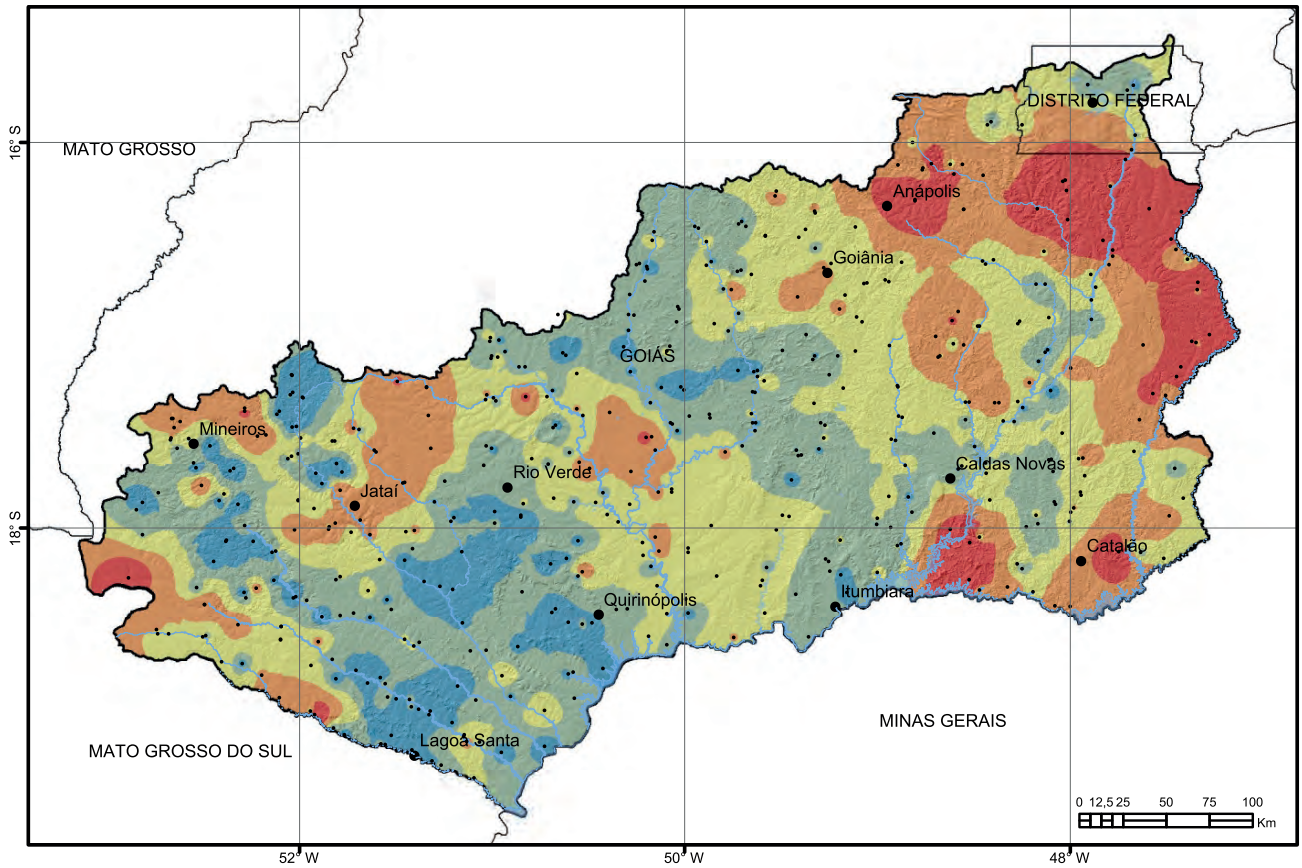
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Pb (mg/L)

- < 0,002
- 0,002 - 0,005
- > 0,005



Estatística Descritiva	
Elemento	Pb (mg/L)
Limite de Quantificação	0,002
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	64
Valor Médio	0,001
Valor Mínimo	0,002
Valor Máximo	0,026
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,002
Coefficiente de Variação	124,995
Mediana	0,001
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,01

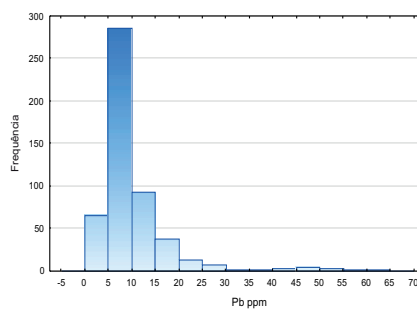
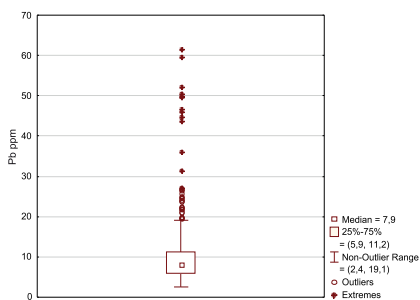


Legenda

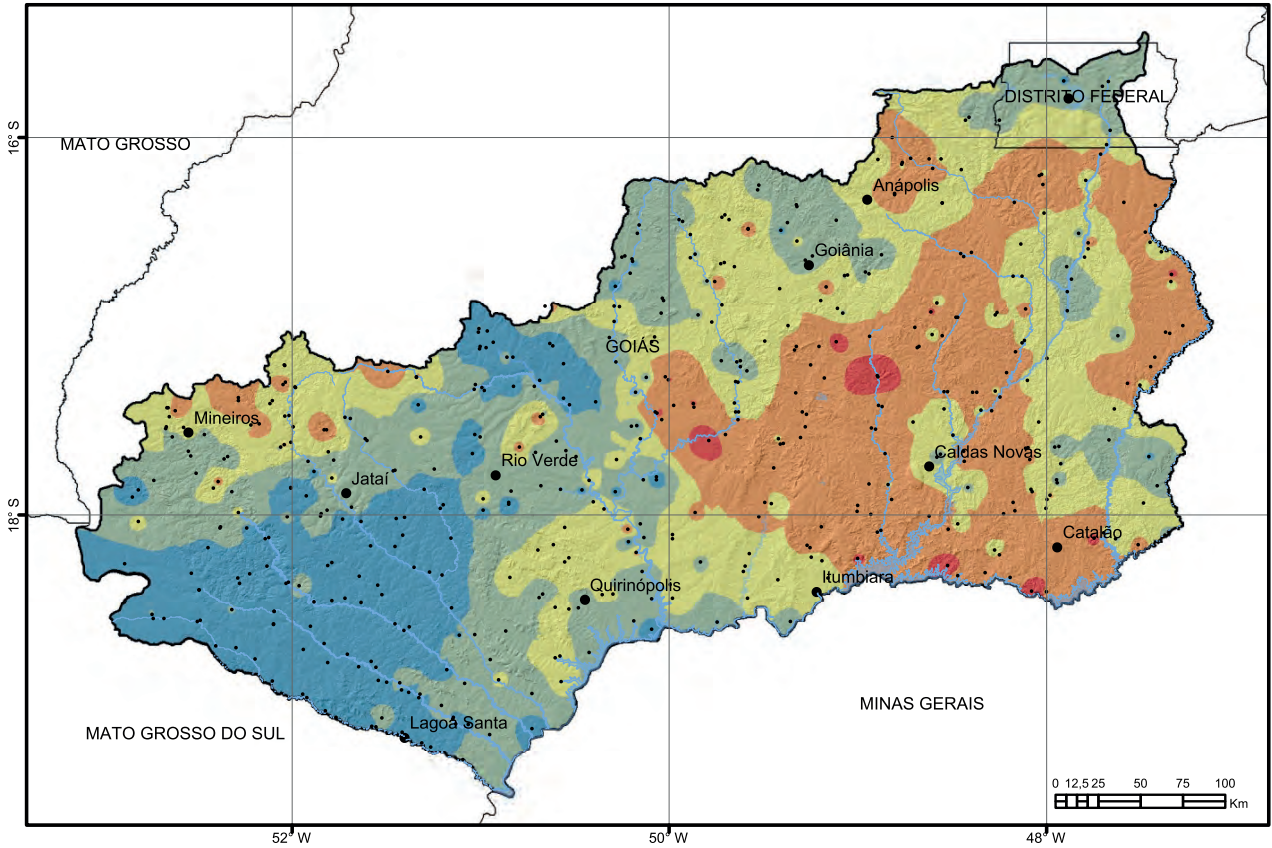
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Pb (ppm)

- < 5,9
- 5,9 - 7,9
- 7,9 - 11,2
- 11,2 - 19,1
- > 19,1



Estatística Descritiva	
Elemento	Pb (ppm)
Limite de Detecção	0,2
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	9,965
Valor Mínimo	2,40
Valor Máximo	61,70
Variância	57
Desvio Padrão	7,548
Coefficiente de Variação	75,746
Mediana	7,90
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	35
Valor de Prevenção NOAA SQRT	35

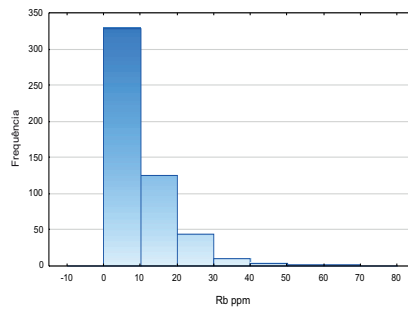
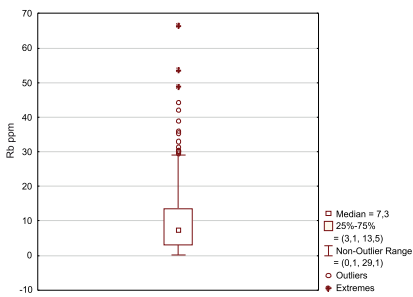


Legenda

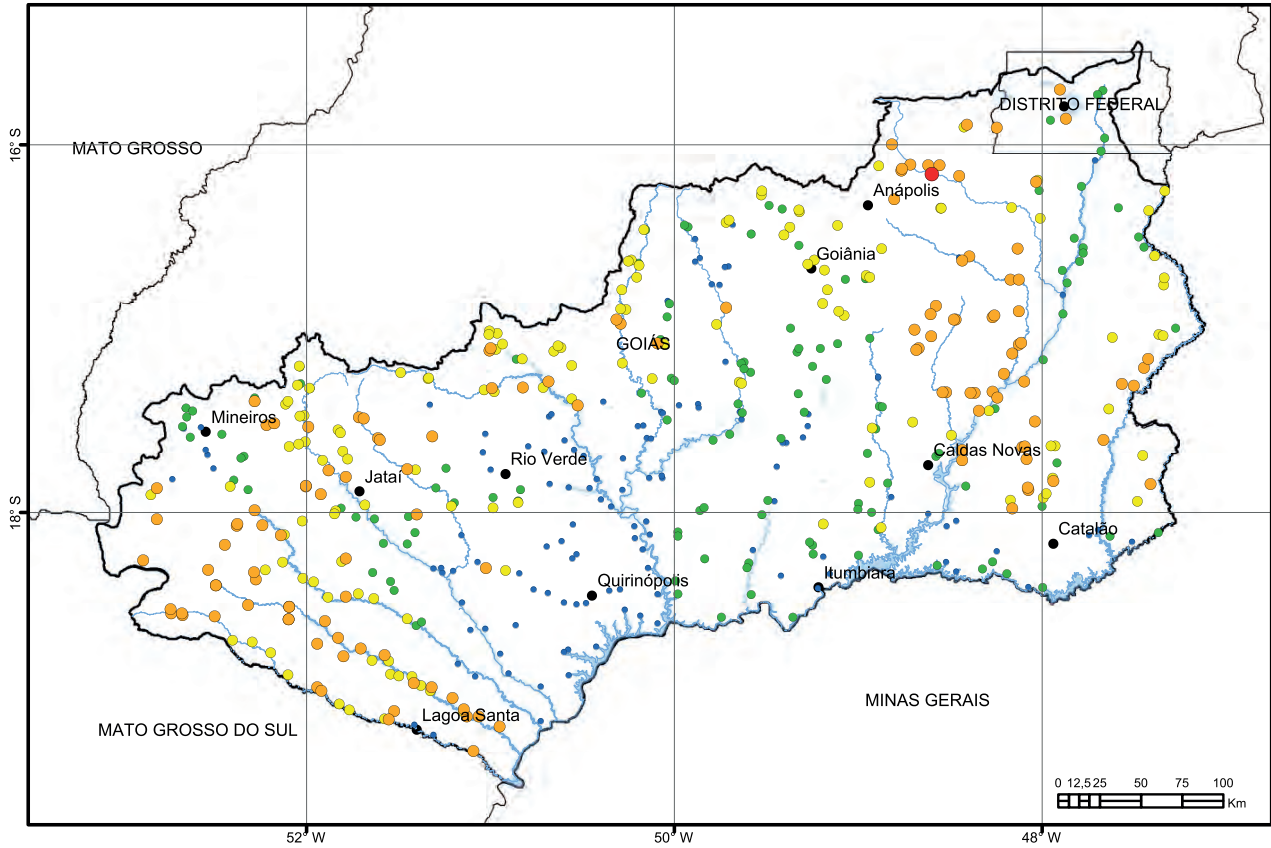
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Rb (ppm)

- < 3,1
- 3,1 - 7,3
- 7,3 - 13,5
- 13,5 - 29,1
- > 29,1



Estatística Descritiva	
Elemento	Rb (ppm)
Limite de Detecção	0,20
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	504
Valor Médio	9,494
Valor Mínimo	0,20
Valor Máximo	66,60
Variância	76,10
Desvio Padrão	8,725
Coefficiente de Variação	91,896
Mediana	7,30
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

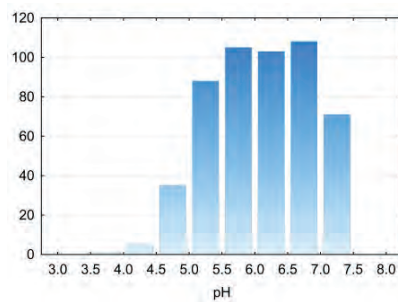
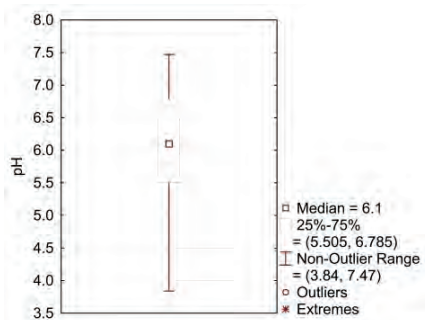


Legenda

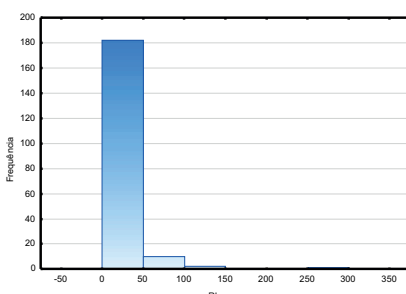
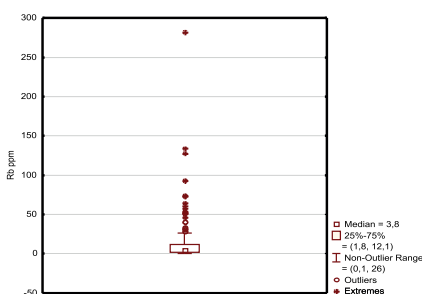
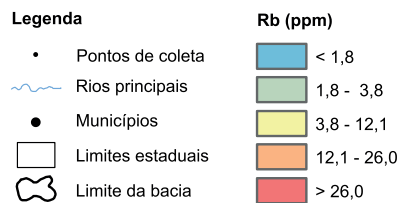
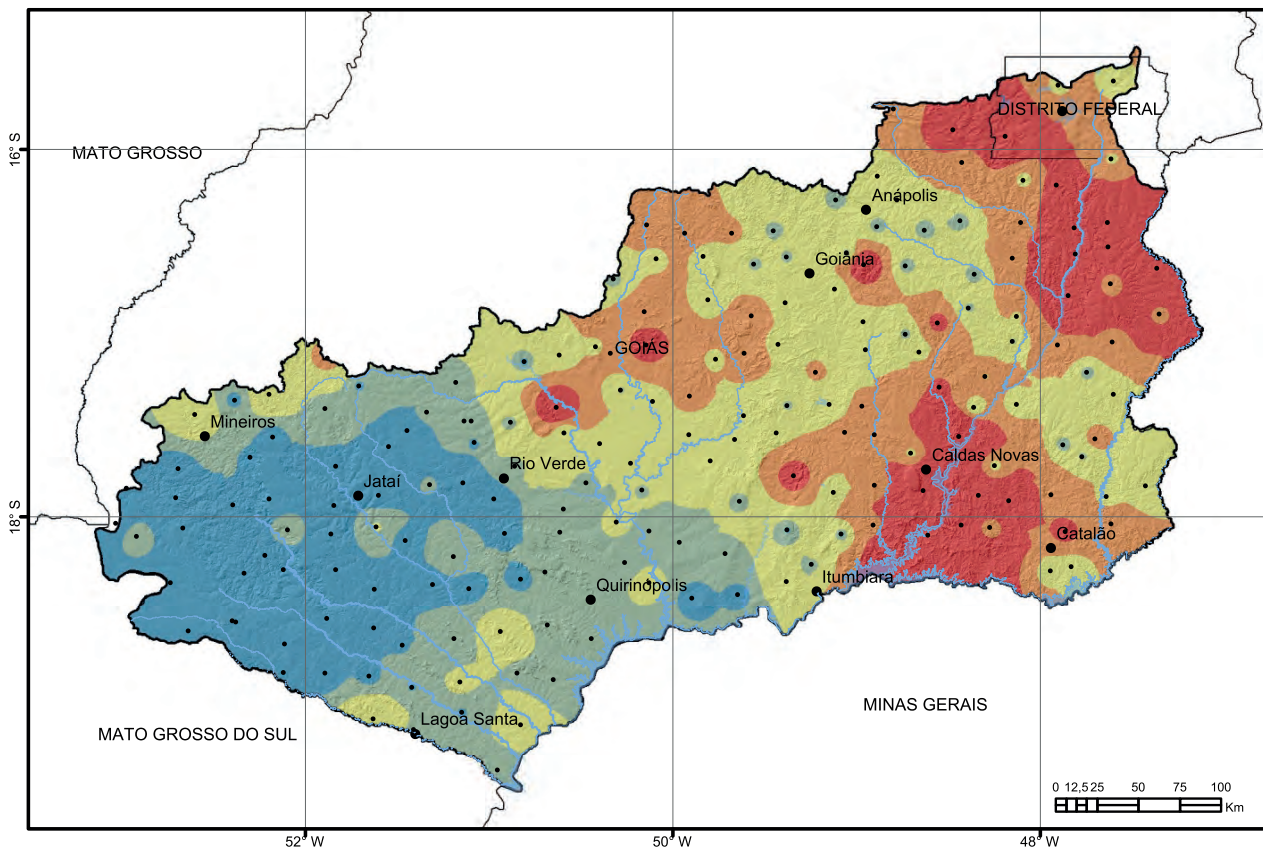
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

pH

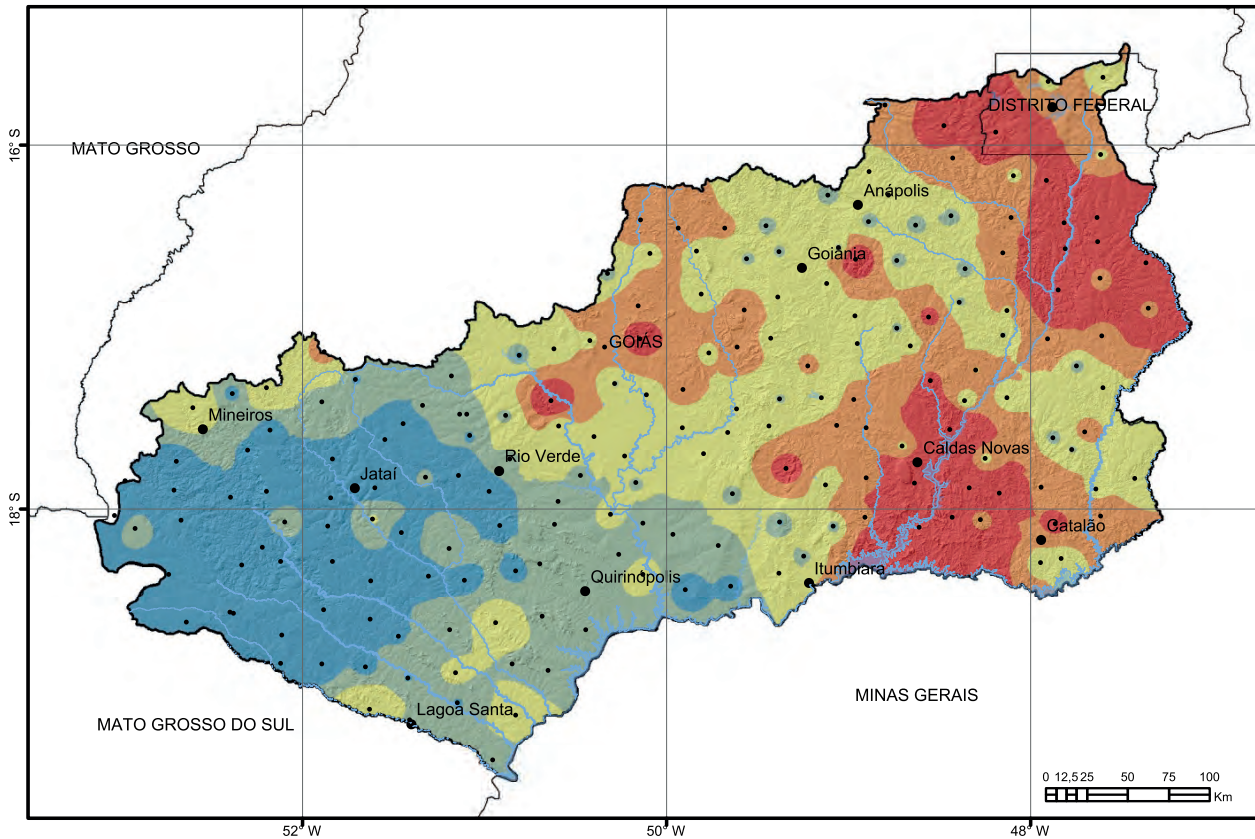
- > 6,80
- 6,10 - 6,80
- 5,50 - 6,10
- 4,00 - 5,50
- < 4,00



Estatística Descritiva	
Elemento	pH
Limite de Quantificação	-
Número de medidas	516
Result > Lim Quantif	516
Valor Médio	6,09
Valor Mínimo	3,84
Valor Máximo	7,47
Variância	0,56
Desvio Padrão	0,75
Coefficiente de Variação	0,12
Mediana	6,10
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	6,0 a 9,0



Estatística Descritiva	
Elemento	Rb (ppm)
Limite de Detecção	0,20
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	194
Valor Médio	12,94
Valor Mínimo	0,20
Valor Máximo	282,10
Variância	753,73
Desvio Padrão	27,454
Coefficiente de Variação	212,216
Mediana	3,80
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

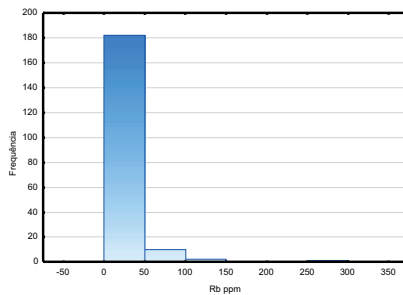
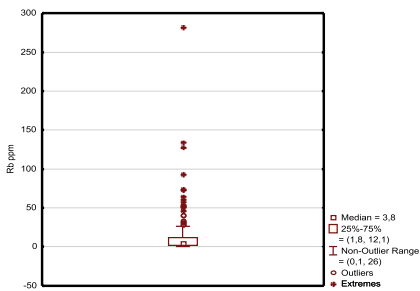


Legenda

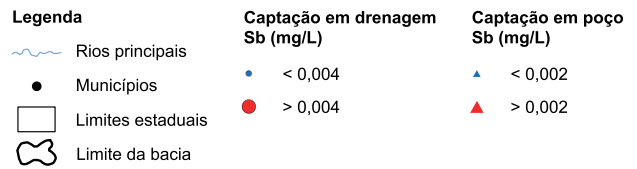
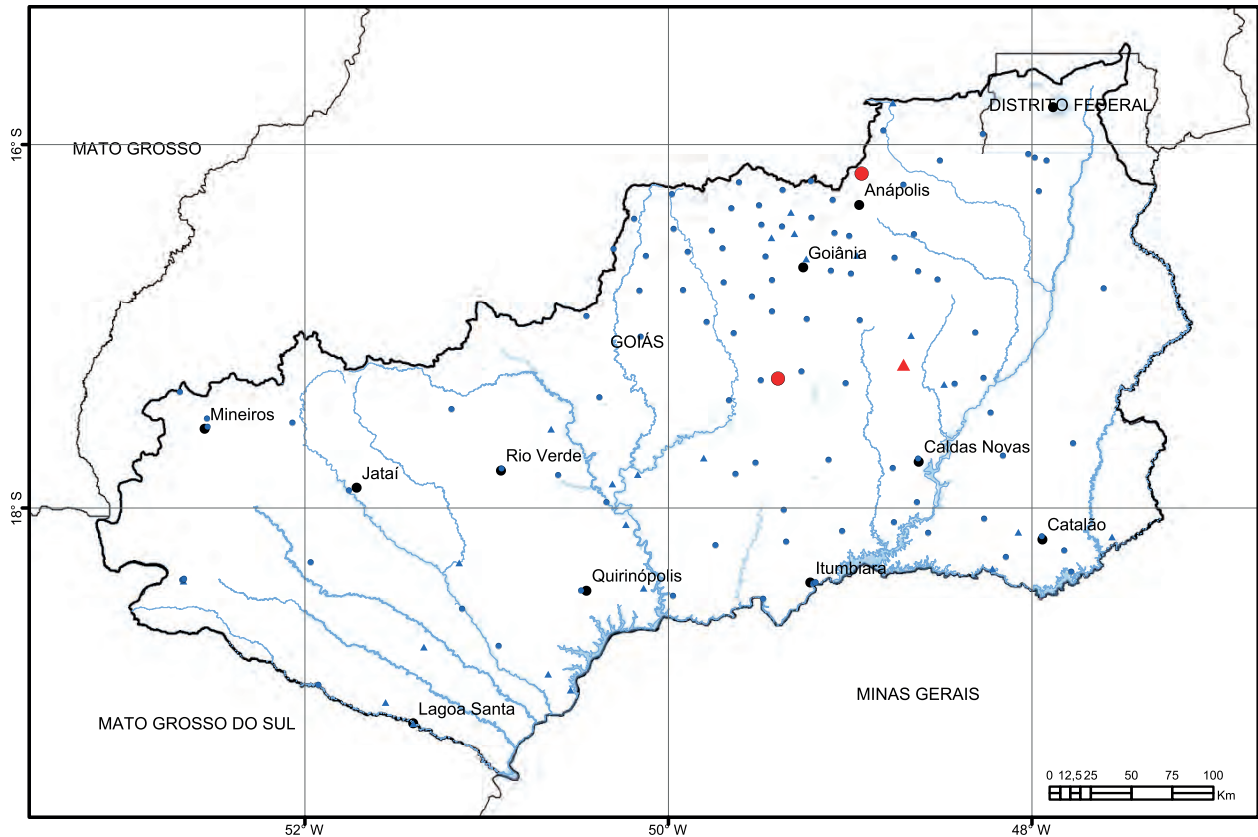
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

Rb (ppm)

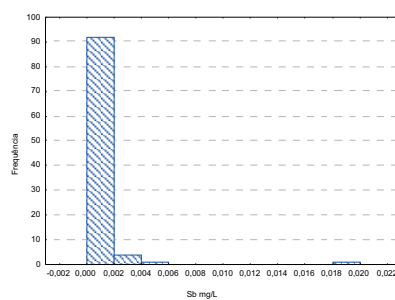
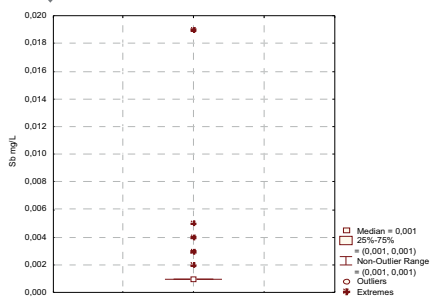
- < 1,8
- 1,8 - 3,8
- 3,8 - 12,1
- 12,1 - 26,0
- > 26,0



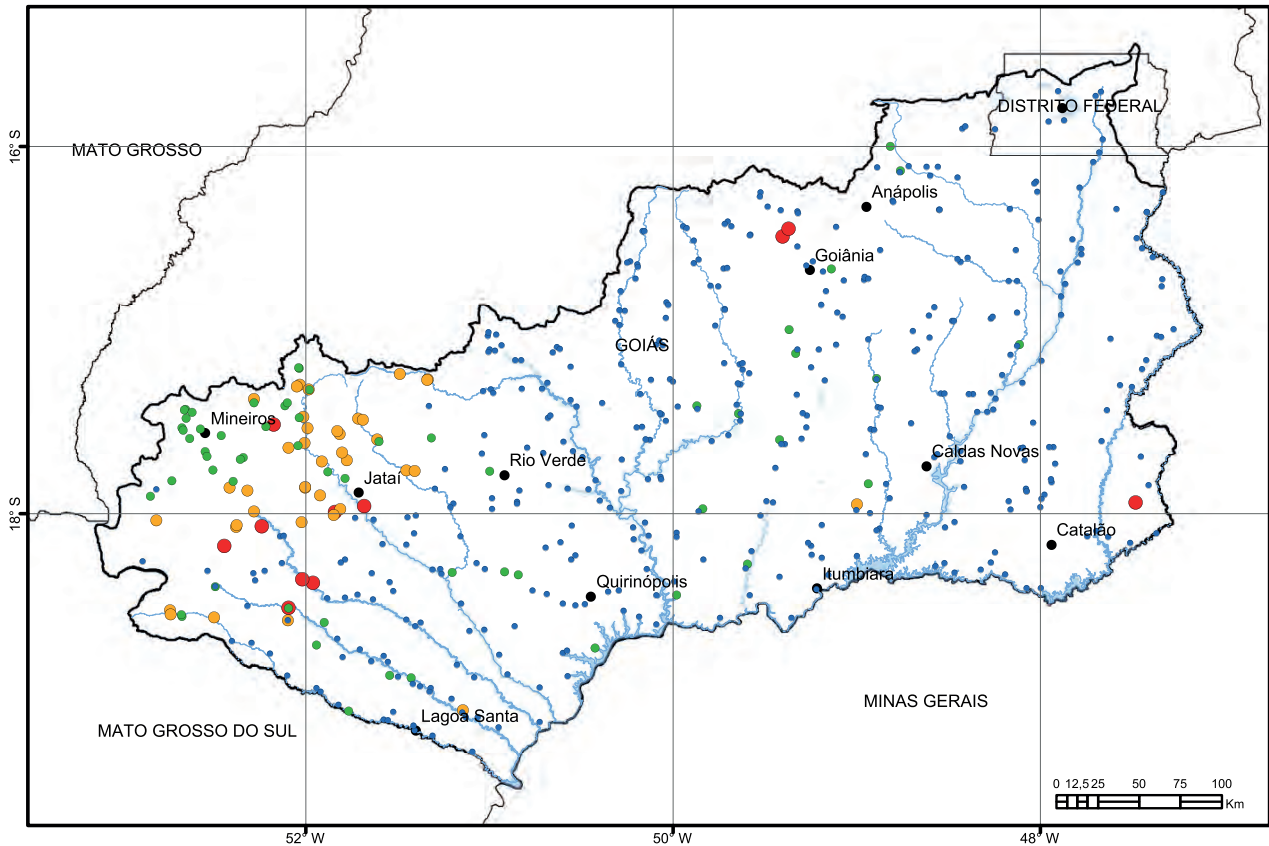
Estatística Descritiva	
Elemento	Rb (ppm)
Limite de Detecção	0,20
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	194
Valor Médio	12,94
Valor Mínimo	0,20
Valor Máximo	282,10
Variância	753,73
Desvio Padrão	27,454
Coefficiente de Variação	212,216
Mediana	3,80
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-



Captação em drenagem



Estatística Descritiva	
Elemento	Sb (mg/L)
Limite de Quantificação	0,002
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	10
Valor Médio	0,001
Valor Mínimo	0,002
Valor Máximo	0,019
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,002
Coefficiente de Variação	132,417
Mediana	0,001
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	0,005

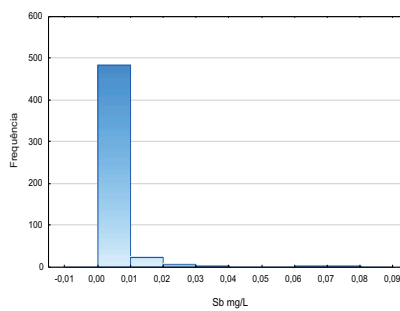
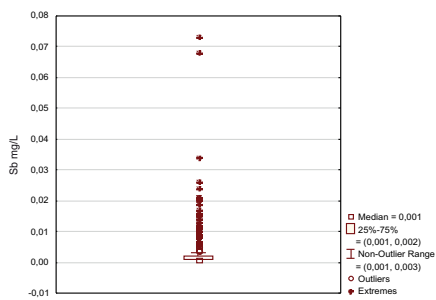


Legenda

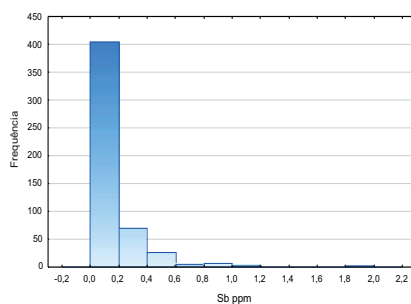
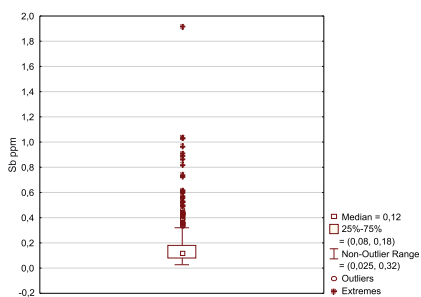
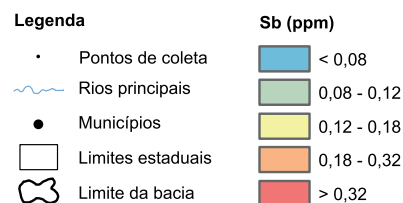
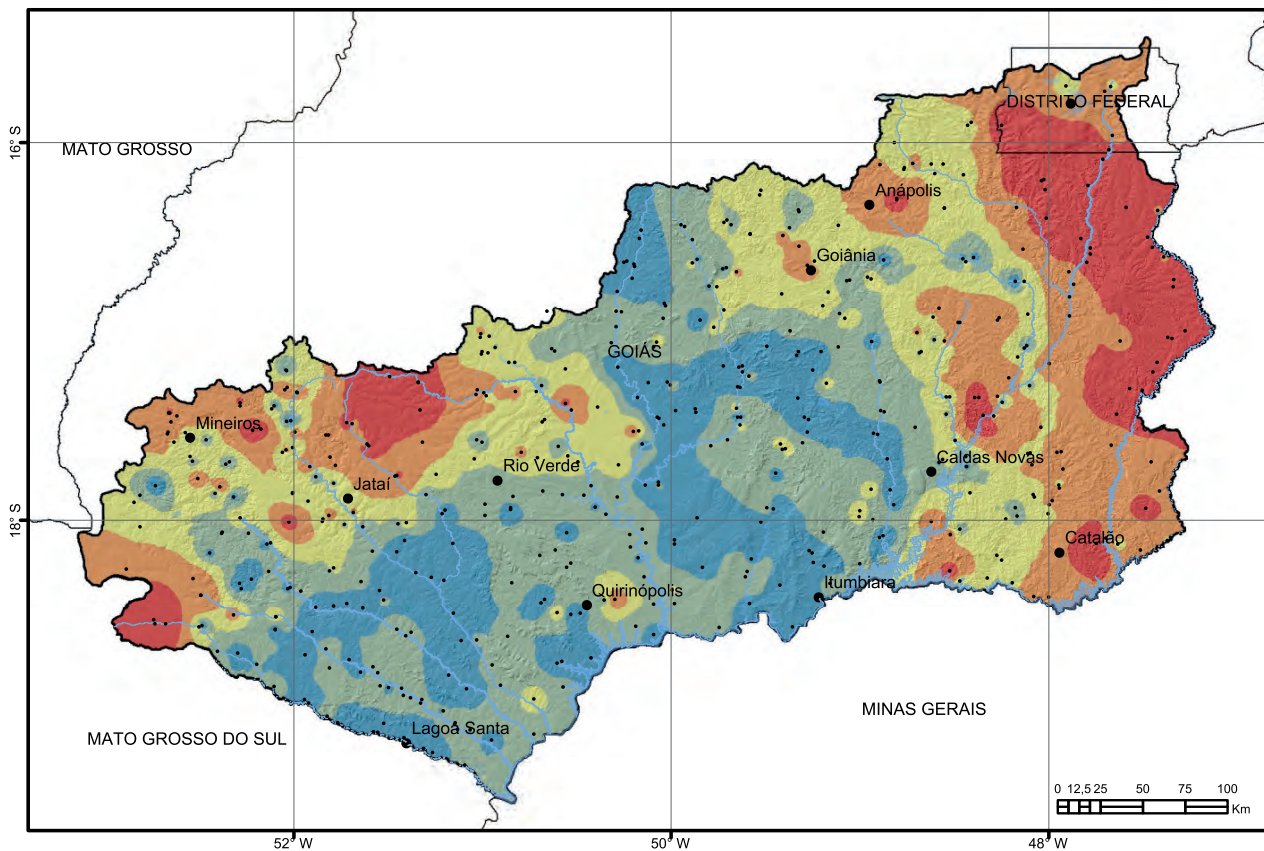
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Sb (mg/L)

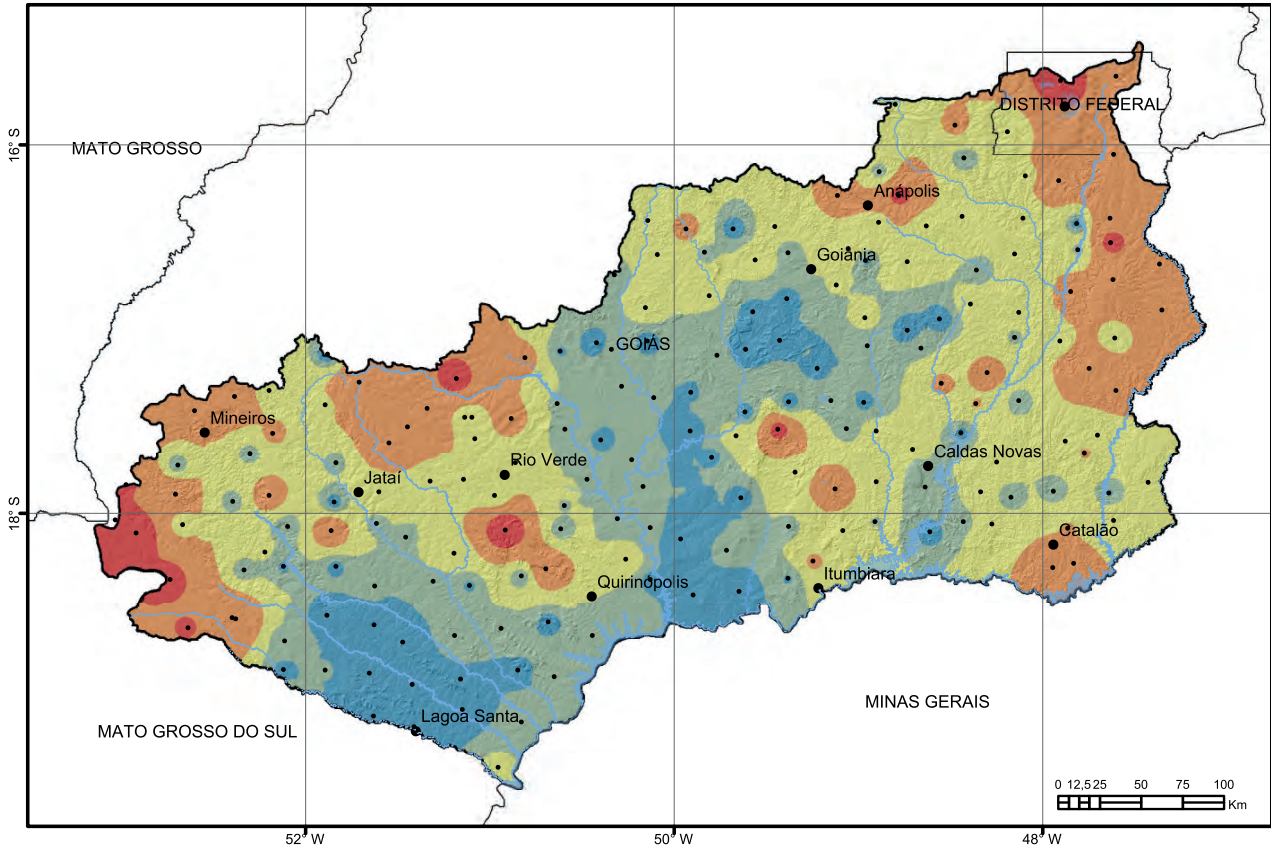
- < 0,002
- 0,002 - 0,008
- 0,008 - 0,019
- > 0,019



Estatística Descritiva	
Elemento	Sb (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	132
Valor Médio	0,003
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,073
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,006
Coefficiente de Variação	199,399
Mediana	0,001
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,005



Estatística Descritiva	
Elemento	Sb (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	462
Valor Médio	0,162
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	1,92
Variância	0,00
Desvio Padrão	0,168
Coefficiente de Variação	103,447
Mediana	0,12
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	–
Valor de Prevenção NOAA SQRT	–

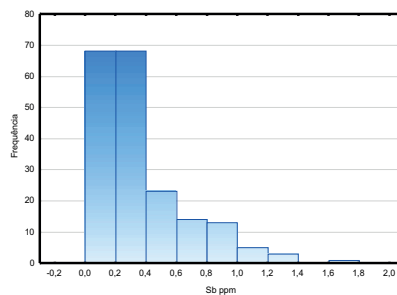
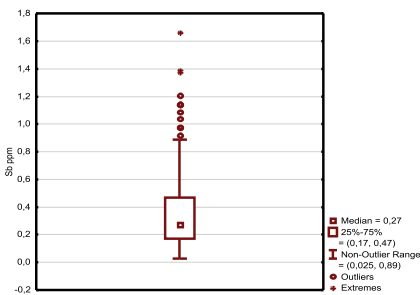


Legenda

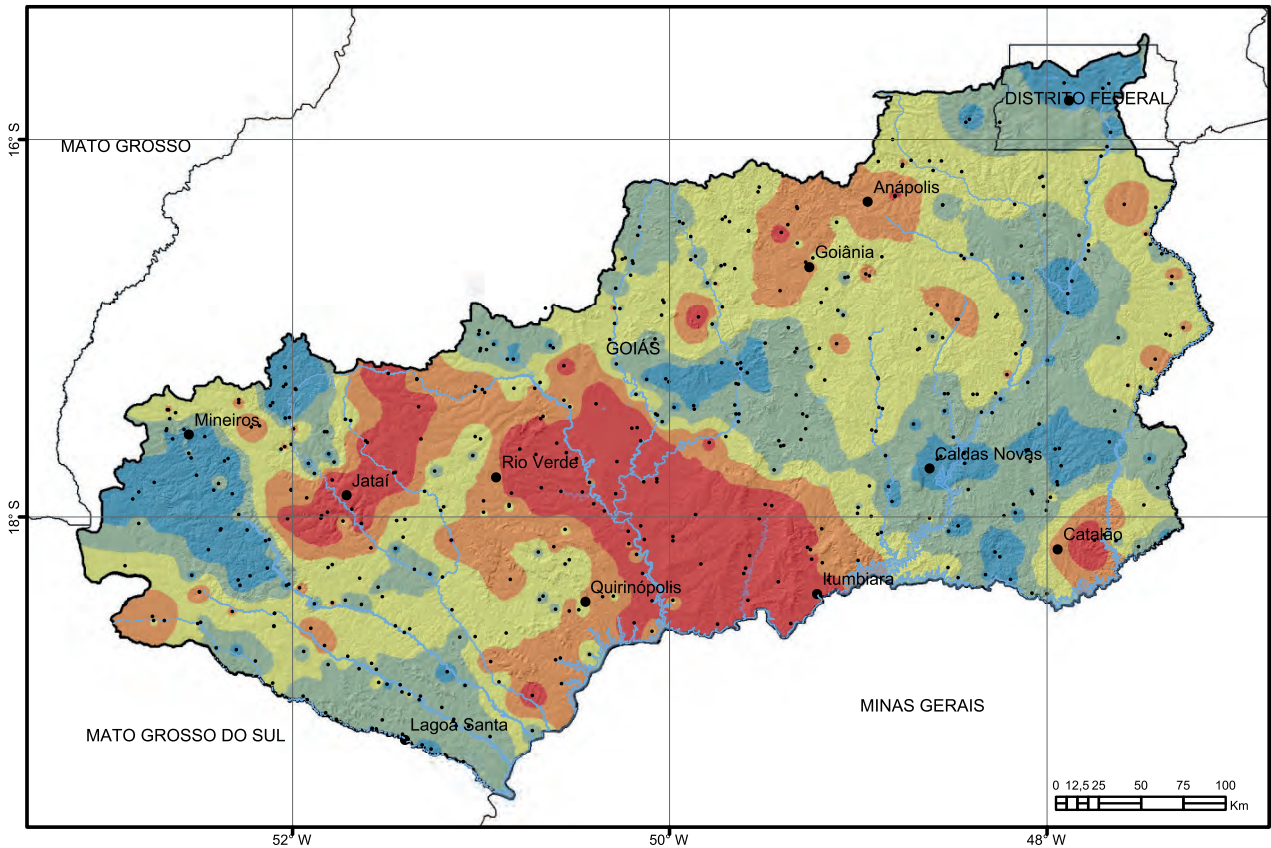
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Sb (ppm)

- < 0,17
- 0,17 - 0,27
- 0,27 - 0,47
- 0,47 - 0,92
- > 0,92



Estatística Descritiva	
Elemento	Sb (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	194
Valor Médio	0,371
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	1,66
Variância	0,09
Desvio Padrão	0,294
Coefficiente de Variação	79,019
Mediana	0,27
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	2
Valor de Prevenção NOAA SQRT	3

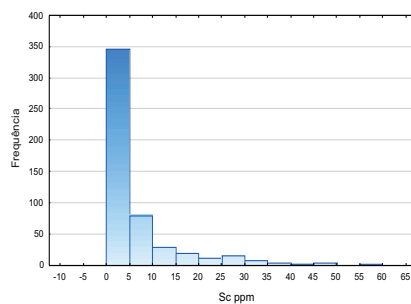
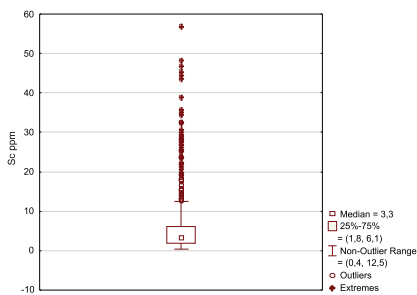


Legenda

- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

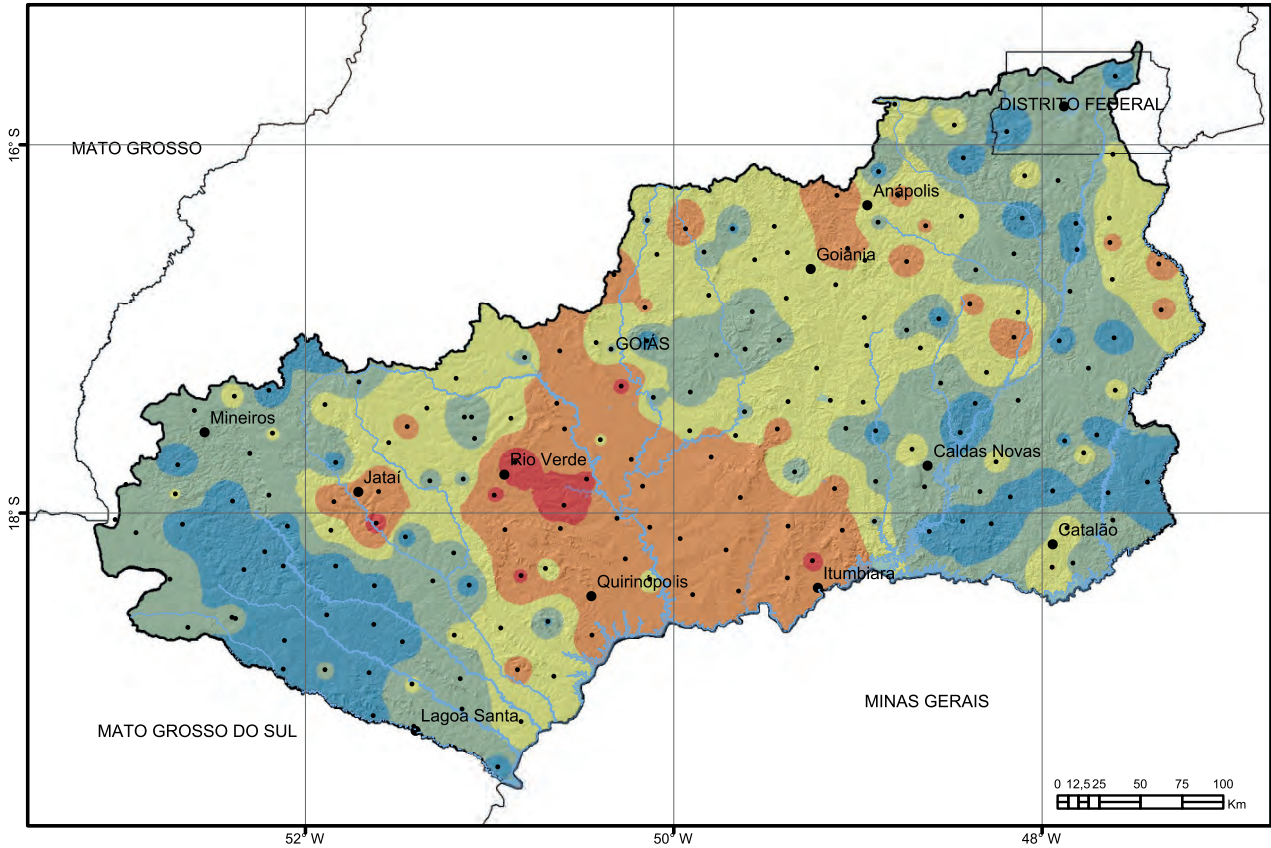
Sc (ppm)

- < 1,8
- 1,8 - 3,3
- 3,3 - 6,1
- 6,1 - 12,5
- > 12,5



Estadística Descritiva

Elemento	Sc (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	6,352
Valor Mínimo	0,40
Valor Máximo	56,90
Variância	69,20
Desvio Padrão	8,317
Coefficiente de Variação	130,925
Mediana	3,30
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

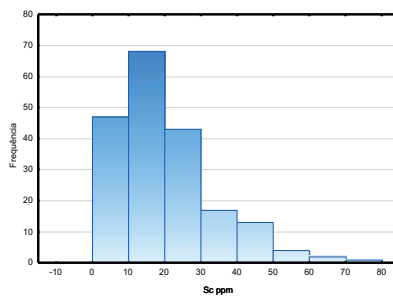
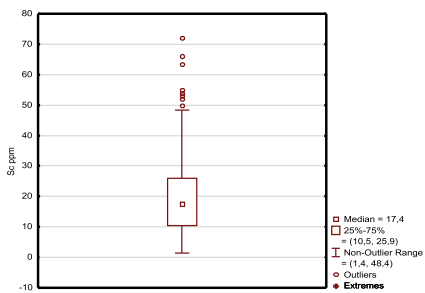


Legenda

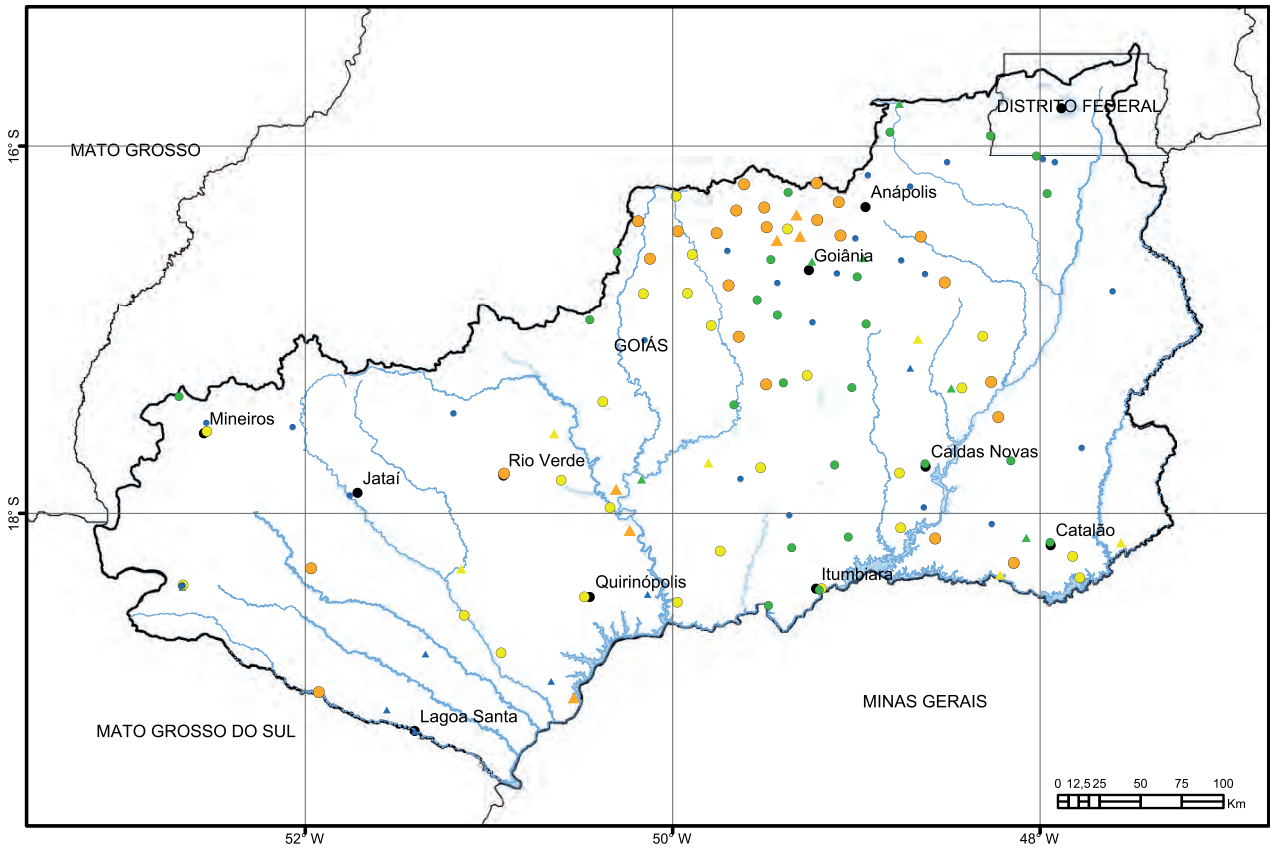
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Sc (ppm)

- < 10,5
- 10,5 - 17,6
- 17,6 - 25,9
- 25,9 - 48,4
- > 48,4



Estatística Descritiva	
Elemento	Sc (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	20,042
Valor Mínimo	1,40
Valor Máximo	72,10
Variância	185,71
Desvio Padrão	13,628
Coefficiente de Variação	67,994
Mediana	17,40
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

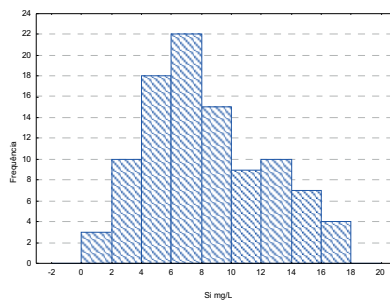
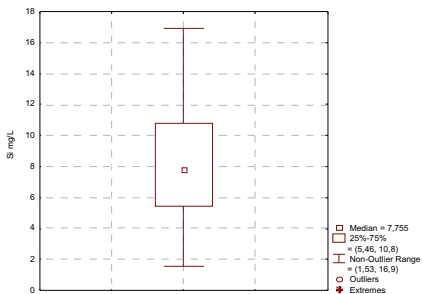
Captação em drenagem Si (mg/L)

- < 5,46
- 5,46 - 7,75
- 7,75 - 10,80
- 10,80 - 16,90
- > 16,90

Captação em poço Si (mg/L)

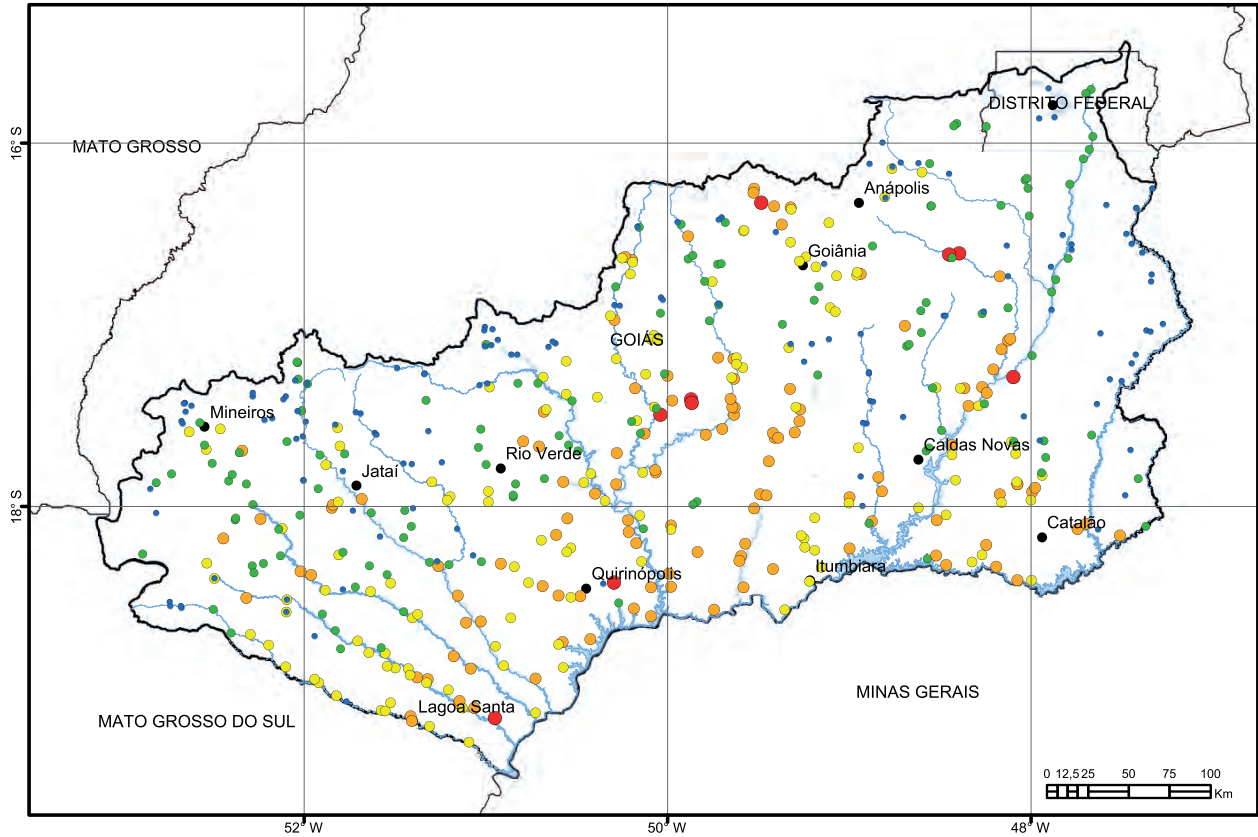
- < 10,8
- 10,8 - 17,1
- 17,1 - 20,3
- 20,3 - 27,5
- > 27,5

Captação em drenagem



Estatística Descritiva

Elemento	Si (mg/L)
Limite de Quantificação	0,002
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	123
Valor Médio	9,96
Valor Mínimo	1,53
Valor Máximo	27,50
Variância	28,959
Desvio Padrão	5,38
Coefficiente de Variação	54,047
Mediana	7,75
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	-

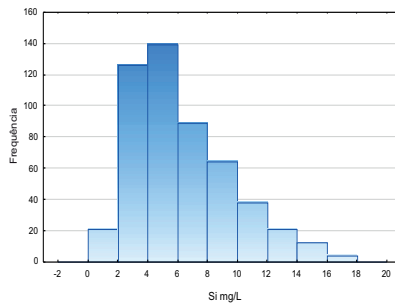
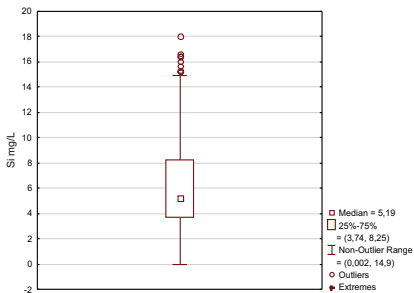


Legenda

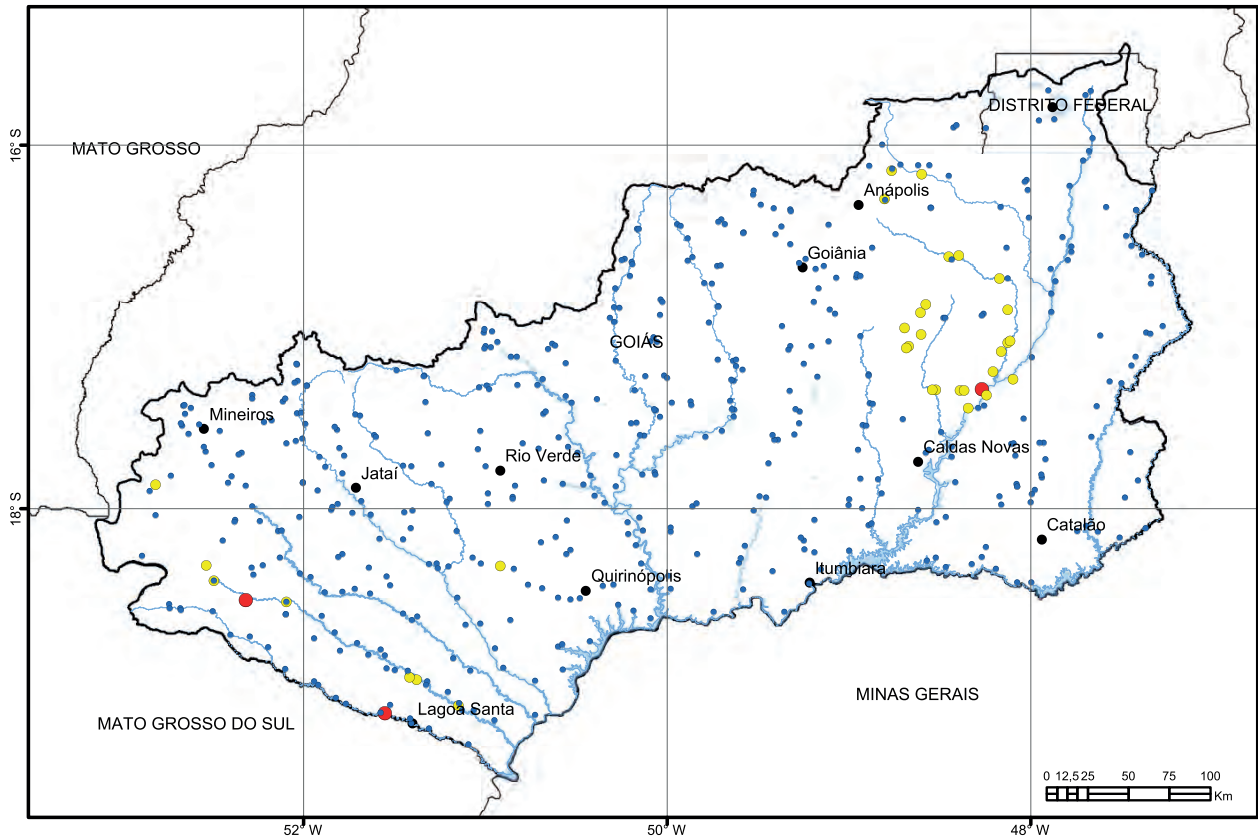
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Si (mg/L)

- < 3,74
- 3,74 - 5,19
- 5,19 - 8,25
- 8,25 - 14,90
- > 14,90



Estatística Descritiva	
Elemento	Si (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	514
Valor Médio	6,24
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	18,00
Variância	11,526
Desvio Padrão	3,40
Coefficiente de Variação	54,37
Mediana	5,19
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	-

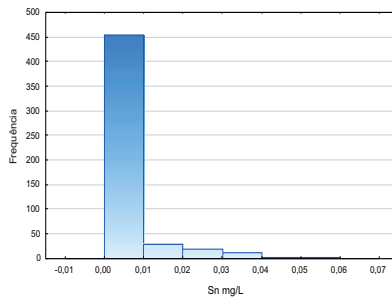
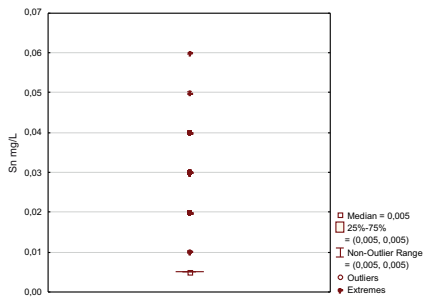


Legenda

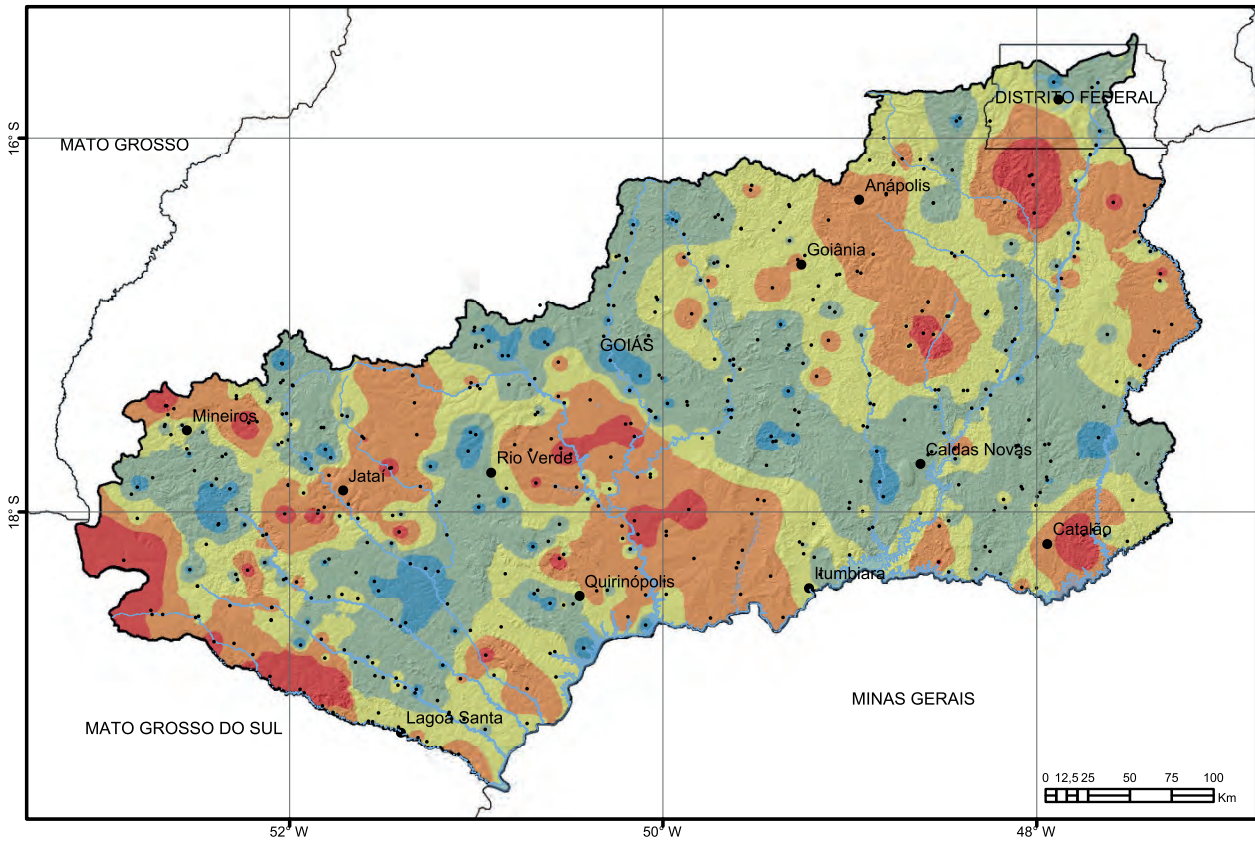
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Sn (mg/L)

- < 0,02
- 0,02 - 0,04
- > 0,04



Estatística Descritiva	
Elemento	Sn (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	65
Valor Médio	0,008
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,06
Variância	0,0001
Desvio Padrão	0,008
Coefficiente de Variação	105,893
Mediana	0,005
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	-

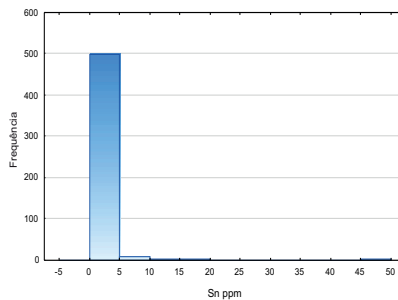
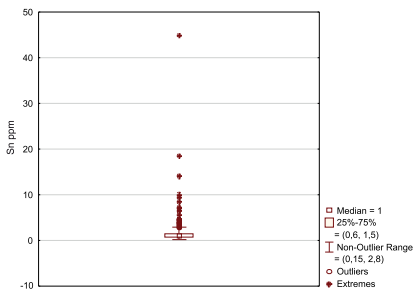


Legenda

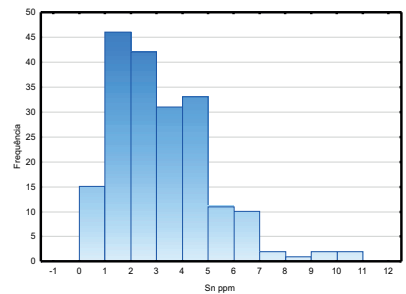
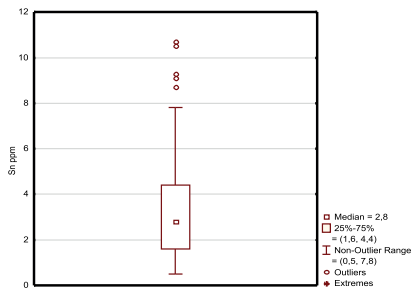
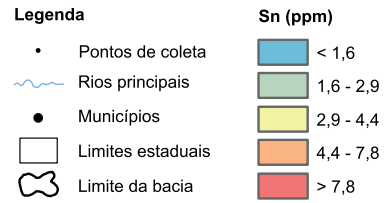
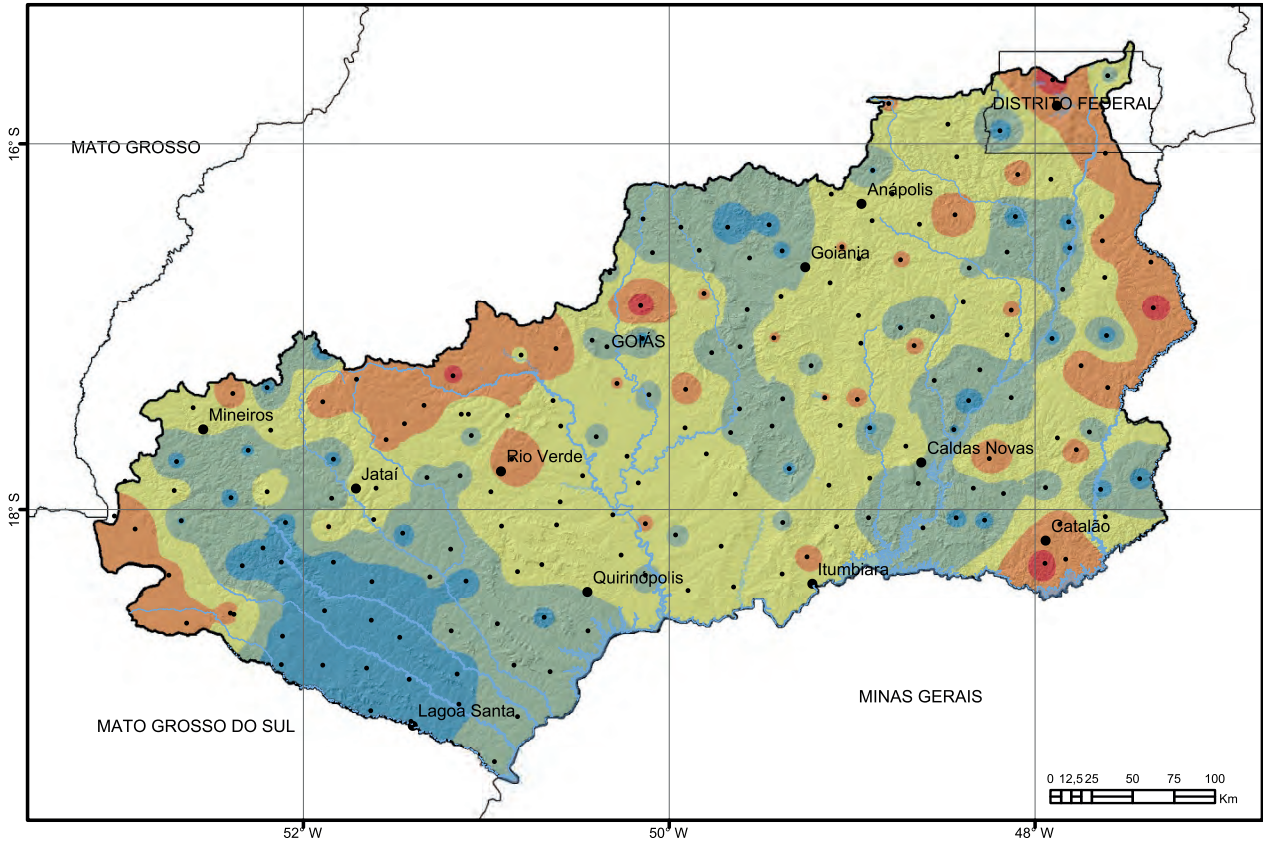
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Sn (ppm)

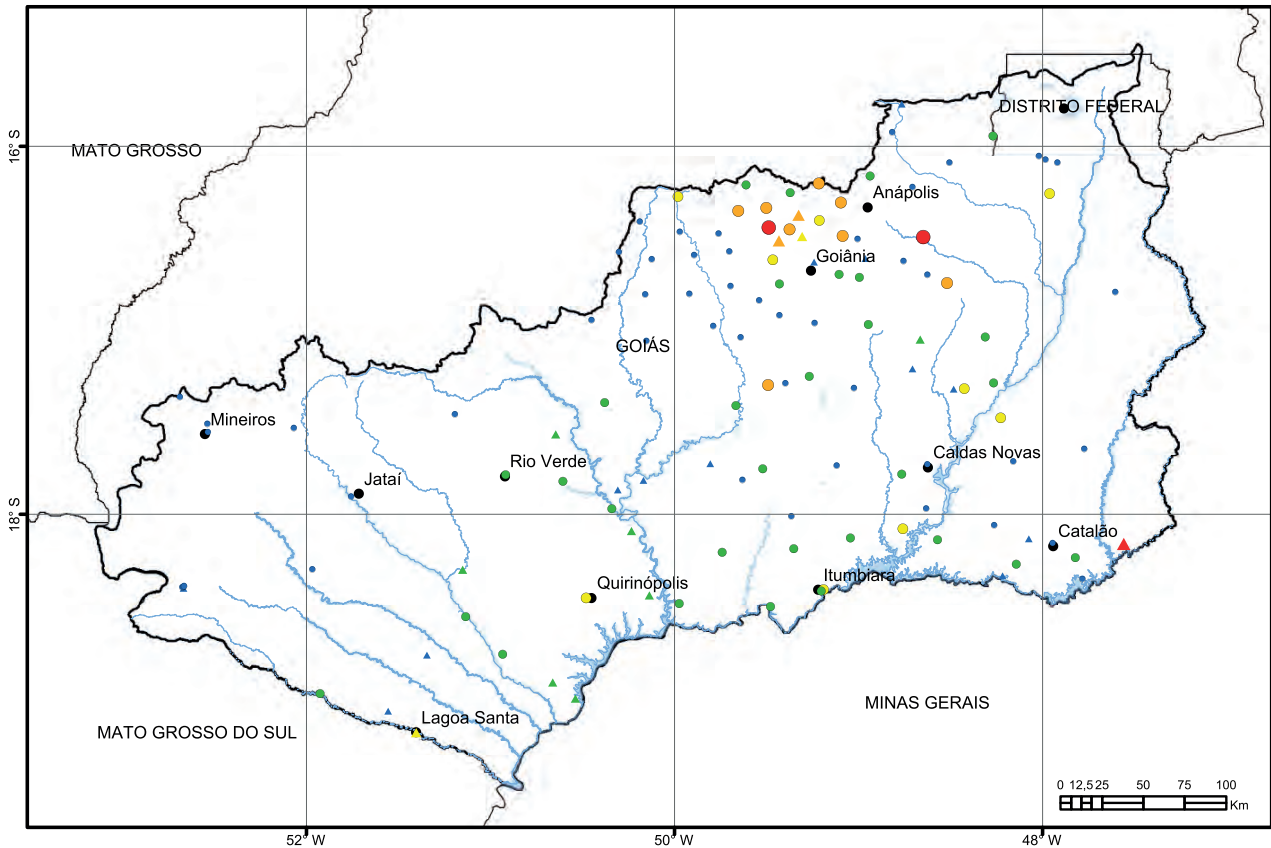
- < 0,6
- 0,6 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,8
- > 2,8



Estatística Descritiva	
Elemento	Sn (ppm)
Limite de Detecção	0,30
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	503
Valor Médio	1,442
Valor Mínimo	0,30
Valor Máximo	45,10
Variância	6
Desvio Padrão	2,441
Coefficiente de Variação	169,298
Mediana	1,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-



Estatística Descritiva	
Elemento	Sn (ppm)
Limite de Detecção	0,30
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	3,225
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	10,70
Variância	3,76
Desvio Padrão	1,939
Coefficiente de Variação	60,124
Mediana	2,80
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	19



Legenda

- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

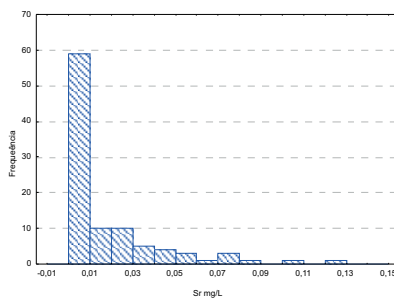
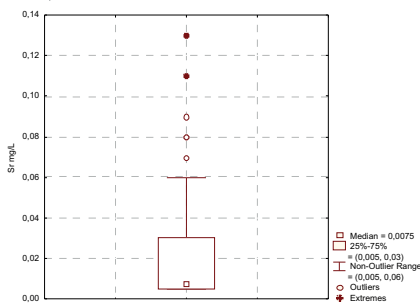
Captação em drenagem Sr (mg/L)

- < 0,007
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,05
- 0,05 - 0,09
- > 0,09

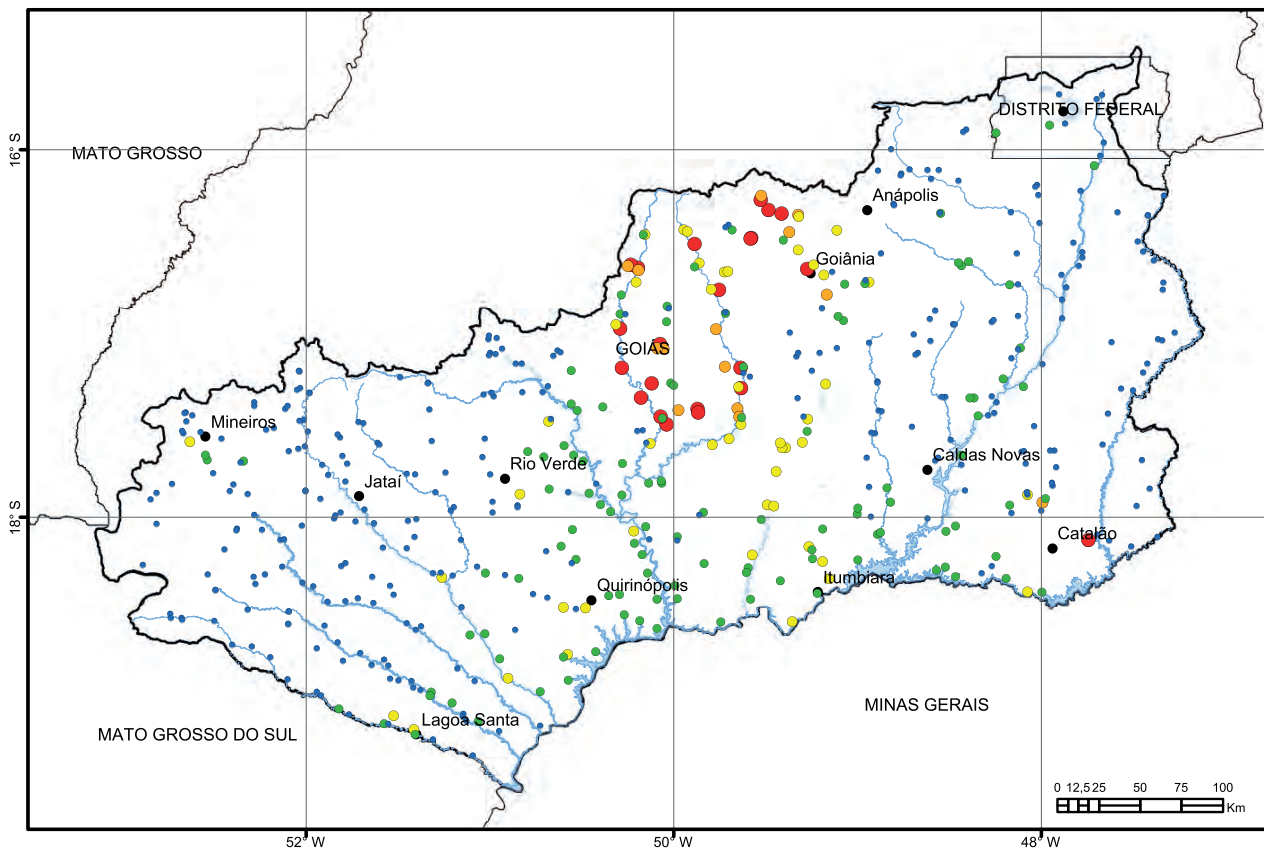
Captação em poço Sr (mg/L)

- < 0,06
- 0,06 - 0,11
- 0,11 - 0,15
- 0,15 - 0,30
- > 0,30

Captação em drenagem



Estatística Descritiva	
Elemento	Sr (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	123
Result > Lim Quantif	72
Valor Médio	0,034
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,35
Variância	0,002
Desvio Padrão	0,050
Coefficiente de Variação	146,580
Mediana	0,0075
Valor Permitido pela Port. MS 2914/2011	-

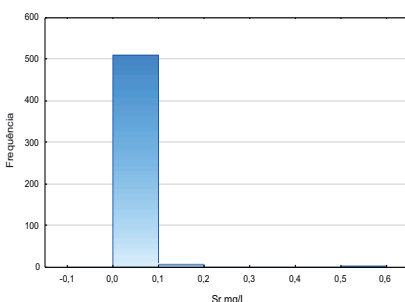
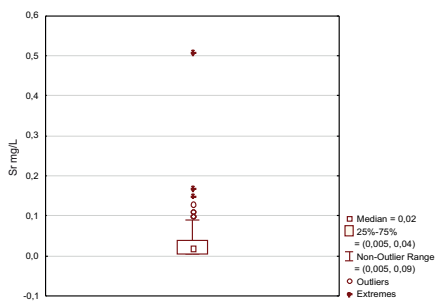


Legenda

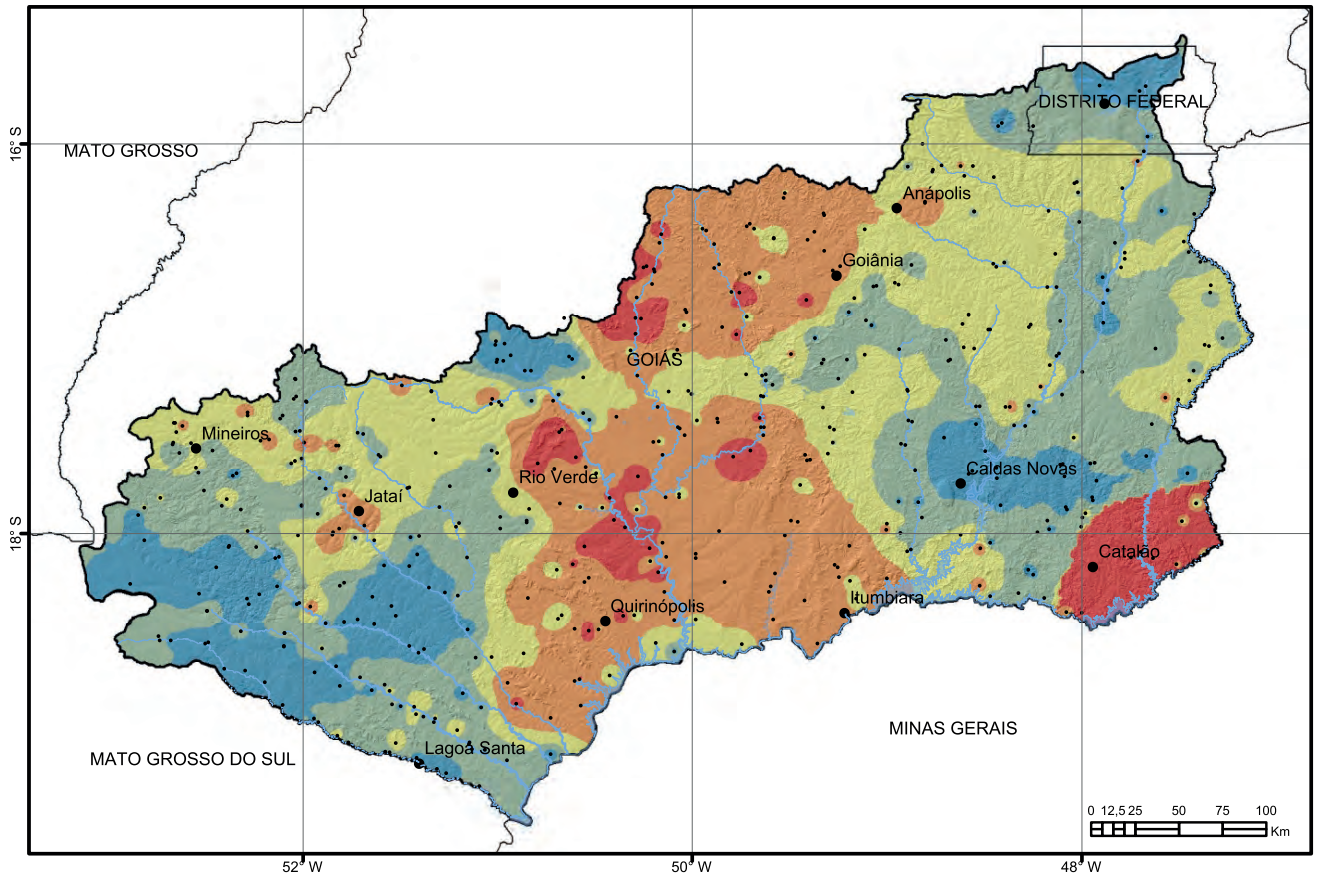
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Sr (mg/L)

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



Estatística Descritiva	
Elemento	Sr (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	356
Valor Médio	0,026
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,51
Variância	0,001
Desvio Padrão	0,032
Coefficiente de Variação	123,219
Mediana	0,02
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	-

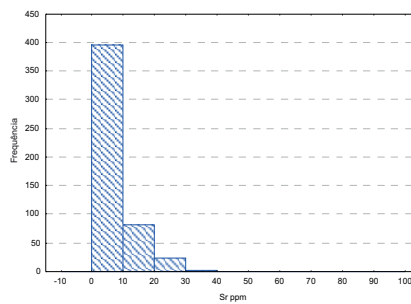
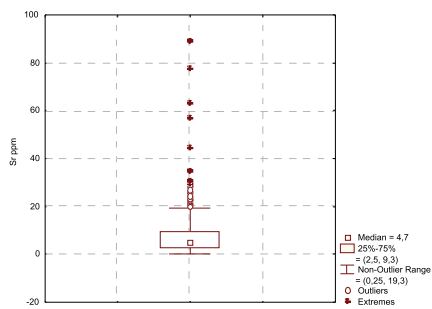


Legenda

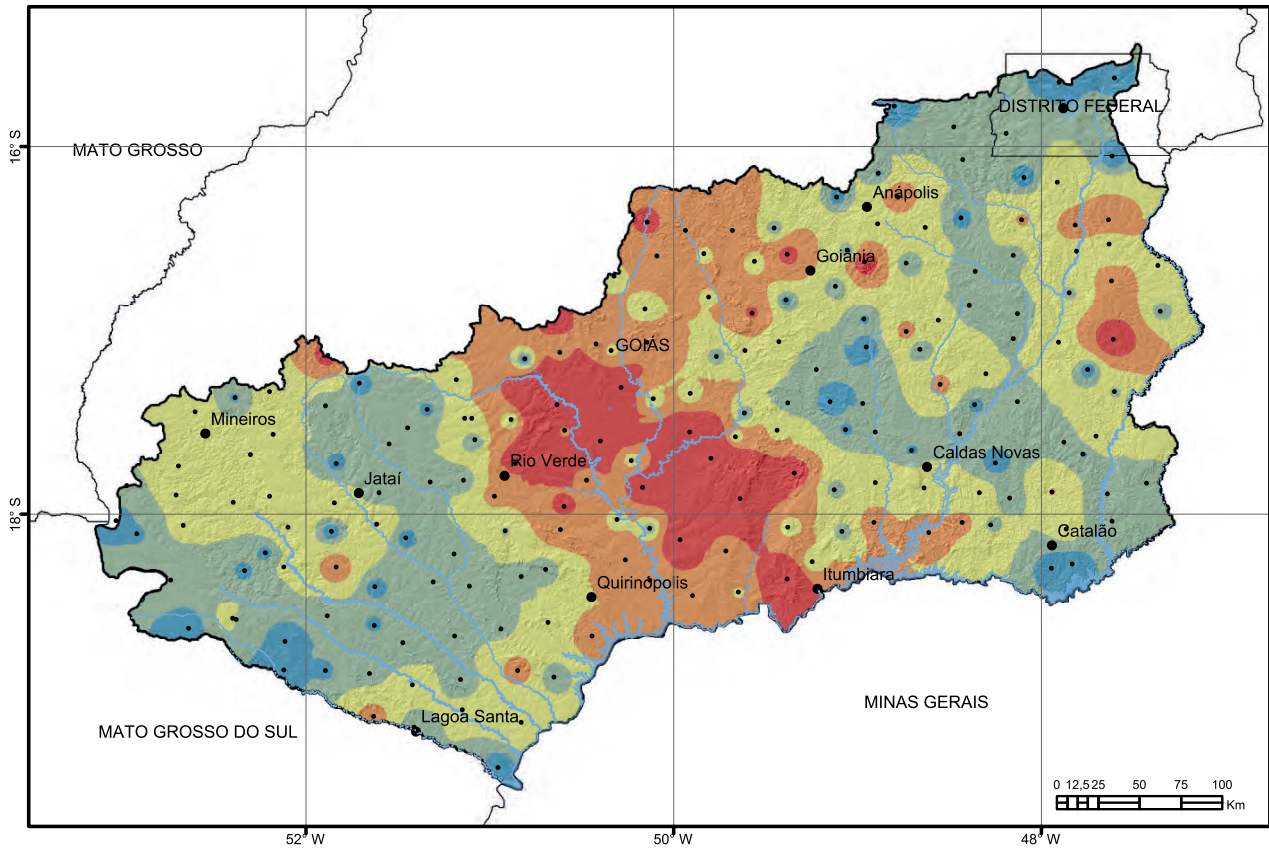
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Sr (ppm)

- < 2,5
- 2,5 - 4,7
- 4,7 - 9,3
- 9,3 - 19,3
- > 19,3



Estatística Descritiva	
Elemento	Sr (ppm)
Limite de Detecção	0,50
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	7,287
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	89,30
Variância	7052,93
Desvio Padrão	84,064
Coefficiente de Variação	764,631
Mediana	4,70
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

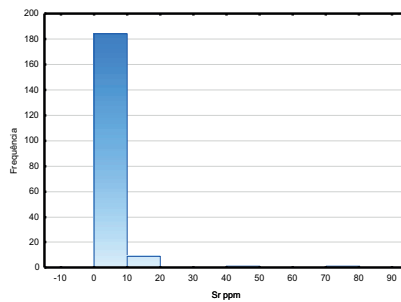
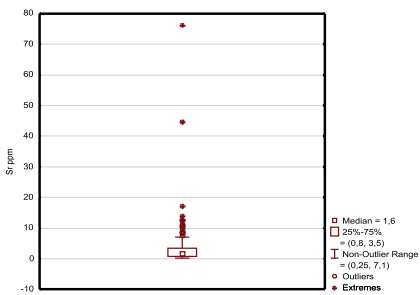


Legenda

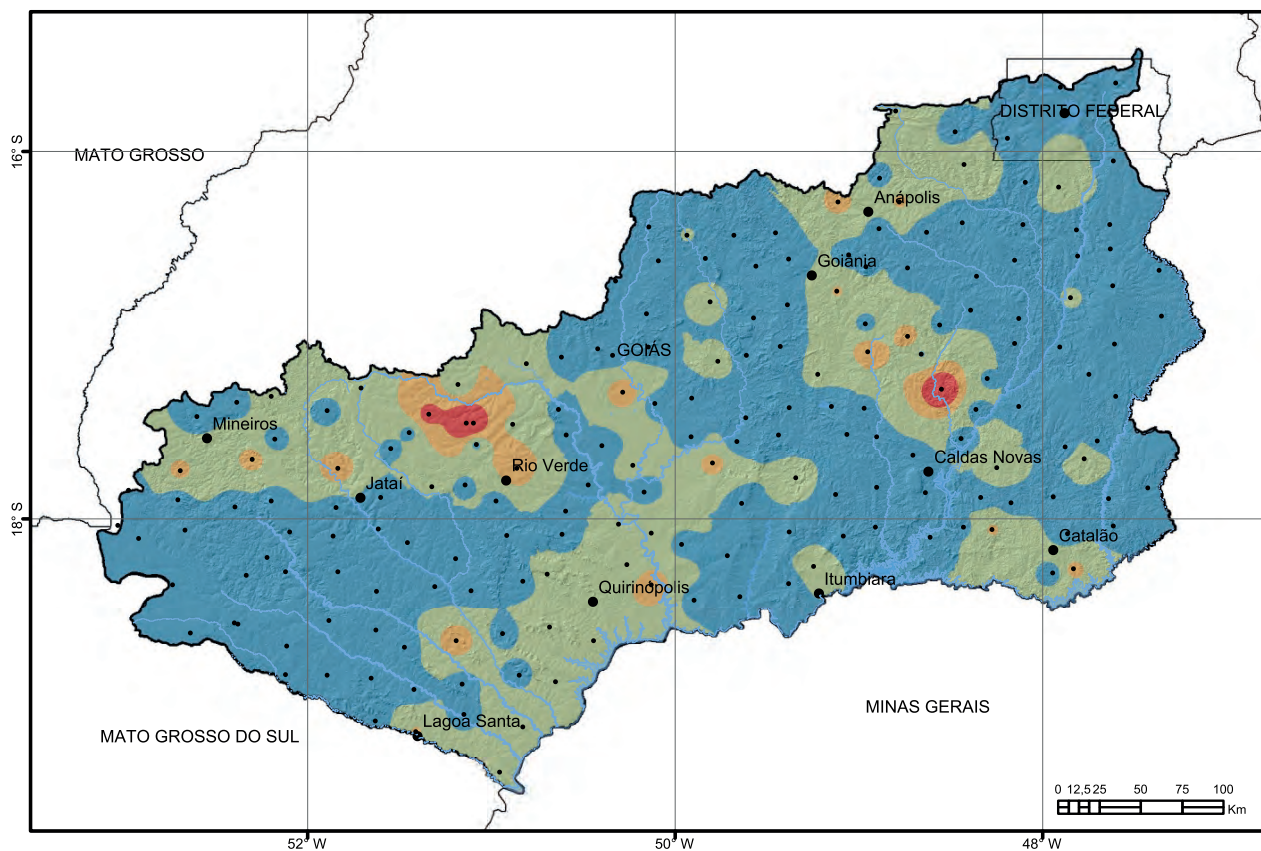
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Sr (ppm)

- < 0,8
- 0,8 - 1,6
- 1,6 - 3,5
- 3,5 - 7,1
- > 7,1



Estatística Descritiva	
Elemento	Sr (ppm)
Limite de Detecção	0,50
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	177
Valor Médio	3,286
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	76,3
Variância	45,6
Desvio Padrão	6,753
Ceficiente de Variação	205,534
Mediana	1,60
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

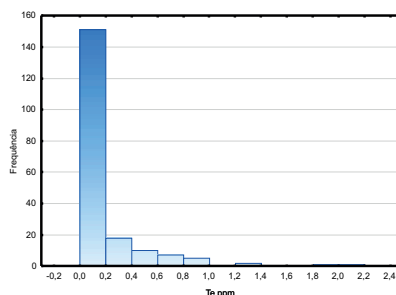
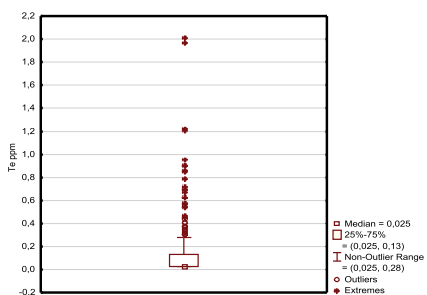


Legenda

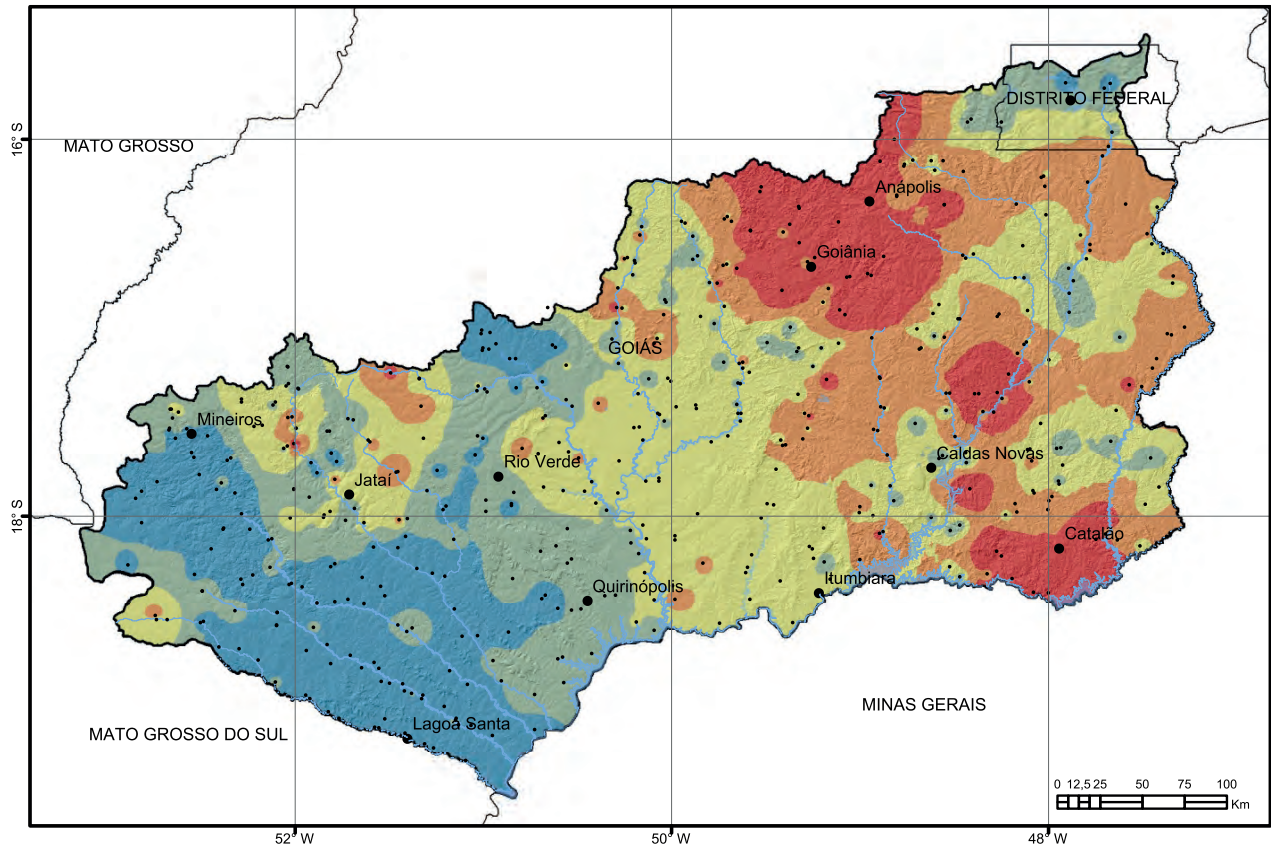
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Te (ppm)

- < 0,13
- 0,13 - 0,51
- 0,51 - 0,98
- > 0,98



Estatística Descritiva	
Elemento	Te (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	74
Valor Médio	0,164
Valor Mínimo	0,05
Valor Máximo	2,01
Variância	0,09
Desvio Padrão	0,3
Coefficiente de Variação	182,895
Mediana	0,025
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	–
Valor de Prevenção NOAA SQRT	600

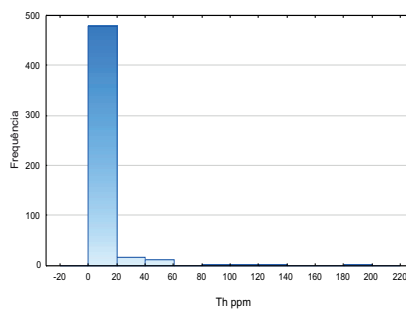
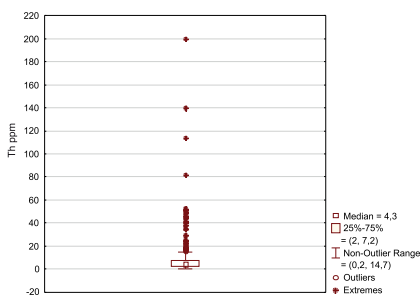


Legenda

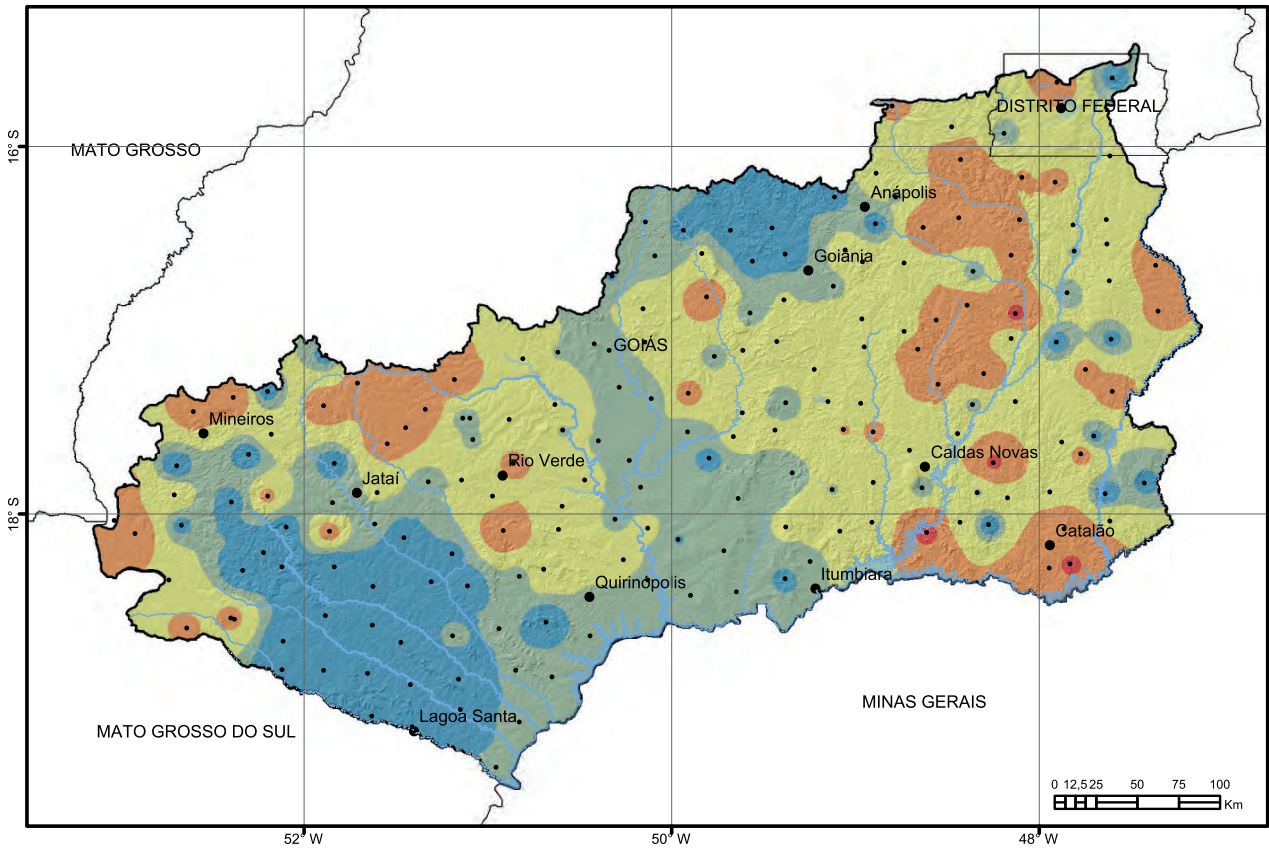
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Th (ppm)

- < 2,0
- 2,0 - 4,3
- 4,3 - 7,2
- 7,2 - 14,7
- > 14,7



Estatística Descritiva	
Elemento	Th (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	488
Valor Médio	7,53
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	199,70
Variância	213,60
Desvio Padrão	0,267
Coefficiente de Variação	193,943
Mediana	4,30
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—

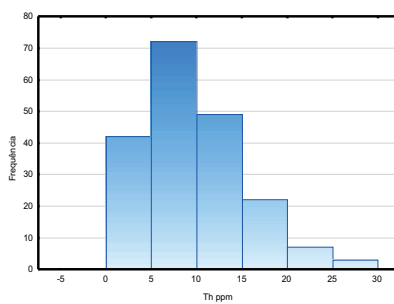
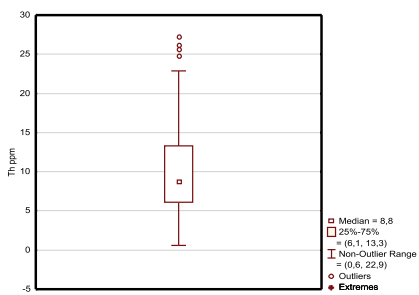


Legenda

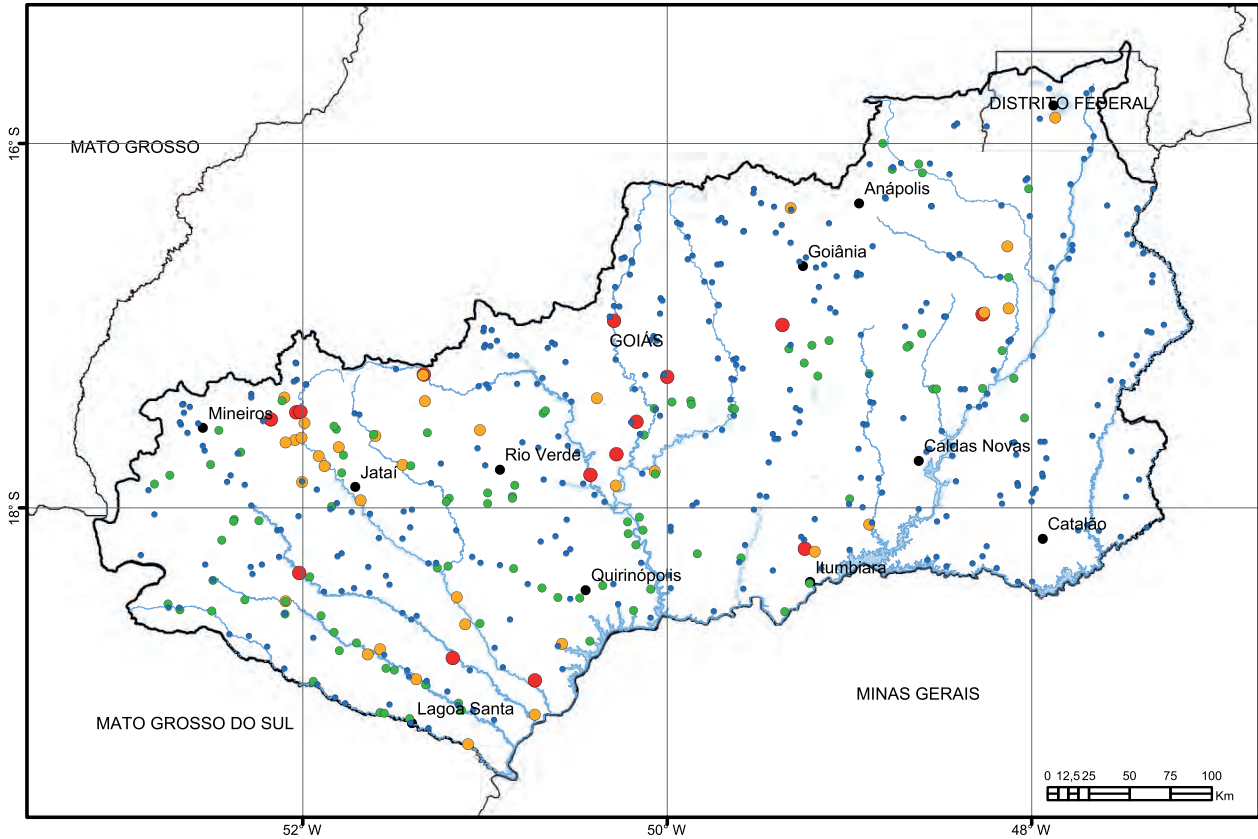
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Th (ppm)

- < 6,1
- 6,1 - 8,8
- 8,8 - 13,3
- 13,3 - 22,9
- > 22,9



Estatística Descritiva	
Elemento	Th (ppm)
Limite de Detecção	0,10
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	190
Valor Médio	0,130
Valor Mínimo	0,10
Valor Máximo	27,5
Variância	29,70
Desvio Padrão	0,188
Coefficiente de Variação	55,155
Mediana	8,80
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

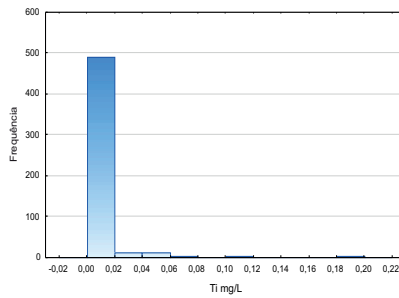
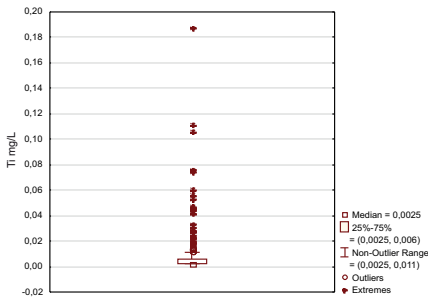


Legenda

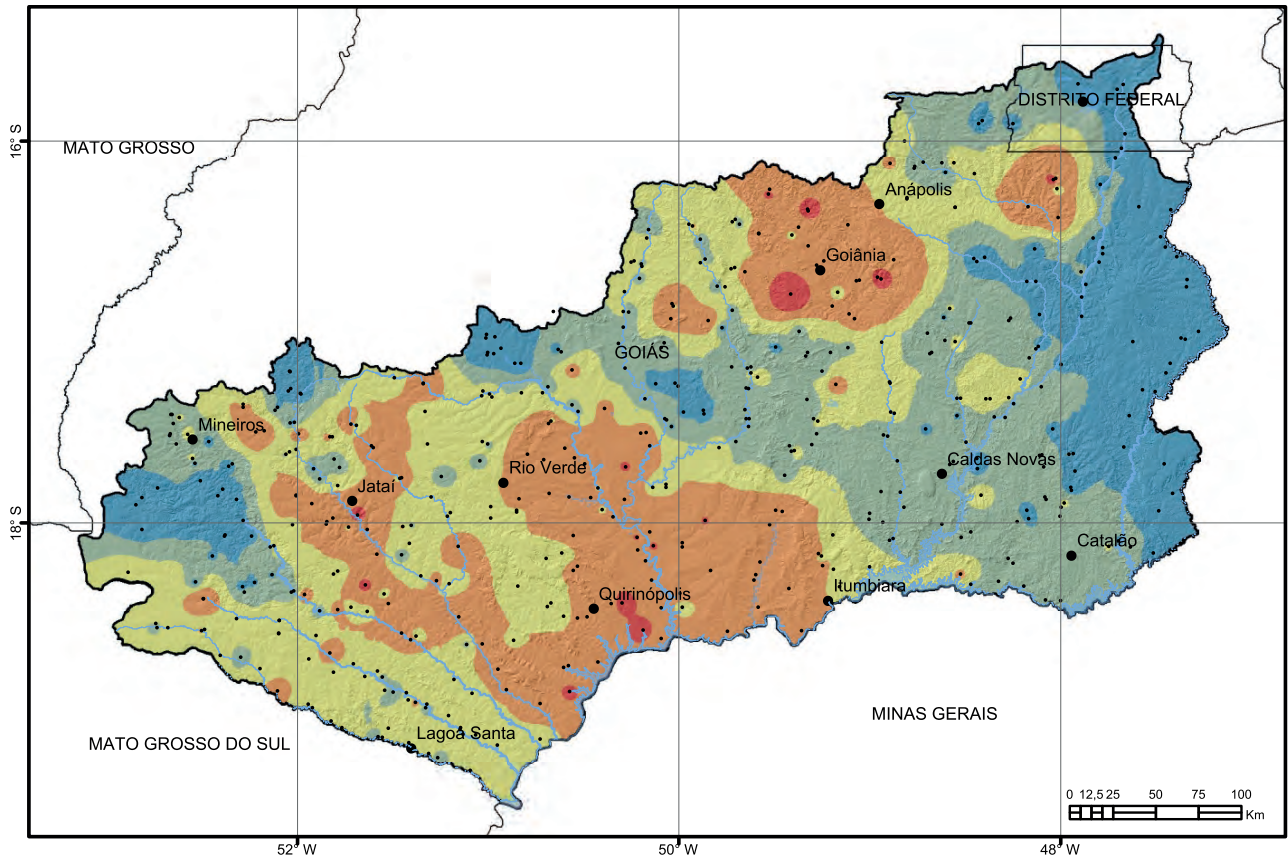
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Ti (mg/L)

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



Estatística Descritiva	
Elemento	Ti (mg/L)
Límite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	183
Valor Médio	0,007
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,187
Variância	0,0002
Desvio Padrão	0,013
Coefficiente de Variação	203,469
Mediana	0,0025
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	-

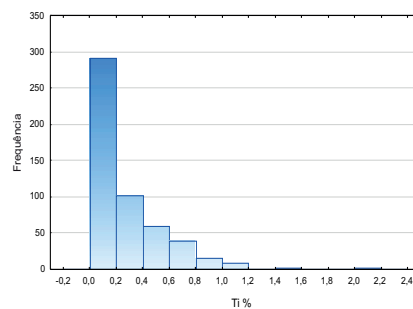
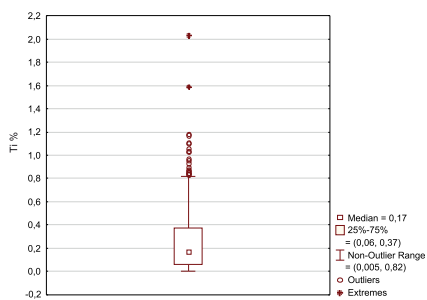


Legenda

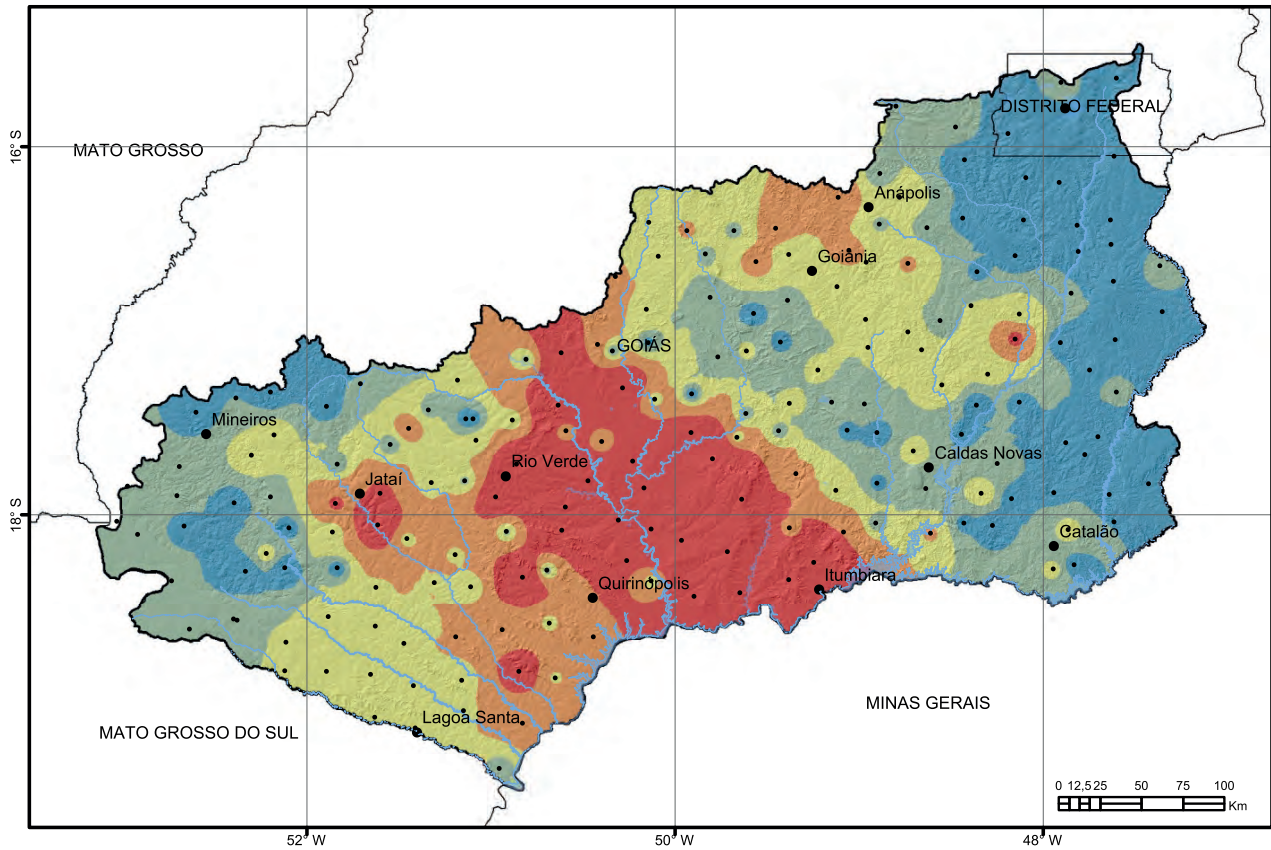
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Ti (%)

- < 0,06
- 0,06 - 0,17
- 0,17 - 0,37
- 0,37 - 0,82
- > 0,82



Estatística Descritiva	
Elemento	Ti (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	383
Valor Médio	0,105
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	2,36
Variância	0,10
Desvio Padrão	0,147
Coefficiente de Variação	104,385
Mediana	0,17
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

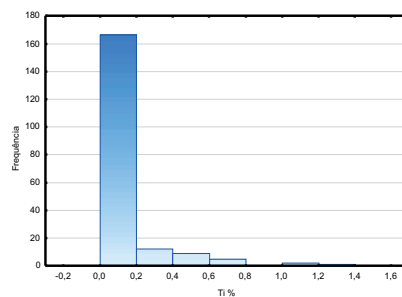
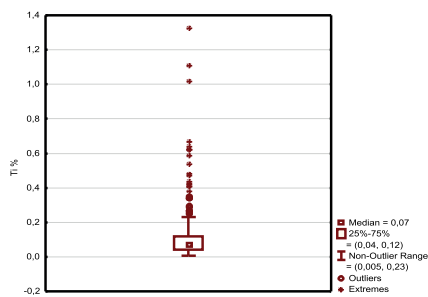


Legenda

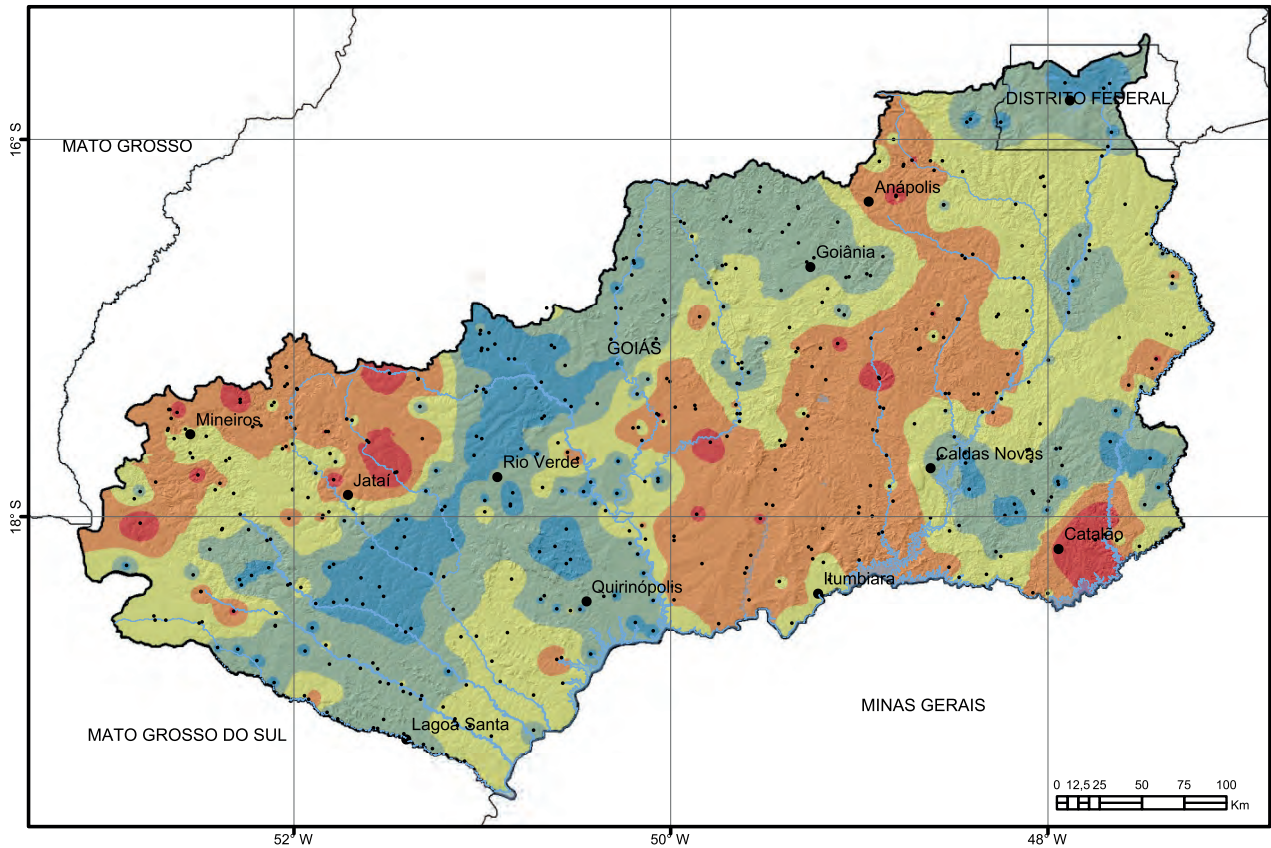
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Ti (%)

- < 0,04
- 0,04 - 0,07
- 0,07 - 0,12
- 0,12 - 0,23
- > 0,23



Estatística Descritiva	
Elemento	Ti (%)
Limite de Detecção	0,01
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	179
Valor Médio	0,123
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	1,06
Variância	0,04
Desvio Padrão	0,112
Coefficiente de Variação	144,274
Mediana	0,07
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

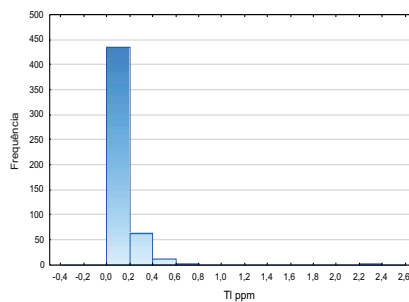
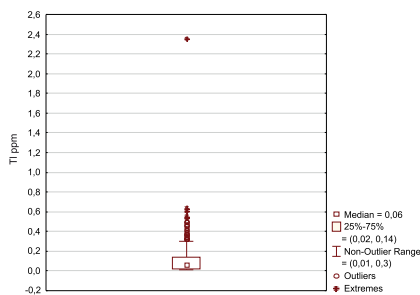


Legenda

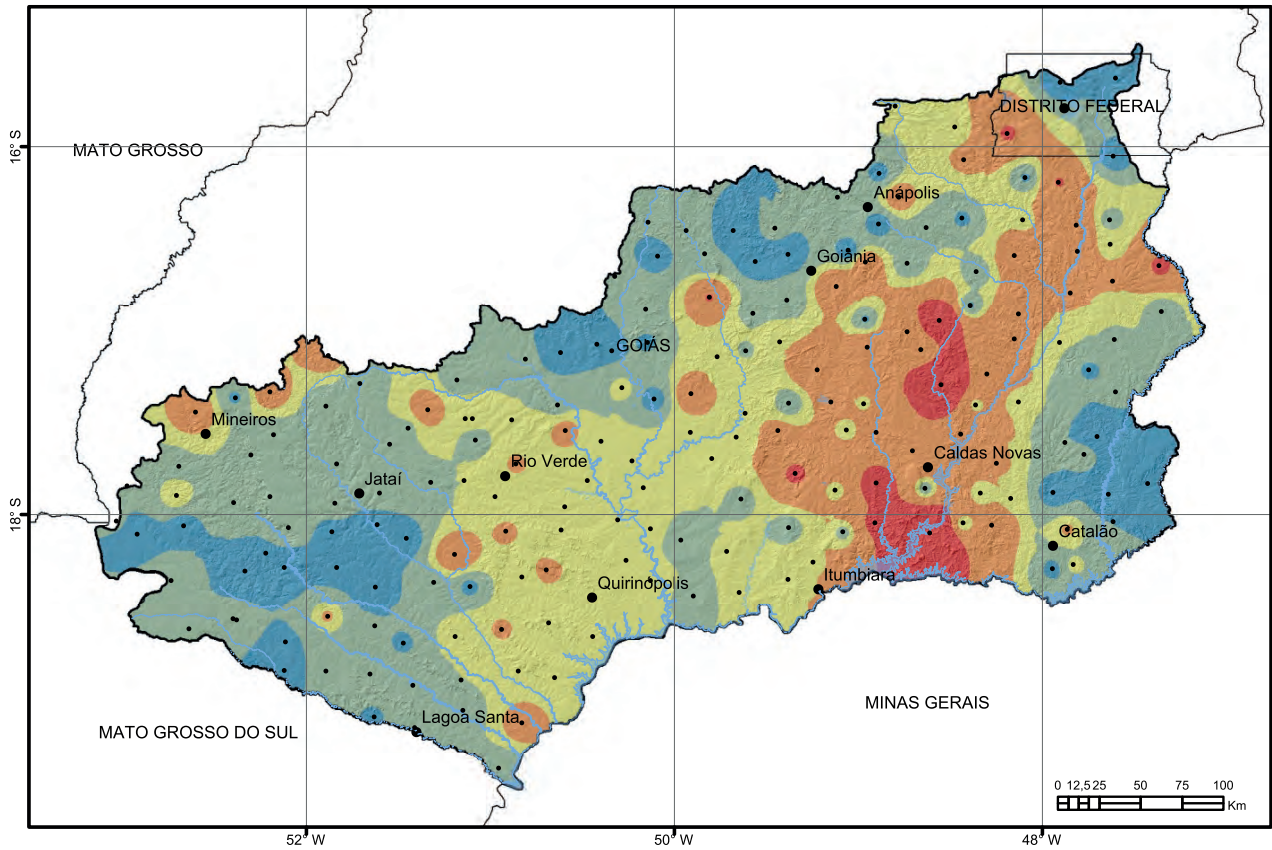
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Tl (ppm)

- < 0,02
- 0,02 - 0,06
- 0,06 - 0,14
- 0,14 - 0,30
- > 0,30



Estatística Descritiva	
Elemento	Tl (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	0,10
Valor Mínimo	0,02
Valor Máximo	2,36
Variância	0,00
Desvio Padrão	14,614
Coefficiente de Variação	139,424
Mediana	0,06
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

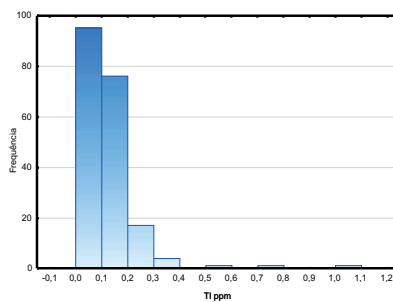
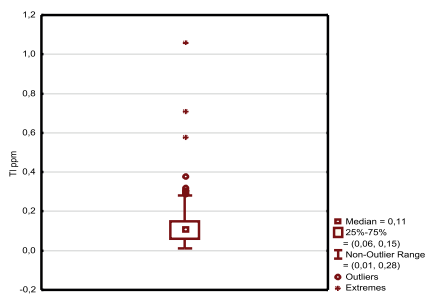


Legenda

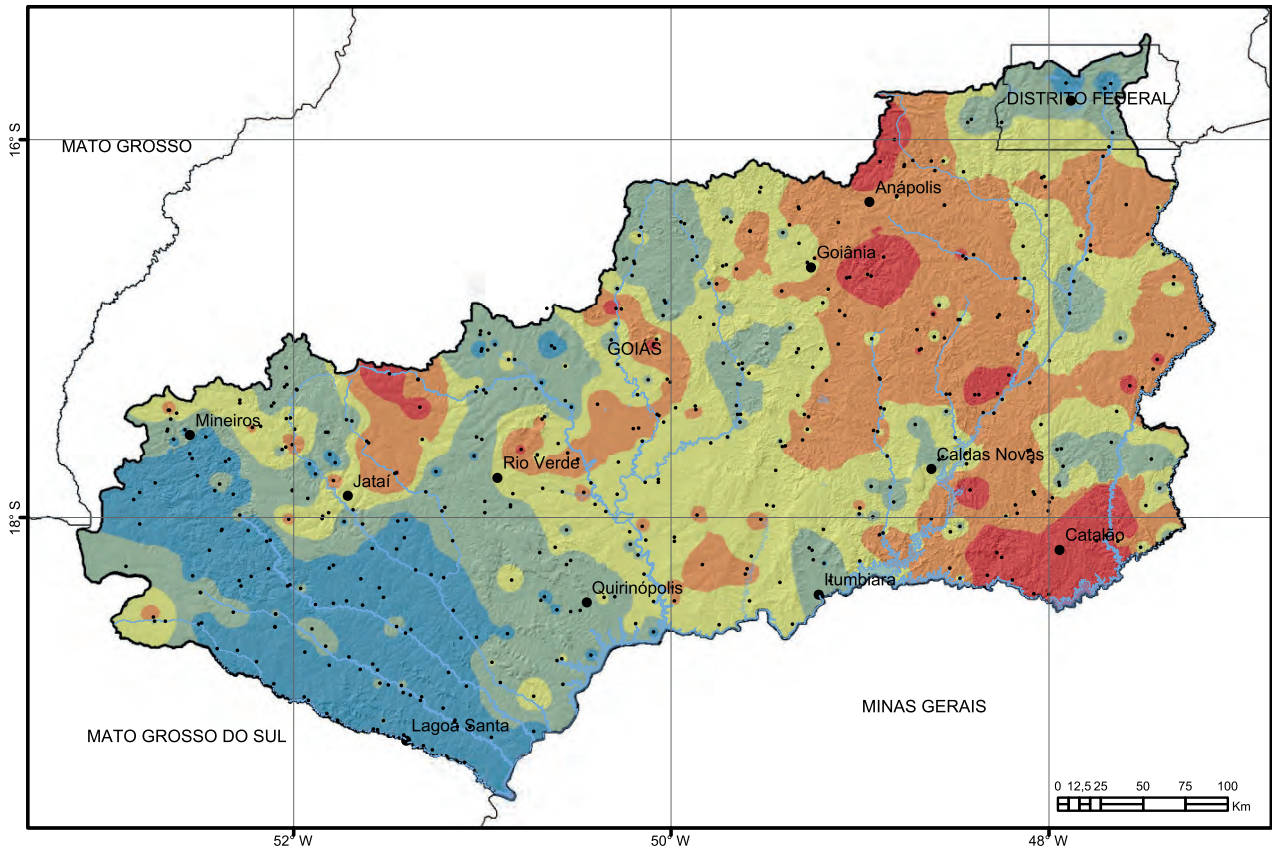
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Tl (ppm)

- < 0,06
- 0,06 - 0,11
- 0,11 - 0,15
- 0,15 - 0,28
- > 0,28



Estatística Descritiva	
Elemento	Tl (ppm)
Limite de Detecção	0,02
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	0,12
Valor Mínimo	0,02
Valor Máximo	1,06
Variância	0,01
Desvio Padrão	5,449
Coefficiente de Variação	91,721
Mediana	0,11
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

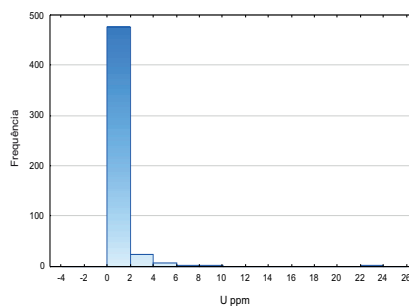
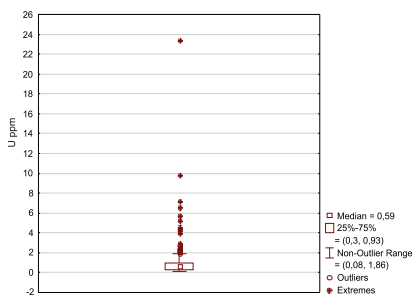


Legenda

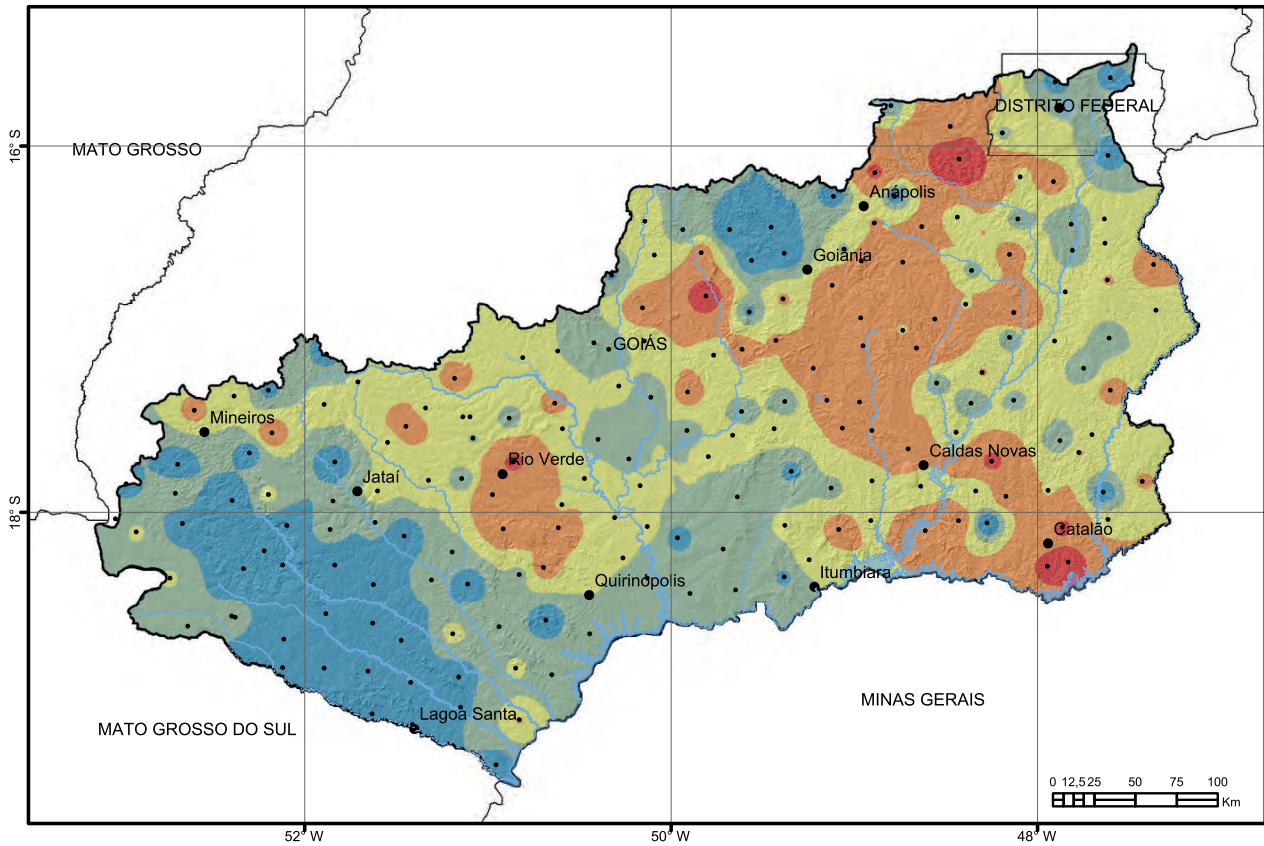
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

U (ppm)

- < 0,30
- 0,3 - 0,59
- 0,59 - 0,93
- 0,93 - 1,86
- > 1,86



Estatística Descritiva	
Elemento	U (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	0,831
Valor Mínimo	0,08
Valor Máximo	23,43
Variância	1,80
Desvio Padrão	1,333
Coefficiente de Variação	160,424
Mediana	0,59
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	—
Valor de Prevenção NOAA SQRT	—

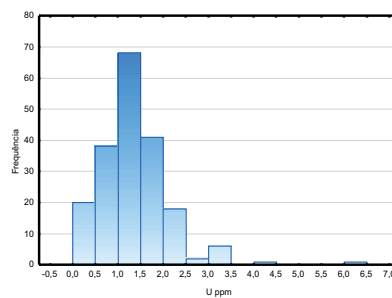
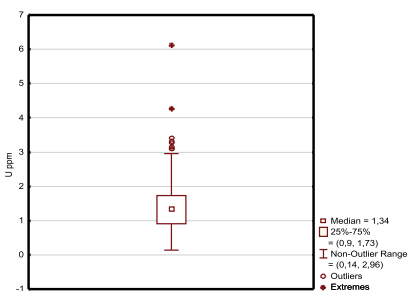


Legenda

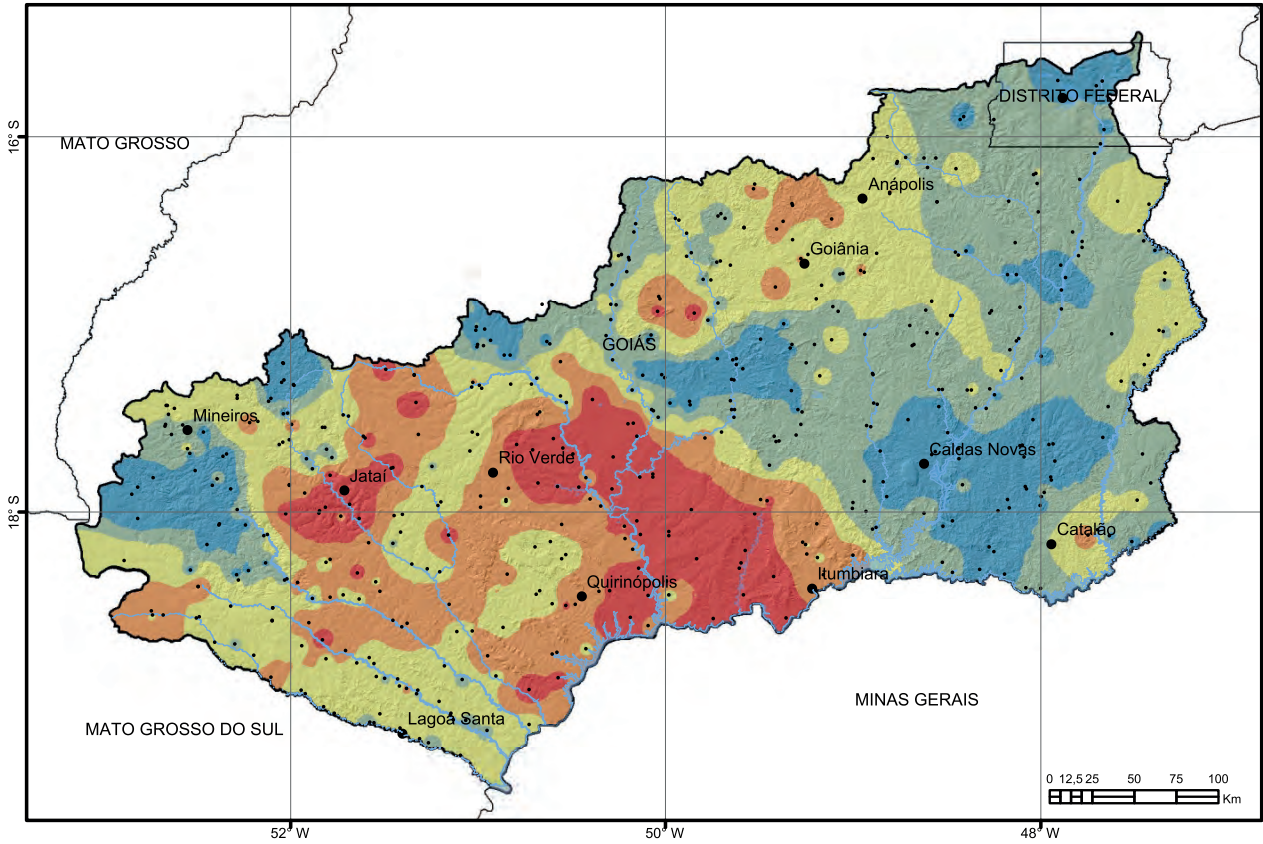
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

U (ppm)

- < 0,9
- 0,9 - 1,3
- 1,3 - 1,7
- 1,7 - 2,9
- > 2,9



Estatística Descritiva	
Elemento	U (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	1,392
Valor Mínimo	0,14
Valor Máximo	6,13
Variância	0,58
Desvio Padrão	0,76
Coefficiente de Variação	54,602
Mediana	1,34
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	5

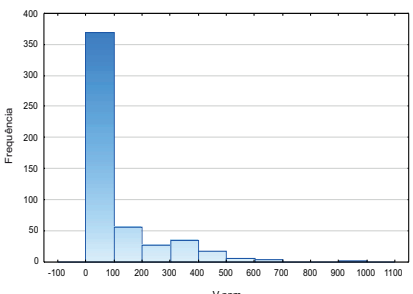
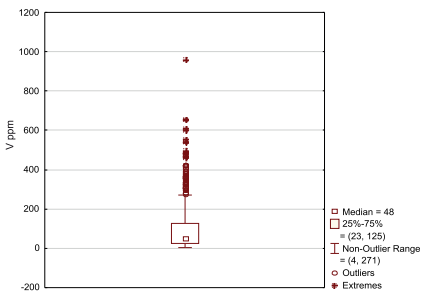


Legenda

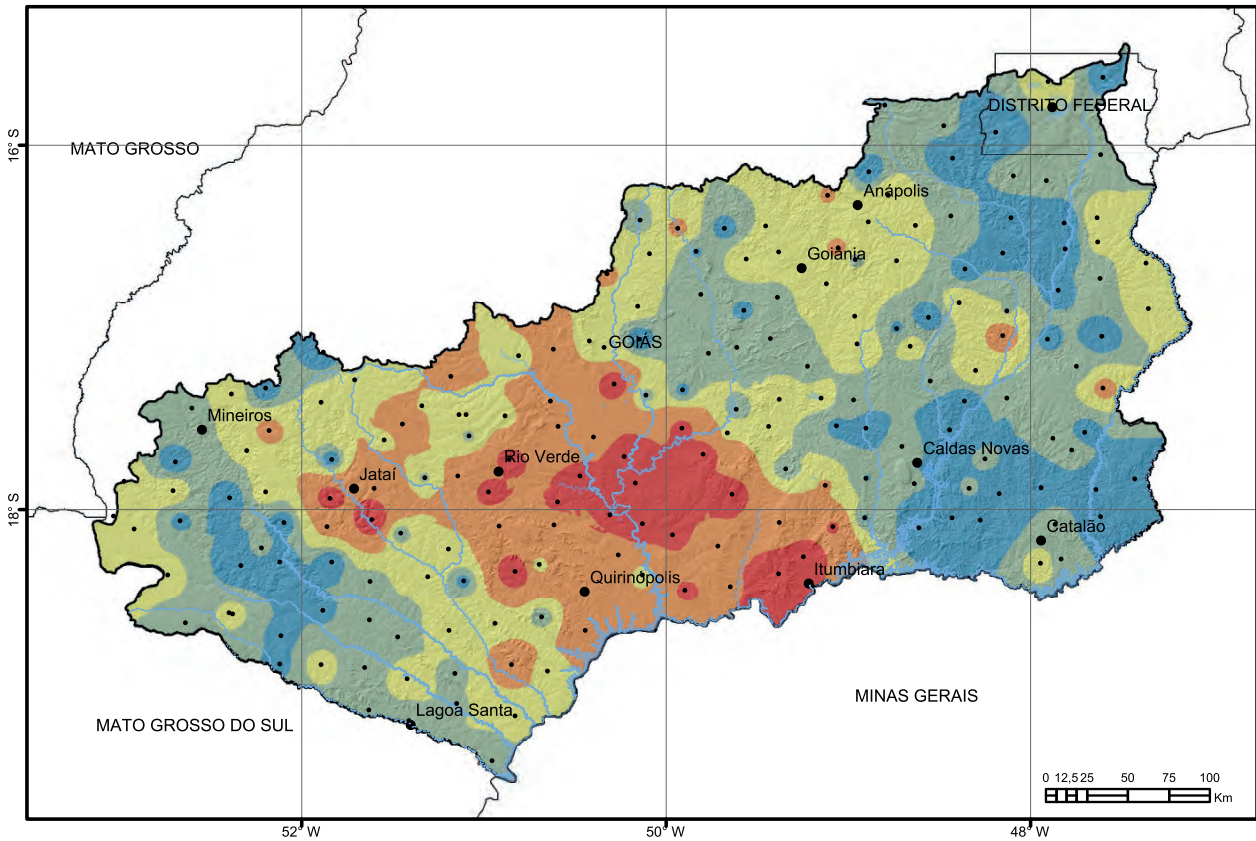
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

V (ppm)

- < 23,0
- 23,0 - 48,0
- 48,0 - 125,0
- 125,0 - 271,0
- > 271,0



Estatística Descritiva	
Elemento	V (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	103,872
Valor Mínimo	4,00
Valor Máximo	964,00
Variância	17417,30
Desvio Padrão	131,975
Coefficiente de Variação	127,054
Mediana	48,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

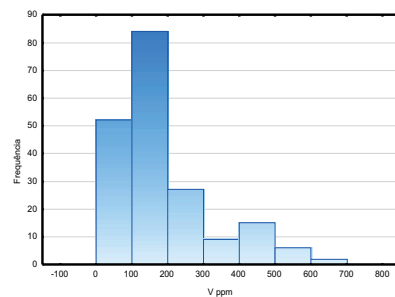
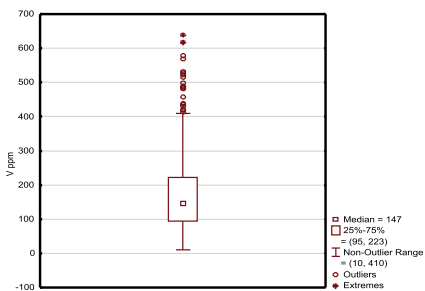


Legenda

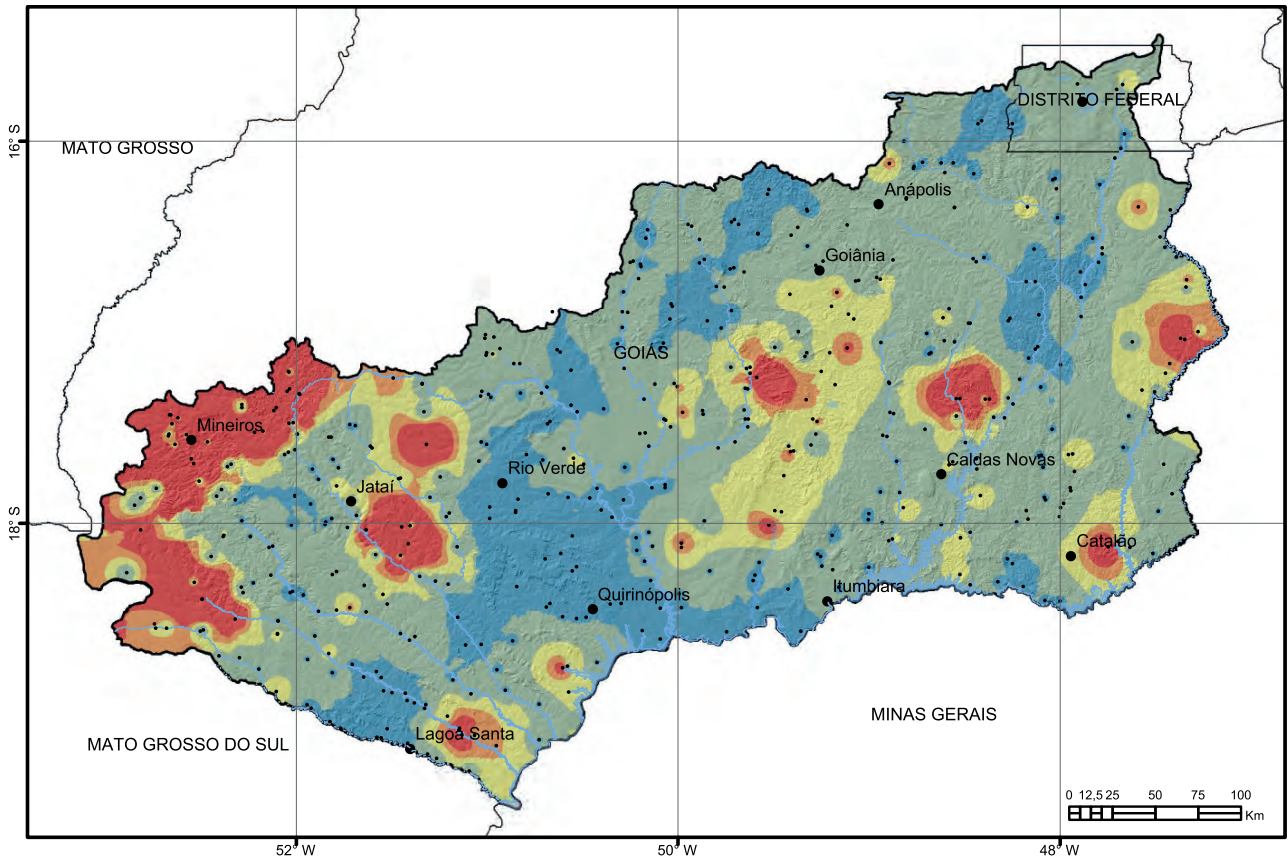
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊂ Limite da bacia

V (ppm)

- < 95
- 95 - 147
- 147 - 229
- 229 - 410
- > 410



Estatística Descritiva	
Elemento	V (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	184,621
Valor Mínimo	10,00
Valor Máximo	640,00
Variância	19143,75
Desvio Padrão	138,361
Coefficiente de Variação	74,943
Mediana	147,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	42

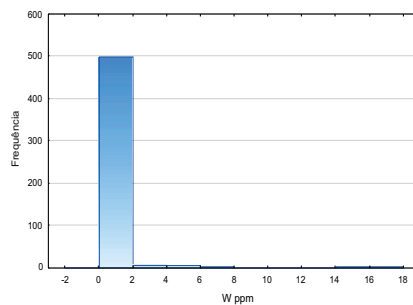
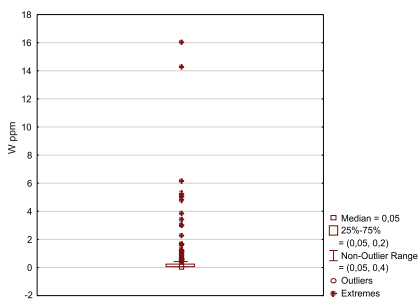


Legenda

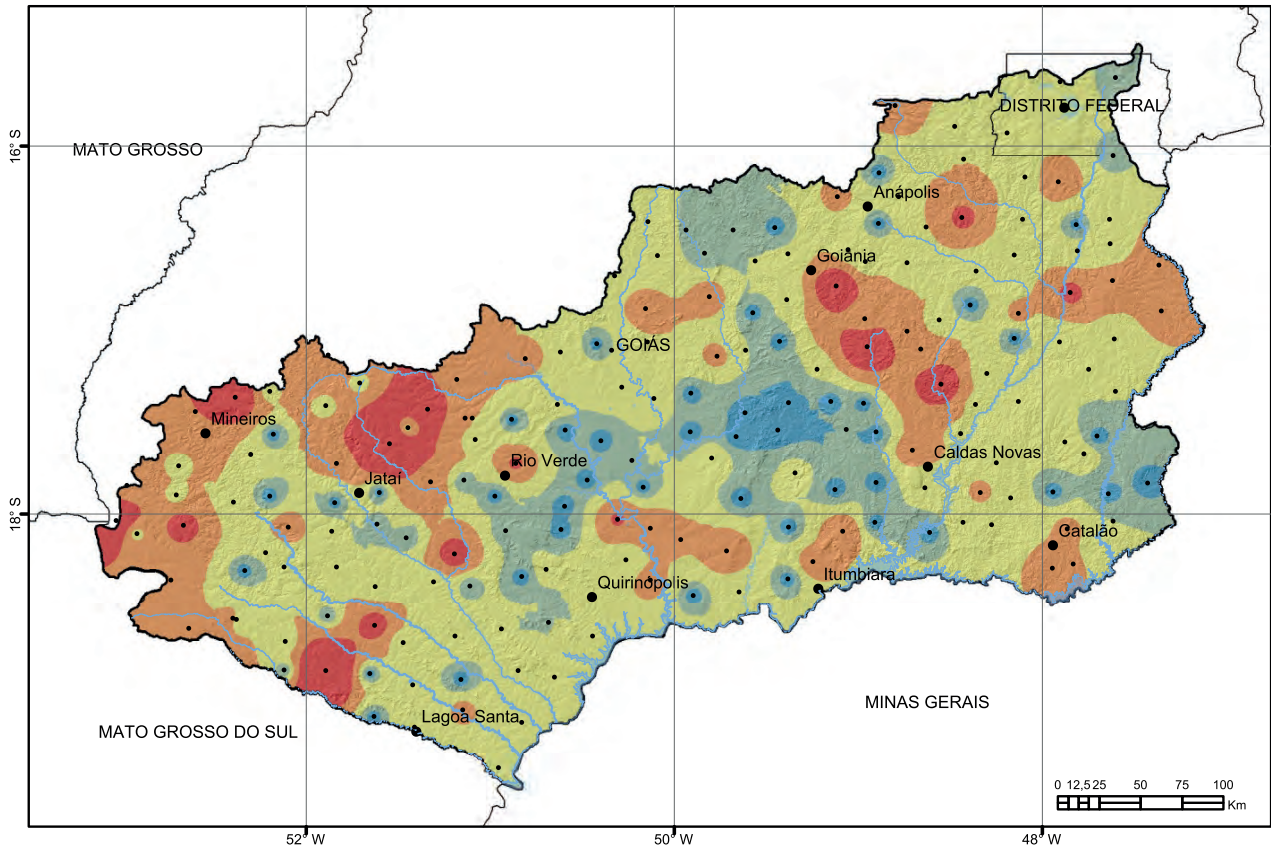
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

V (ppm)

- < 0,06
- 0,06 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- > 0,6



Estatística Descritiva	
Elemento	W (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	178
Valor Médio	0,281
Valor Mínimo	0,1
Valor Máximo	16,10
Variância	1,30
Desvio Padrão	1,13
Coefficiente de Variação	401,845
Mediana	0,05
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

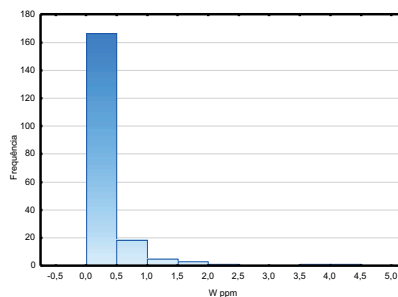
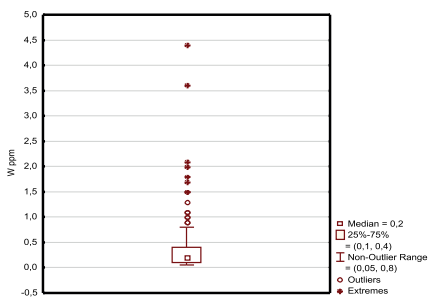


Legenda

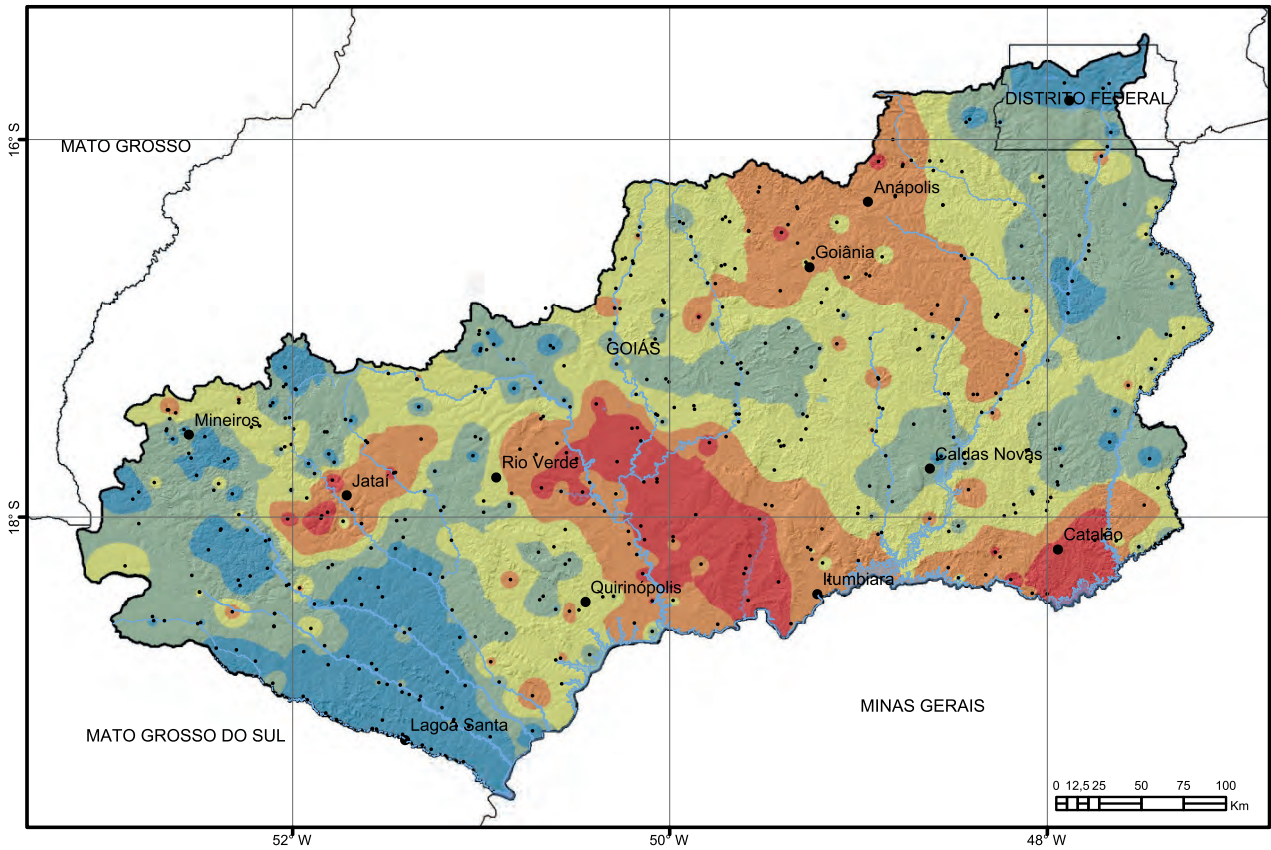
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

W (ppm)

- < 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,8
- > 0,8



Estatística Descritiva	
Elemento	W (ppm)
Limite de Detecção	0,1
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	149
Valor Médio	0,369
Valor Mínimo	0,1
Valor Máximo	4,40
Variância	0,26
Desvio Padrão	0,511
Coefficiente de Variação	138,399
Mediana	0,20
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

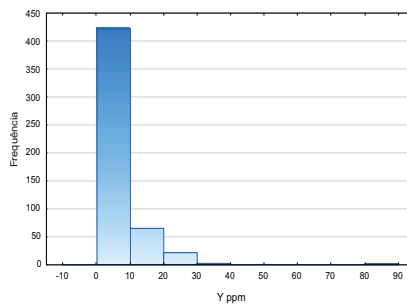
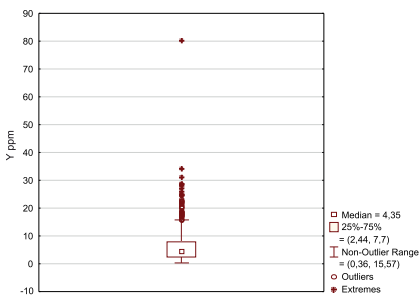


Legenda

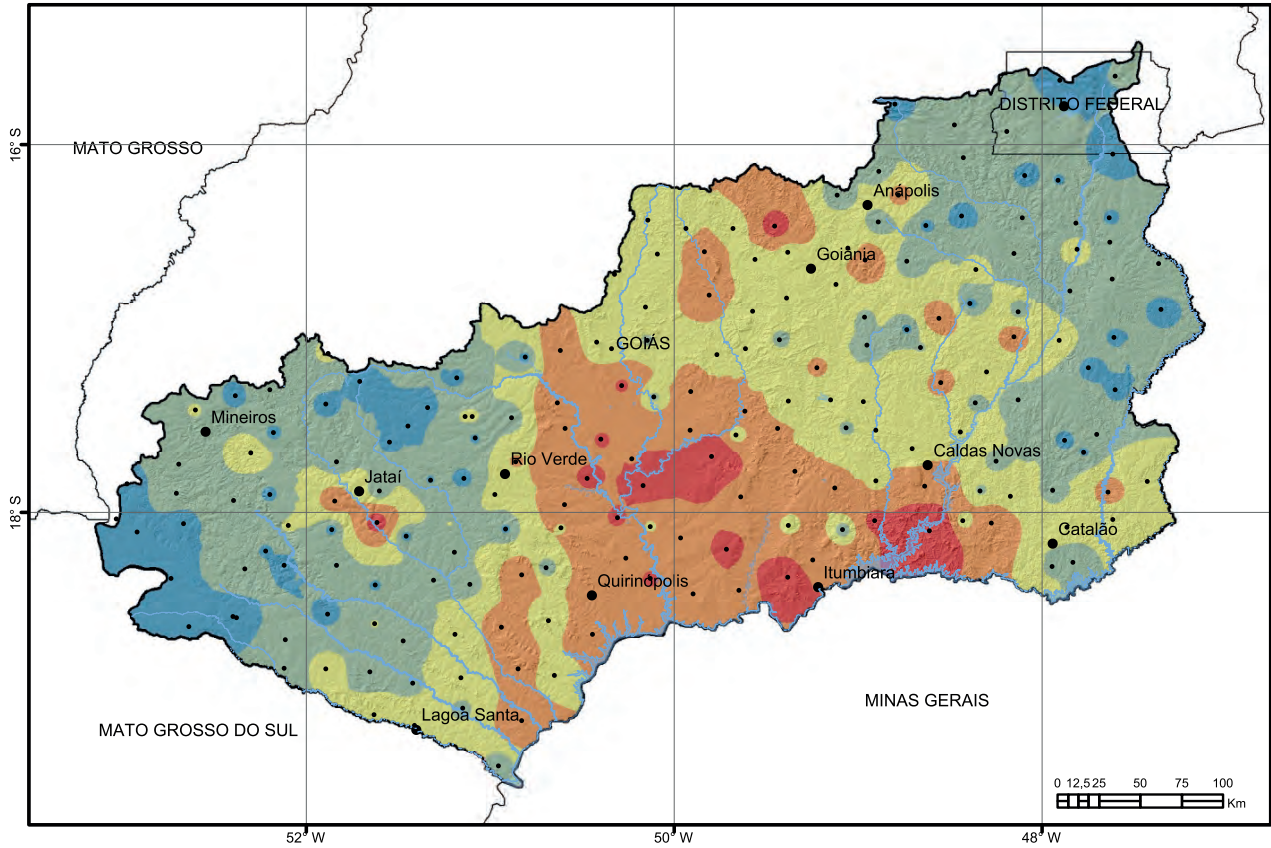
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Y (ppm)

- < 2,44
- 2,44 - 4,35
- 4,35 - 7,70
- 7,70 - 15,57
- > 15,57



Estatística Descritiva	
Elemento	Y (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	509
Valor Médio	6,40
Valor Mínimo	0,36
Valor Máximo	80,42
Variância	43,50
Desvio Padrão	6,596
Coefficiente de Variação	102,947
Mediana	4,35
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

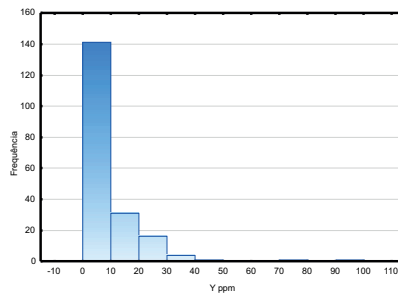
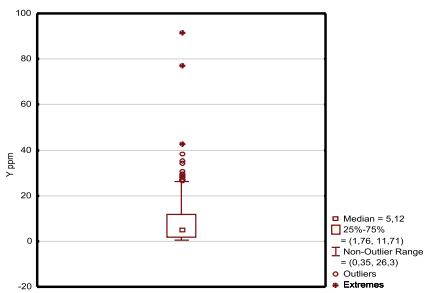


Legenda

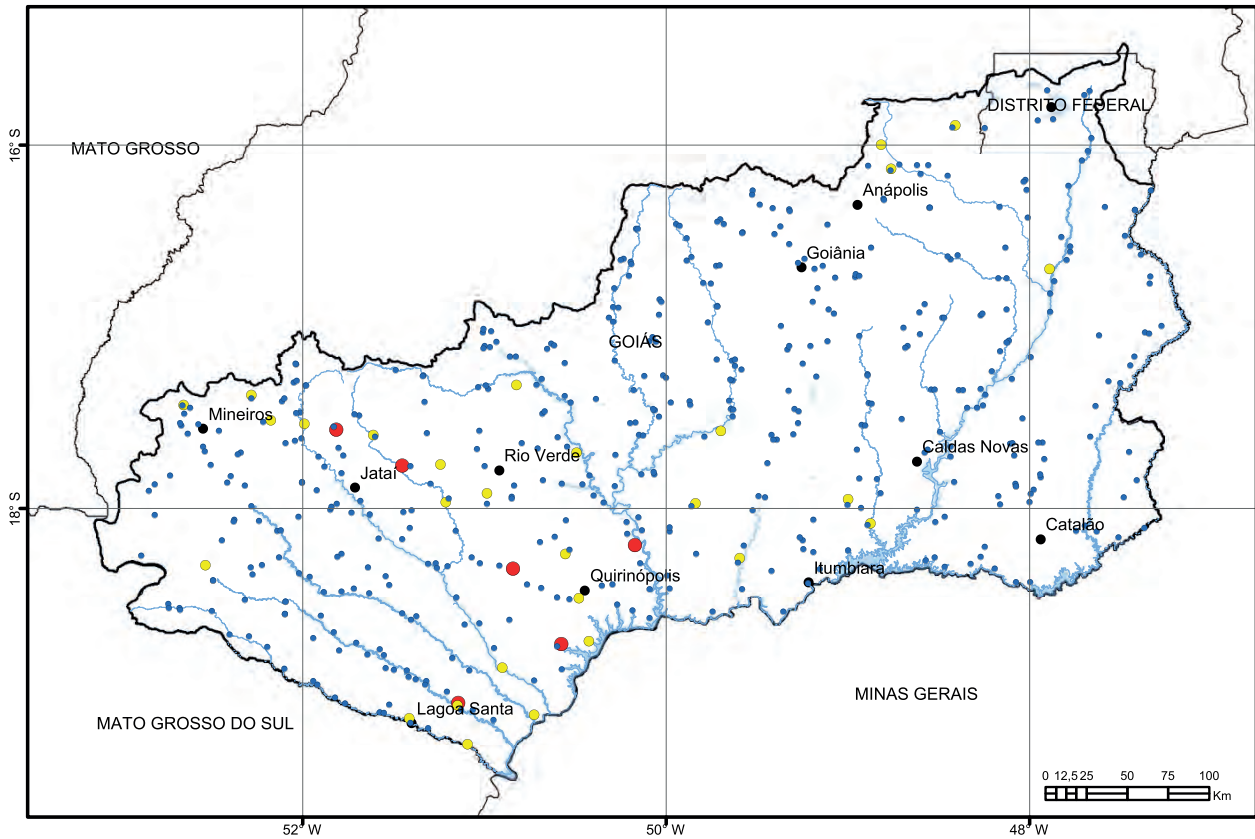
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊃ Limite da bacia

Y (ppm)

- < 1,7
- 1,7 - 5,1
- 5,1 - 11,7
- 11,7 - 26,3
- > 26,3



Estatística Descritiva	
Elemento	Y (ppm)
Limite de Detecção	0,05
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	195
Valor Médio	8,919
Valor Mínimo	0,35
Valor Máximo	91,57
Variância	134,14
Desvio Padrão	11,582
Coefficiente de Variação	129,853
Mediana	5,12
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

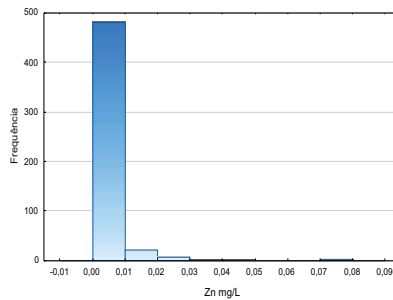
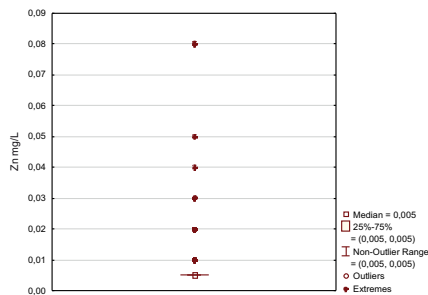


Legenda

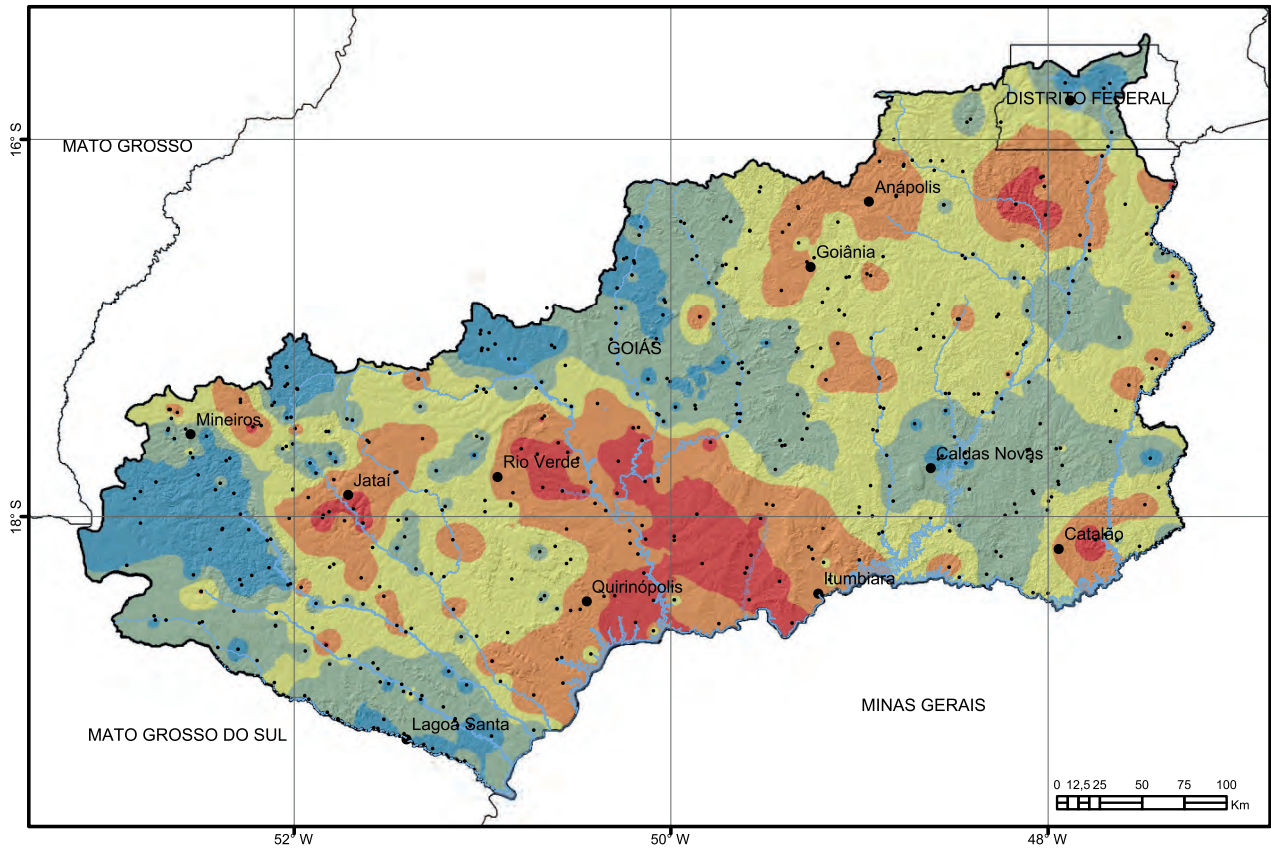
- Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Zn (mg/L)

- < 0,01
- 0,01 - 0,03
- > 0,03



Estatística Descritiva	
Elemento	Zn (mg/L)
Limite de Quantificação	0,01
Número de medidas	514
Result > Lim Quantif	101
Valor Médio	0,007
Valor Mínimo	0,01
Valor Máximo	0,08
Variância	0,0001
Desvio Padrão	0,008
Coefficiente de Variação	105,375
Mediana	0,005
Valor Permitido pela Res. CONAMA 357/2005	0,18

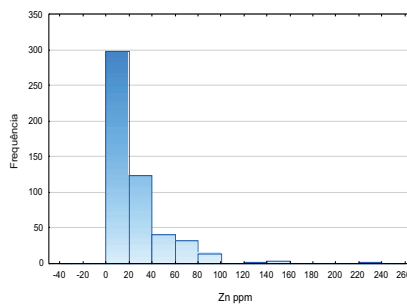
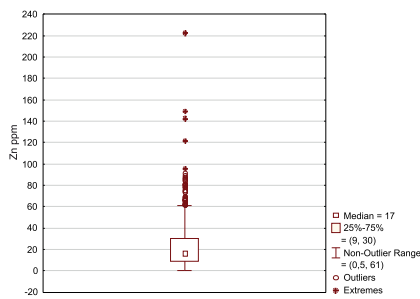


Legenda

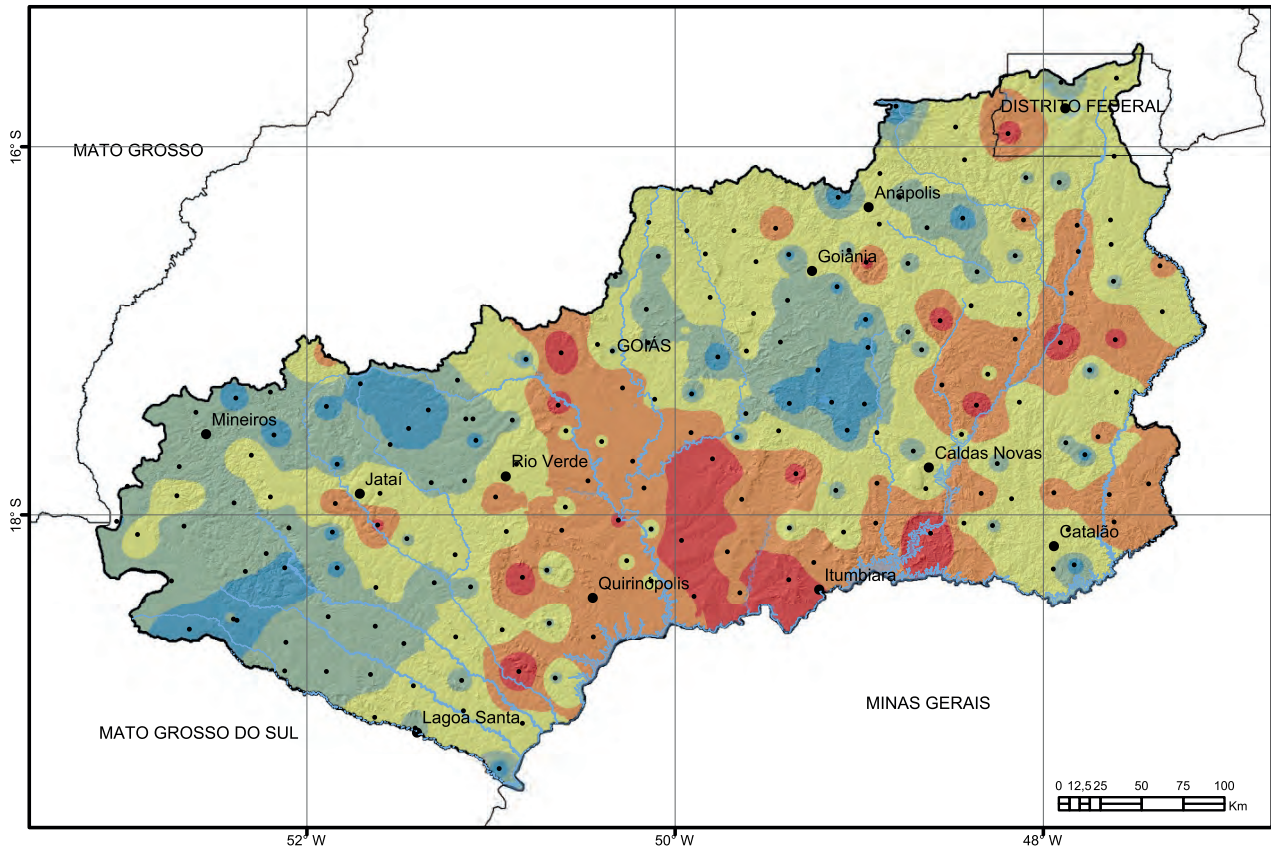
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Zn (ppm)

- < 9
- 9 - 17
- 17 - 30
- 30 - 61
- > 61



Estatística Descritiva	
Elemento	Zn (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	507
Valor Médio	24,688
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	223,00
Variância	560,20
Desvio Padrão	23,669
Coefficiente de Variação	95,873
Mediana	17,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	123
Valor de Prevenção NOAA SQRT	123

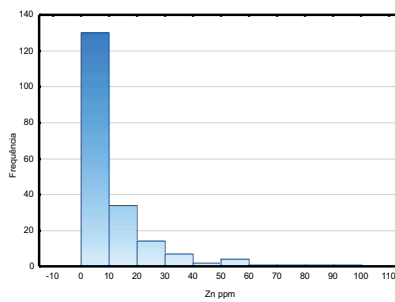
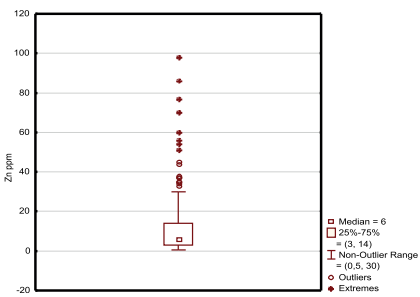


Legenda

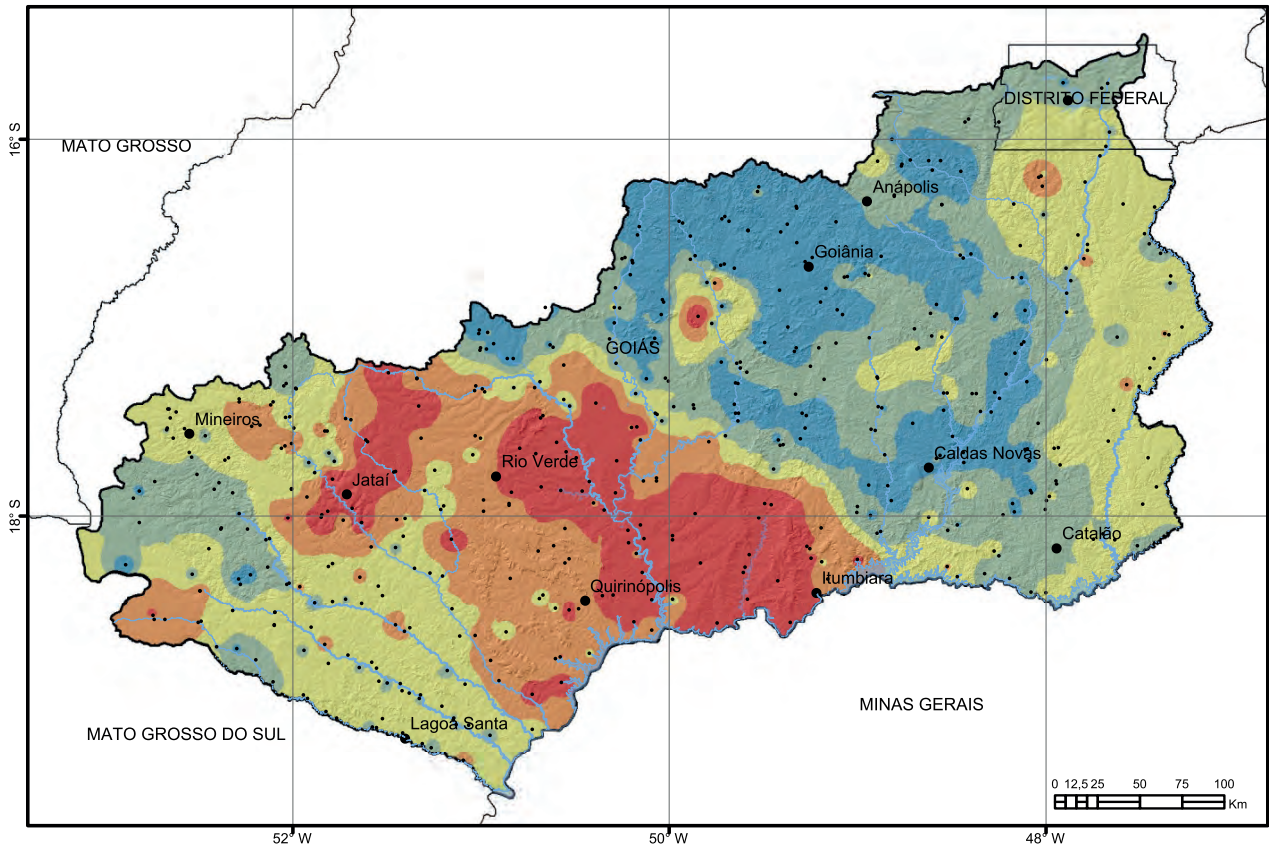
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Zn (ppm)

- < 3,0
- 3,0 - 6,0
- 6,0 - 14,0
- 14,0 - 30,0
- > 30,0



Estatística Descritiva	
Elemento	Zn (ppm)
Limite de Detecção	1,00
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	184
Valor Médio	11,721
Valor Mínimo	1,00
Valor Máximo	98,00
Variância	232,81
Desvio Padrão	15,258
Coefficiente de Variação	130,183
Mediana	6,00
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	300
Valor de Prevenção NOAA SQRT	16

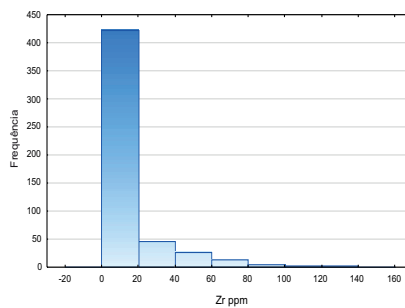
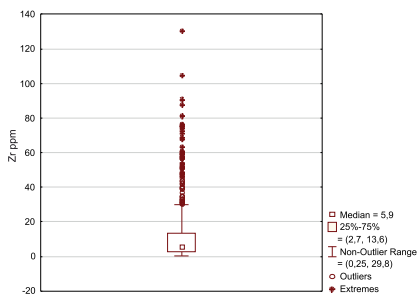


Legenda

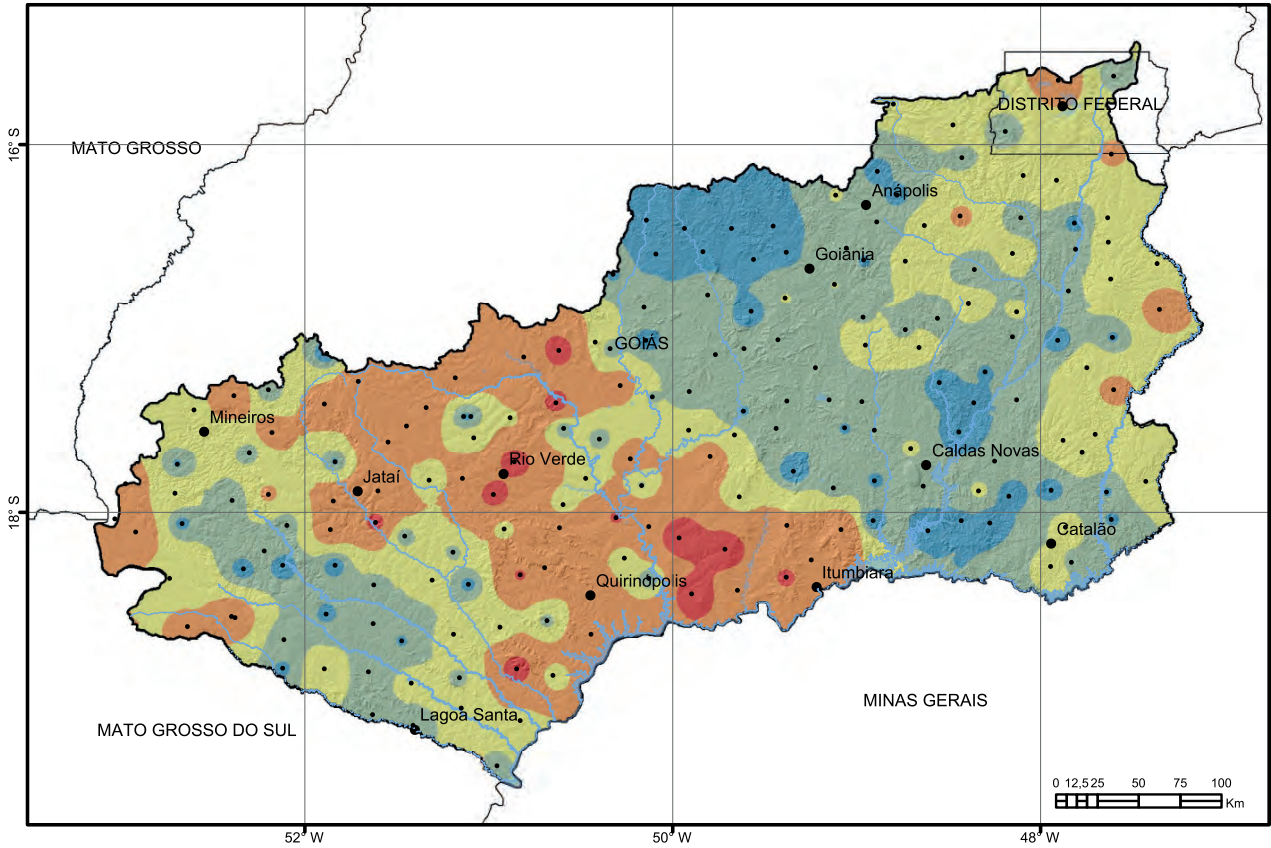
- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- ⊕ Limite da bacia

Zr (ppm)

- < 2,7
- 2,7 - 5,9
- 5,9 - 13,6
- 13,6 - 29,8
- > 29,8



Estatística Descritiva	
Elemento	Zr (ppm)
Limite de Detecção	0,5
Número de medidas	509
Result > Lim Detec	473
Valor Médio	12,64
Valor Mínimo	0,5
Valor Máximo	130,30
Variância	313,10
Desvio Padrão	17,696
Coefficiente de Variação	139,907
Mediana	5,90
Valor de Prevenção Res. CONAMA 454/2012	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

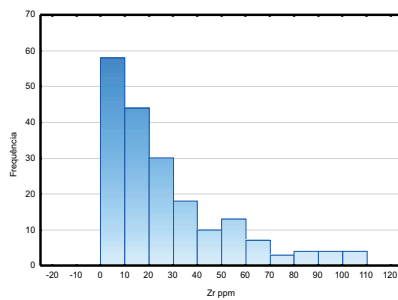
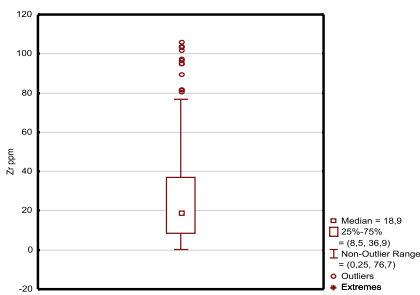


Legenda

- Pontos de coleta
- ~ Rios principais
- Municípios
- Limites estaduais
- Limite da bacia

Zr (ppm)

- < 8,5
- 8,5 - 18,9
- 18,9 - 36,9
- 36,9 - 76,7
- > 76,7



Estatística Descritiva	
Elemento	Zr (ppm)
Limite de Detecção	0,50
Número de medidas	195
Result > Lim Detec	192
Valor Médio	27,14
Valor Mínimo	0,50
Valor Máximo	105,90
Variância	618,04
Desvio Padrão	24,86
Coefficiente de Variação	91,573
Mediana	18,90
Valor de Prevenção Res. CONAMA 420/2009	-
Valor de Prevenção NOAA SQRT	-

5.3. ELEMENTOS

Ag – Prata

A prata (do latim – *argentum*) é um metal relativamente raro, de coloração esbranquiçada, altamente dúctil, maleável e com alta resistência à corrosão. Quando puro é o mais notável condutor de eletricidade e calor dentre todos os metais. Pode ocorrer como elemento livre na natureza ou associada a minérios sulfetados de Pb, Co, Ni, Sr e As, principalmente como o mineral argentita (Ag_2S). É usada principalmente como insumo na fotografia, radiologia, joias, instrumentação cirúrgica, baterias e produção de chuva artificial. Trata-se de um elemento tóxico podendo causar a morte. As principais reservas do elemento no Brasil encontram-se no estado do Pará, mas ocorrem também em Minas Gerais.

O elemento não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: A prata foi detectada em 34% das amostras, com concentrações variando de 0,01 ppm a 0,34 ppm, abaixo do valor de referência definido pela NOAA (2008), - LEL (*Lowest Effect Level*) – 0,5 ppm, indicando que os valores encontrados não têm efeito sobre a maioria dos organismos que habitam os sedimentos. Os teores mais elevados (>0,12 ppm) representam somente 4% das amostras com teores detectados. A maioria destas amostras ocorrem concentradas em pequenas áreas na sub-bacia do rio Corumbá.

Solos: Somente em 23% das amostras foram detectados teores de Ag acima do limite de detecção da metodologia analítica (0,01 ppm). As concentrações obtidas variaram de 0,01 ppm até 0,42 ppm, abaixo do valor de prevenção definida pela Resolução CONAMA 454/2012 (2 ppm). Os teores mais elevados (>0,09 ppm) foram detectados em apenas 3 amostras, que ocorrem dispersos na área da bacia do rio Paranaíba.

Apreciação Conjunta: Os teores obtidos estão compatíveis com a média crustal (0,07 ppm). Os teores de prata nas amostras de sedimentos de corrente e solos evidenciam origem geogênica, porém 3 amostras de solos apresentam teores acima do valor orientativo definido no CONAMA sugerem a existência de contribuição antropogênica, provavelmente industrial.

Al - Alumínio

O alumínio é um metal de coloração prateada, litófilo, leve, maleável, dúctil, com baixo ponto de fusão, bom condutor de eletricidade e resistente à corrosão, sendo o metal que existe em maior quantidade

na crosta terrestre, embora seja o terceiro elemento mais abundante, depois do oxigênio e silício. O Al não é encontrado livre na natureza, mas nos minerais silicatados combinado com ferro, metais alcalinos e alcalino-terrosos. O Al dissolvido se enriquece nas argilas neofornadas e desta forma sua concentração é alta nos sedimentos argilosos e rochas pelíticas, e nas derivadas de argilominerais como os filitos e micaxistos (Mineropar, 2005; Koljonen *et al.*, 1992). O principal mineral-minério é a bauxita, uma mistura de óxidos, alumina (Al_2O_3), hidróxidos, gibbsita e outras impurezas. Muito usado no mundo moderno em ligas metálicas que compõem a maioria dos utensílios e máquinas existentes na atualidade. Não é um nutriente essencial e, se assimilado em excesso, pode ser prejudicial e tóxico. As maiores reservas de bauxita brasileira encontram-se no estado do Pará.

Águas de Abastecimento: Em 93% das amostras foram detectadas concentrações de Al, variando de 0,003 mg/L a 0,71 mg/L. Oito estações apresentaram concentrações acima de 0,2 mg/L (Portaria Nº 2.914 do Ministério da Saúde), das quais, duas apresentaram concentrações entre 0,3 e 0,5 mg/L (Anápolis e Cromínia) e duas apresentaram concentrações entre 0,6 e 0,7 mg/L (Brazabranes e Aragoiania).

Águas Superficiais: O Al foi detectado em 72% das amostras, com teores variando de 0,003 mg/L a 0,6 mg/L. As concentrações mais elevadas, acima do Valor Máximo Permitido - VMP para águas Classes 1 e 2 (0,1 mg/L) definido pelo CONAMA 357/2005, constituem cerca de 23% dos resultados e estão bastante dispersos na área da bacia do rio Paranaíba, aparentemente sem relação aos tipos litológicos subjacentes. Valores extremos, acima de 0,30 mg/L, foram obtidos em 13 amostras, sendo que três apresentaram concentrações entre 0,5 mg/L e 0,63 mg/L e foram coletados no DF, em Luziânia (rio Corumbá), na divisa entre as cidades de Jandaia e Paraúna (rio Turvo).

Sedimento de Corrente: De modo geral os teores de alumínio nos sedimentos de corrente na bacia do Paranaíba são pouco expressivos. Foi detectado em todas as amostras, com teores entre 0,1% e 12%. Os valores mais elevados (>5%) predominam na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois na região central da bacia, área de ocorrência de sedimentos fanerozóicos do Grupo São Bento-Formação Serra Geral. Destes, três amostras merecem destaque: PR-S-431 e PR-S-432 (8,62 e 12,05% de Al) coletadas na cidade

de Santa Helena de Goiás e PR-S-426 (8,27% de Al) coletada na cidade de Goiatuba.

Solos: Em todas as amostras foram detectados teores de Al, variando entre 0,3% e 20%. O alumínio apresenta valores mais elevados (>8%) na parte leste da bacia. Esta região possui uma geologia complexa com diversos tipos litológicos, com predominância de cambissolos, podzólicos e algumas faixas de latossolo vermelho. A forte presença de cambissolos nessa região da bacia caracteriza uma redução na aptidão agrícola, pois são solos pouco desenvolvidos e pouco profundos (ANA, 2013).

Apreciação Conjunta: De modo geral, o Al na bacia do rio Paranaíba, nas águas superficiais e de abastecimento apresentam valores mais elevados na porção centro norte da bacia, porém, nesta região os tipos litológicos envolvidos são muito variados. Nas ETAs onde foram detectadas concentrações acima de 0,2 mg/L de Al antes do tratamento convencional, pode haver acréscimo na concentração do elemento durante a etapa de floculação, devido a adição de compostos à base de alumínio. Uma vez que este elemento pode estar relacionado com algumas doenças, como o Alzheimer, é necessário monitoramento. Nos sedimentos de corrente o alumínio apresentou valores inferiores à média crustal (8,13%), exceto nos 3 pontos mencionados acima. Os solos da bacia do Paranaíba, assim como os do cerrado, de forma geral, apresentam fertilidade baixa, alto teor de alumínio e acidez e pH entre 4 a 5.

As – Arsênio

O arsênio é um não metal de coloração variando de cinza metálica a amarela, comumente fixando-se na forma de arsenatos em argilominerais e matéria orgânica. Ocorre raramente em estado nativo e tem como principais minerais a arsenopirita (FeAsS), loellingita (FeAs_2), ouro-pigmento (As_2S_3) e o realgar (As_4S_4). Sua principal utilização é em vidros clarificados, ligas metálicas, fogos de artifício e em diversos biocidas. Elemento altamente tóxico, carcinogênico para a maioria dos seres vivos embora seja micronutriente para alguns. As principais ocorrências brasileiras de arsênio estão associadas a depósitos auríferos do tipo *greenstone belt* na Bahia (rio Itapicuru), Goiás (Crixás) e Minas Gerais (Paracatu).

Águas de Abastecimento: Todos os valores ficaram abaixo do limite de detecção da metodologia analítica (0,002 mg/L).

Águas Superficiais: Os teores de arsênio são insignificantes, com 95% deles situados abaixo do limite de detecção do método analítico (0,002 mg/L).

Sedimentos De Corrente: Em 33% das amostras foram registrados teores de As acima do limite de detecção da metodologia analítica (1 ppm), variando de 1 ppm a 112 ppm. A maioria dos teores estão abaixo da média crustal (2,1 ppm). A Resolução CONAMA 454/2012 define 2 limiares: N1 (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota) – 5,9 ppm e N2 (limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota) – 17 ppm. Observando os teores de arsênio que foram obtidos, verifica-se que a maioria está abaixo do limiar N1 e somente 3 amostras tiveram teores acima do limiar N2, sendo que a amostra LV-S-549, localizada num afluente do rio São Bartolomeu, foi encontrado o teor de 112 ppm. A dispersão do As na bacia do rio Paranaíba evidencia um enriquecimento na porção leste da bacia, que abrange tipos litológicos do domínio externo da Faixa Brasília, onde ocorrem depósitos auríferos em sequências pelito-carbonosas do Grupo Canastra.

Solos: O As foi detectado em 81% das amostras, com teores variando de 1 a 26 ppm. Apenas 4 amostras apresentaram teores acima do Valor de Prevenção (VP) definido no CONAMA 420/2009 (15 ppm), as quais estão localizadas em áreas distintas da bacia com tipos litológicos variados. Porém, o teor mais elevado (26 ppm) encontra-se próximo a cidade de Rio Verde, onde a litologia predominante pertence a Bacia Sedimentar Fanerozóica (Bacia do Paraná).

Apreciação Conjunta: No geral, os teores de As são bastante baixos nas águas, não oferecendo qualquer ameaça à saúde humana. Os resultados de arsênio nas amostras de sedimentos de corrente evidenciam os depósitos auríferos conhecidos no Grupo Canastra. Já, nos solos ocorre um enriquecimento no centro da bacia, próximo à cidade de Rio Verde, que deve ser investigado.

B – Boro

O boro é considerado um não metal, sendo um péssimo condutor de eletricidade. É um elemento químico muito leve, relativamente raro na crosta terrestre. A maior quantidade de boro está concentrada em evaporitos e em sedimentos argilosos, ambos marinhos. No ambiente terrestre, o boro ocorre associado com oxigênio, formando inúmeros minerais, principalmente hidróxidos e silicatos, como a

turmalina, a kernita e o bórax. É usado na pirotecnia (cor verde), utilizações nobres na parte pesquisa nuclear e estruturas aeroespaciais, em inseticidas, esmaltes, vidros, fertilizantes, sabões e detergentes. É elemento nutriente para as plantas, sendo sua falta ou excesso prejudicial à sua saúde. Pode ser tóxico principalmente se inalado. Comumente encontrado como efluente onde há utilização de detergentes. O Brasil não possui depósitos significativos de boro.

Águas de Abastecimento: Todos os valores ficaram abaixo do limite de detecção do método analítico (0,007 mg/L).

Águas Superficiais: Somente em 14% das amostras foram detectados teores acima do limite de detecção da metodologia analítica (0,007 mg/L), variando de 0,007 mg/L até 0,74 mg/L. A maioria dessas amostras (82%) apresentaram concentrações superiores de 2 a 7 vezes o VMP para águas Classe 1 e 2 definido no CONAMA 357/2005 (0,01 mg/L), sendo necessário monitoramento especialmente em locais cujas águas são utilizadas para captação das ETAs ou para dessedentação de animais.

Sedimentos de Corrente e Solos: Todos os valores ficaram abaixo do limite de detecção do método analítico (1 ppm). A razão mais provável do boro não ser detectado nestas amostras é o limite de detecção elevado ou porque a maioria das fases minerais hospedeiras do elemento não são destruídas pelo ataque com água régia.

Apreciação Conjunta: Em todos os meios amostrados foram obtidos baixos teores de boro, porém nas amostras de água superficial foram detectados teores acima do VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005, necessitando de monitoramento.

Ba – Bário

O bário é um metal alcalino-terroso de coloração branco-prateada, de altíssima densidade e alto ponto de fusão. Não é encontrado livre na natureza, mas quando puro é altamente oxidável e em contato com o ar apresenta aspecto fluorescente. Seus principais minerais são a barita (BaSO_4) e witherita (BaCO_3). Elemento básico para a fabricação de fluidos de perfuração de poços profundos, de vidros e pigmentos, borracha e papel. Ele não apresenta função biológica conhecida, os compostos insolúveis não são tóxicos, mas quando dissolvido ionicamente na água, é altamente tóxico. As maiores reservas de barita no Brasil estão na Bahia (Aramari e Camamu), Minas Gerais e São Paulo.

Águas de Abastecimento: Em 93% das amostras foram detectados teores de Ba, variando de 0,003 mg/L a 0,71 mg/L. Não houve registro de concentração maior ao VMP para águas Classes 1 e 2 definido no CONAMA 357/2005 e na Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (0,7 mg/l).

Águas Superficiais: O Ba foi detectado na maioria das amostras com teores entre 0,003 mg/L e 0,99 mg/L. Somente em uma amostra foi registrado concentração maior ao VMP para águas Classes 1 e 2 definido no CONAMA (0,7 mg/l). O teor de 0,98 mg/L está localizado na divisa dos municípios de Catalão e Ouidor num afluente do rio São Marcos. Nesta mesma amostra a concentração de Mn (0,14 mg/L) também é maior que a estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,1mg/L). A dispersão do Ba nas águas de superficiais é controlada pela presença dos óxidos hidratados de Fe e Mg que absorvem o Ba^{2+} .

Sedimentos de Corrente: Em todas as amostras detectou-se concentrações de Ba, com variações de 6 ppm a 394 ppm. Os teores mais altos (>150 ppm) são observados em duas regiões: (1) na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois, na área central da bacia, onde há predomínio de dacitos e demais coberturas sedimentares fanerozóicas da Bacia do Paraná e, (2) na sub-bacia do rio São Marcos, no extremo sudeste da bacia, na região do Complexo de Catalão, mesma estação de amostragem onde foi obtido o teor mais elevado de Ba em água. Nessa área, as rochas pertencem a sequência metavulcanossedimentar da faixa Brasília. Nos sedimentos de corrente estes teores elevados podem estar ligados à presença de minerais como os feldspatos detriticos e micas, produtos de intemperismo das rochas regionais.

Solos: O Ba foi detectado em 69% das amostras com teores variando de 5 ppm até 795 ppm. Apenas três amostras registraram teores que superam o Valor de Prevenção (VP) - 150 ppm e o Valor de Intervenção (VI) - 300 ppm definidos no do CONAMA 420/2009. Estas amostras estão localizadas na região central da bacia, onde há predomínio de dacitos e demais coberturas sedimentares fanerozóicas da Bacia do Paraná.

Apreciação Conjunta: Dos materiais analisados, as amostras de águas superficiais, solos e sedimentos de corrente, mostram boa correlação entre os resultados obtidos e os teores elevados são coerentes com a composição dos litotipos subjacentes.

Be – Berílio

O berílio é um metal alcalino-terroso, de coloração cinza-prateada, macio, pouco reativo, de alta condutividade térmica e elétrica, alto ponto de fusão e boa elasticidade. Durante o intemperismo permanece nos resíduos minerais mais resistentes. Em solo se acumula nos horizontes mais ricos em substâncias orgânicas (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Quanto à sua natureza geoquímica, assemelha-se ao alumínio, tendo como principais minerais o berilo [$\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$], a bertrandita [$4\text{BeO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$], o crisoberilo (BeAl_2O_4) e fenacita (Be_2SiO_4). As variedades transparentes do berilo, esmeralda (verde) e azul (água-marinha) são muito apreciadas como gemas. Possui algumas outras aplicações nobres na fabricação de molas especiais e em reatores nucleares. O pó do mineral é danoso aos pulmões e seus sais são muito tóxicos. As principais jazidas de berilo ocorrem em regiões pegmatíticas de Minas Gerais, Goiás, Bahia e Ceará.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: As concentrações de Be tanto nas amostras de águas superficiais quanto nas de abastecimento, ficaram abaixo do limite de detecção do método analítico (0,001 mg/L).

Sedimentos de Corrente: O berílio foi detectado em 90% das amostras com teores variando de 0,1 ppm a 11,9 ppm. Os teores mais elevados (>5 ppm) estão distribuídos em duas regiões: (1) sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois, na região central da bacia, onde há predomínio de dacitos e demais coberturas sedimentares fanerozóicas da Bacia do Paraná e (2) no extremo sudeste da bacia do Paranaíba, na região do Complexo de Catalão, divisa dos municípios de Catalão e Ouvidor num afluente do Rio São Marcos, onde o valor de 11,9 ppm está localizado.

Solos: Em 77% das amostras foram obtidos teores de Be acima do limite de detecção da metodologia analítica (0,1 ppm), com valores entre 0,1 ppm até 3,1 ppm. A região central da bacia é claramente a região mais rica em berílio da bacia do rio Paranaíba, com teores acima de 1,3 ppm, superiores ao valor de referência definido pelo NOAA/2008 (1,1 ppm), onde predominam dacitos e demais coberturas sedimentares fanerozóicas da Bacia do Paraná.

Apreciação Conjunta: Observa-se que ocorre um enriquecimento do Be na região central da bacia do rio Paranaíba, tanto nas amostras de sedimentos de corrente quanto nas de solos, porém esses teores se devem as unidades litoestratigráficas que ocorrem

na área e não causam nenhum impacto negativo ao ambiente, nem à saúde humana.

Bi – Bismuto

O bismuto é um metal de coloração prata-esbranquiçada, quebradiço e pouco abundante na crosta terrestre. Apresenta baixa condutibilidade elétrica e térmica, sendo o mais diamagnético de todos os metais. Apresenta isótopos levemente radioativos e é encontrado livre na natureza, mas sua forma mais comum é a bismutinita (Bi_2S_3), bismita (Bi_2O_3) e bismutita [$(\text{BiO})_2\text{CO}_3$]. É usado na indústria farmacêutica, de cosméticos, em ímãs e soldas. Não possui função biológica conhecida e é o menos tóxico metal pesado. As principais jazidas de bismuto do Brasil são apenas pequenas ocorrências em Minas Gerais e no Rio Grande do Norte, onde ele é extraído como subproduto.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Bi não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O elemento bismuto foi identificado em 55% das amostras com teores entre 0,02 ppm e 8,29 ppm. Os teores acima de 0,42 ppm ocorrem em diversas regiões por toda área da bacia do Paranaíba, porém predominam na porção centro-oeste da bacia, abrangendo diferentes unidades estratigráficas.

Solos: O Bi foi detectado em 93% das amostras, com teores variando de 0,02 ppm até 4,38 ppm. Os teores mais elevados, acima de 1,11 ppm, estão concentrados em pequenas áreas nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois e na do rio Corumbá, em ambientes geológicos variados.

Apreciação Conjunta: A dispersão do Bi em ambas classes amostrais mostra que a porção leste da bacia do Paranaíba é mais empobrecida que o restante da área.

Brometo

O bromo é um elemento não metálico, do grupo dos halogênios, que ocorre naturalmente no estado líquido, é volátil, denso e instável. É um elemento litófilo e seu raio iônico é semelhante ao do cloro e, sendo assim, o Br pode substituí-lo na estrutura dos minerais. Nunca é encontrado livre na natureza, sempre sob a forma de sais. Está presente na água do mar e nos evaporitos. Sua principal utilização é como brometo de etileno utilizado em combustíveis para evitar a acumulação de chumbo, sendo também usado como corante, agente branqueador e purificador de águas. Os brometos de terras-raras

encontram aplicação na indústria farmacêutica e fotográfica. O metilbrometo é usado como inseticida. O Br não possui função biológica essencial em mamíferos mas participa do metabolismo de algas marinhas. Metilbrometo pode causar danos à saúde humana. O Brasil não produz bromo, tendo que importar para suprir suas necessidades internas.

Águas de Abastecimento: Os resultados de brometo em todas as amostras foram abaixo do limite de detecção da metodologia analítica (0,01 mg/L).

Águas Superficiais: O ânion brometo foi detectado somente em 16% das amostras, em teores muito baixos, variando de 0,01 mg/L a 0,74 mg/L, muito abaixo da média do ânion em águas fluviais (20 mg/L). Os teores mais elevados (>0,09 mg/L) ocorrem nos rios Corrente, Preto, dos Bois, Santa Maria e Corumbá.

Sedimentos de Corrente e Solos: O bromo não foi analisado nas amostras de sedimentos de corrente e solos.

Apreciação Conjunta: O bromo foi detectado somente nas amostras de águas superficiais em teores abaixo da média do ânion em águas fluviais (20 mg/L).

Ca – Cálcio

O cálcio é um metal alcalino-terroso, calcófilo, branco-prateado, de baixa dureza, altamente reativo quando em contato com o ar e a água, não sendo encontrado na forma elementar. É o quinto metal mais abundante na crosta terrestre. Na natureza o cálcio é encontrado como parte integrante dos minerais constituintes das rochas, formando um grande número de silicatos, carbonatos e fosfatos, sendo os plagioclásios os principais hospedeiros do Ca (Mineropar, 2005). O Ca dissolvido é cristalizado nos sedimentos ou precipitado de soluções por organismos, formando aragonita (CaCO_3) e calcita (CaCO_3), ou dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] e fosfatos, principalmente apatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl})$]. Em evaporitos, o cálcio também é precipitado como gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). O elemento possui ampla utilização em vários setores da indústria, fábricas, construção e agricultura. É o elemento mais abundante em nosso corpo e um nutriente essencial para todos os seres vivos. As principais jazidas de calcário do Brasil são em Minas Gerais, ocorrendo minas em praticamente em todos os estados.

Águas de Abastecimento: O Ca foi detectado na maioria das amostras, com teores entre 0,01 mg/L e 20,7 mg/L. Os teores mais altos (> 8,13 mg/L) ocor-

rem nas áreas das sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois, Meia Ponte e Corumbá, predominantemente na região metropolitana de Goiânia.

Águas Superficiais: Em todas as amostras foram detectados teores de Ca, variando de 0,07 mg/L a 30,2 mg/L. Os teores mais altos (>11,5 mg/L) situam-se dispersos por toda área da bacia do Paranaíba, porém com predominância na mesma região onde foram obtidas as concentrações de Ca mais elevadas nas amostras de água de abastecimento, provavelmente relacionadas a presença de rochas máficas que ocorrem nessa área. Observa-se ainda amostras com Ca elevado na sub-bacia do rio Aporé, região de domínio de sedimentos fanerozóicos do Grupo Bauru da bacia do Paraná.

Sedimentos de Corrente: O Ca foi detectado em 92% das amostras em concentrações entre 0,01% e 1,28%. Os teores mais elevados (0,16%) ocorrem dispersos em pequenas áreas, na região central da bacia do Paranaíba, predominantemente nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois e na do rio Meia Ponte, abrangendo diversas unidades litoestratigráficas.

Solos: Das amostras coletadas, 42% apresentaram teores acima do limite de detecção do método analítico (0,01%), variando entre 0,01% a 0,5%. As concentrações mais elevadas (>0,12%) se encontram na região central da bacia do Paranaíba, na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois, área de cobertura sedimentar fanerozóica da bacia do Paraná (Serra Geral).

Apreciação Conjunta: Os teores de Ca mostram-se bastante baixos em toda a área da bacia do Paranaíba, com teores muito abaixo da média crustal (3,6%). Porém, observa-se que a região central da bacia do rio Paranaíba é a mais enriquecida em Ca.

Cd – Cádmio

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

cádmio é recuperada como subproduto de minas de zinco, cobre ou chumbo.

Águas de Abastecimento: Em todas as amostras foram registrados valores abaixo do limite de detecção do método analítico (0,01 mg/L).

Águas Superficiais: O Cd foi detectado somente em 3 amostras com teores 0,002 mg/L e 0,003 mg/L, que estão de 2 a 3 vezes acima do valor permitido pelo CONAMA 357/2005 (0,001 mg/L). É necessário verificar a fonte desses teores, visto que são pontuais e provavelmente estão relacionados a atividades antrópicas, podendo trazer efeitos adversos à saúde humana.

Sedimentos de Corrente: Apesar do Cd ter sido detectado em 50% das amostras, os teores são extremamente baixos, variam de 0,01 ppm a 0,27 ppm, sendo que o teor máximo está muito abaixo do valor Nível 2 (limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota) do CONAMA 454/2012 (3,5 ppm). Os teores mais elevados (>0,05 ppm) ocorrem predominantemente na região de Catalão, na bacia do rio São Marcos e no rio São Bartolomeu.

Solos: Apenas 33% dos resultados obtidos são superiores ao limite de detecção da metodologia analítica (0,01 ppm), com teores de 0,01 ppm a 0,09 ppm, muito abaixo do valor de prevenção definido pela Resolução CONAMA 420/2009 (1,3 ppm). Os teores mais altos (>0,04 ppm) estão dispersos em pequenas áreas, principalmente no extremo leste e na região central da bacia do rio Paranaíba.

Apreciação Conjunta: Os teores de Cd detectados nos meios amostrados estão muito abaixo dos valores definidos pelas Resoluções do CONAMA, com exceção dos teores de 3 amostras de água superficial que excederam de 2 e 3 vezes o VMP e, que necessitam de investigação.

Ce – Cério

O cério é um metal de transição pertencente à série dos Lantanídeos (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu) ou elementos de terras-raras (ETR), tendo coloração cinza levemente prateada, maleável, dúctil e resistente, bem reativo quando exposto ao ar úmido. O cério é o mais abundante dos ETR sendo encontrado principalmente na monazita, cerita e allanita. Seu principal uso é na formação de ligas metálicas, em superímãs, catalisadores, na indústria do vidro, polimento ótico e como sedativo. Não apresenta papel biológico conhecido, sendo usado em alguns remédios. Pode ser tóxico e as

principais jazidas no Brasil se encontram em Poços de Caldas (MG) e Guarapari (ES).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O cério não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Ce foi detectado em todas as amostras com teores variando de 1,78 ppm a 1.500 ppm. Os teores mais altos (>113,56 ppm) se localizam preferencialmente na porção leste da bacia, em regiões das sub-bacias dos rios Meia Ponte e Corumbá e ainda na região do Complexo de Catalão, na bacia de São Marcos. Observa-se que as amostras com teores acima de 300 ppm são encontradas em áreas onde são encontrados terrenos granito-gnáissicos do embasamento da Faixa Brasília.

Solos: Assim como nas amostras de sedimentos de corrente, em todas as de solo foram detectados teores de Ce, variando de 3,66 ppm a 260,2 ppm. Os teores mais elevados (>178,7 ppm) ocorrem na região centro-leste da bacia do Paranaíba, em diversas litologias.

Apreciação Conjunta: A distribuição do Ce é bastante semelhante nos solos e sedimentos, mais enriquecido na porção centro/leste na área de abrangência de rochas metamórficas e mais empobrecido na região oeste onde dominam os sedimentos fanerozóicos da bacia do Paraná.

Cloreto

O cloro apresenta-se sob a forma de cloretos, cloratos, percloratos, cloritos e hipocloritos, além de formar compostos orgânicos (haletos). Ocorre principalmente na forma de cloreto de sódio nas minas de sal-gema e dissolvido na água do mar, combinado com outros elementos e minerais como a silvinita, ou na carnallita. Nas águas superficiais estão presentes como cloretos de cálcio, sódio e magnésio. É componente na fabricação de plásticos, solventes, agrotóxicos, tratamento de água e em vários produtos químicos. O íon está presente nos fluidos dos corpos dos animais superiores, sendo o principal fator na regulação da pressão osmótica e manutenção do pH. Está presente em diversos efluentes industriais. O cloro pode reagir com substâncias orgânicas e exercer efeitos nocivos em tecidos do trato respiratório e irritação dos olhos.

Águas de Abastecimento: Em todas as amostras foram medidos teores de cloreto abaixo do limite de detecção do método analítico (0,01 mg/L).

Águas Superficiais: O íon cloreto foi detectado em todas as amostras com teores variando entre 0,01 mg/L e 10,6 mg/L, muito abaixo do VMP definido

pela Resolução CONAMA 357/2005 para água de Classe 1 e 2 (250 mg/L). As concentrações mais elevadas (>4,5 mg/L) estão dispersas em toda área da bacia do rio Paranaíba.

Sedimentos de Corrente e Solos: O cloro não foi analisado nas amostras de sedimentos de corrente e de solos.

Apreciação Conjunta: As concentrações de cloretos nas amostras de água coletadas nas ETAs e nos mananciais da bacia do rio Paranaíba estão muito abaixo do VMP da legislação ambiental brasileira.

Co – Cobalto

O cobalto é um metal duro, quebradiço, possui afinidade calcófila e parte siderófila, que ocorre principalmente como siegenita (NiCo)S₄, cobaltita (CoAsS), esmaltita (CoNiFe)As₂ e pirrotita [Fe(CoNi)S]. É usado para confecção de ligas de Ni-Cr-Co-Mo para a indústria aeroespacial, aço inoxidável (Co-Cr-Fe), utilizado no aumento da resistência de aço para ferramentas, usos químicos, cerâmicos e ligas resistentes à corrosão. O radioisótopo ⁶⁰Co é usado como fonte de radiação gama em radioterapia, esterilização de alimentos (pasteurização fria). O Co é um nutriente essencial, necessário à formação da vitamina B₁₂, mas em elevadas concentrações é tóxico e carcinogênico, podendo resultar em danos nos pulmões, coração e formação de dermatites. No Brasil, os principais depósitos se encontram em Niquelândia e Americana do Brasil – GO.

Água de Abastecimento: Os resultados do Co em todas as amostras foram abaixo do limite de detecção da metodologia analítica (0,003 mg/L).

Água Superficial: O cobalto foi detectado em 51% das amostras com concentrações muito baixas, entre 0,003 mg/L e 0,025 mg/L. Os teores mais altos (>0,015 mg/L) estão dispersos na área da bacia do Paranaíba, porém ocorrem em maior quantidade nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois, Meia Ponte, Corumbá e São Marcos.

Sedimentos de Corrente: O Co foi detectado em todas as amostras com teores variando de 0,5 ppm a 76,4 ppm. Os teores mais elevados (>18,1 ppm) ocorrem na região central da bacia, na bacia dos rios Turvo e dos Bois e na região do Complexo de Catalão, na bacia do rio São Marcos. Em quatro amostras os teores de Co excederam ao valor de referência de 50 ppm (*Lowest Effect Level* – nível de contaminação acima do qual pode ocorrer efeito sobre a maioria dos organismos aquáticos) definido pelo NO-AA/2008. Estas amostras se situam no domínio de

rochas vulcânicas da bacia do Paraná e em intrusões vulcânicas alcalinas, na divisa dos municípios de Catalão e Ouidor.

Solos: Em todas as amostras foram detectadas concentrações de Co variando de 0,3 ppm até 59,7 ppm. Os teores mais elevados (> 15 ppm) ocorrem na porção central da bacia, refletem as regiões com teores acima dos valores de prevenção (25 ppm) e de investigação para área agrícola (35 ppm) definidos pela Resolução CONAMA 420/2009 e, representam locais de domínios de rochas vulcânicas e associadas.

Apreciação Conjunta: Há uma boa correlação entre os resultados nas amostras estudadas, tais como o observado no centro da área da bacia do Paranaíba, onde ocorrem as rochas vulcânicas da bacia do Paraná.

Condutividade

O parâmetro físico-químico da Condutividade Elétrica (CE) representa a maior ou menor facilidade das águas ou de qualquer líquido, em conduzir a corrente elétrica. Assim, está diretamente associada com a quantidade de sólidos totais dissolvidos sob a forma de íons.

Água para Abastecimento Público: As estações de captação das águas para tratamento e distribuição à população, na maioria das vezes, estão localizadas em áreas de nascentes dos mananciais próximos as ETAs. Os valores obtidos variaram de 6,28 a 279,5 µS/cm. Valores acima de 100µS/cm representam 22% do total de amostras analisadas e estão localizados na porção leste da bacia. São águas sem turbidez e coloração clara. Os valores mais baixos ocorrem na porção oeste da bacia.

Água Superficial: Os valores de condutividade nas amostras de água superficial variaram de 0 a 208,6 µS/cm, sendo que os valores mais elevados ocorrem na porção leste, assim como constatado nas águas de abastecimento.

Apreciação conjunta: Na bacia do Paranaíba, de modo geral, os elevados valores de condutividade elétrica ocorrem principalmente na porção mais povoada da área estudada, o que pode indicar influência natural (climática e geogênica) e/ou de atividades antrópicas.

Cr – Cromo

O cromo é um metal de cor cinza, duro, quebradiço, que apresenta pouca atração magnética; e que se apresenta mais comumente como cromita (FeCr₂O₄). É usado na fabricação de aço inoxidável (Fe-C-Cr) e

ferro-ligas, na indústria química, na produção de pigmentos para tinta, e de refratários. É um micronutriente essencial aos seres humanos - funciona aumentando a tolerância à glicose no sangue, o que potencializa ação da insulina (Minerpar, 2005). Se inalado, o Cr⁺⁶ pode causar irritações nasais e sangramentos. Se ingerido, ocorrem problemas estomacais, úlceras, convulsões e danos nos rins e fígado, e por contato dermal, provoca ulcerações na pele. No Brasil, o cromo é encontrado principalmente nos estados da Bahia (distritos cromíferos de Campo Formoso e do Vale do Jacurici), Amapá (Magagão) e Minas Gerais (Alvorada de Minas).

Águas de Abastecimento: Na maioria das amostras foram obtidos teores de cromo abaixo do limite de quantificação do equipamento analítico (0,003mg/L).

Águas Superficiais: O Cr foi detectado em 41% das amostras com teores variando entre 0,003 ppm e 0,038 ppm, dispersos por toda área da bacia. Todos os teores de Cr obtidos são inferiores ao VMP definido pelo CONAMA 357/2005 (0,05 mg/L).

Sedimentos de Corrente: O cromo foi detectado em todas as amostras com teores variando de 2 ppm a 676 ppm, sendo que os mais elevados estão predominantemente localizados na região central da bacia. Cerca de 24% dos resultados estão acima do valor N1 – limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (37,3 ppm) e 14% acima do valor N2 – limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota (90,0 ppm) definidos no CONAMA 454/2012. As áreas que agrupam os teores mais relevantes de Cr (>80 ppm) se localizam próximos as cidades de Rio Verde e Quirinópolis, onde os litotipos compreendem arenitos e basaltos juro-cretácicos do topo da Bacia do Paraná e, próximos a cidade de Anápolis, na abrangência do complexo granulítico Anápolis-Itauçu e coberturas lateríticas ferruginosas.

Solos: O Cr foi detectado em todas as amostras com teores variando de 3 ppm a 612 ppm. Constata-se que 30% dos teores de Cr superam o valor de prevenção (75 ppm) e, outras 10 amostras, os teores ultrapassam o valor de investigação (150 ppm) definido pela Resolução CONAMA 420/2009. Os valores mais elevados ocorrem na área central da bacia, relacionados com os arenitos e basaltos da Bacia do Paraná e, à nordeste, relacionados a rochas do complexo granulítico Anápolis-Itauçu.

Apreciação Conjunta: O elemento Cr foi detectado em teores relativamente elevados em diversos lo-

cais, ocorrendo uma boa correlação entre os valores encontrados nos sedimentos de corrente e solos, relacionados a rochas do substrato, que são constituídas por minerais ricos neste elemento. Para um melhor entendimento quanto aos riscos ambientais e saúde humana é recomendado um estudo de extração sequencial para determinar a fração biodisponível presente nos sedimentos de corrente e/ou nos solos.

Cs – Césio

O césio é um metal alcalino de coloração ouro-prateada, dúctil, macio e apresenta baixo ponto de fusão. Tal como o mercúrio (Hg) e o gálio (Ga), encontra-se em estado líquido a temperaturas próximas do ambiente, mas não é encontrado livre na natureza. É o mais eletropositivo dos elementos alcalinos e reage explosivamente na presença de água fria. Ocorre na zeólita polucita [(Cs,Na)₂Al₂Si₄O₁₂.H₂O] e na mica lepidolita [KCs-Li₂Al(Al, Si)₃O₁₀(F,OH)₂]. É usado como catalisador na indústria química, relógio atômico e células fotoelétricas. Utiliza-se seu isótopo radioativo no tratamento do câncer. Não apresenta função biológica conhecida, mas devido a sua similaridade química com o K, pode substituí-lo no corpo humano, bem como pode danificar as células se expostas a grandes quantidades de Cs radioativo (ATSDR, 1999). No Brasil não há registro de mineral com Cs em exploração, sendo algumas ocorrências do filossilicato lepidolita relacionadas a rochas pegmatíticas e quartzitos (RN e PB).

Água de Abastecimento e Água Superficial: O elemento césio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Cs foi detectado em 90% das amostras com concentrações entre 0,05 ppm até 4,06 ppm. Observa-se um enriquecimento deste elemento na porção leste da bacia, sobretudo na região onde ocorre o grupo Canastra composto de quartzitos, filitos e xistos de baixo grau metamórfico. Nesta região ocorrem quatro amostras com teores de césio acima da média crustal (3 ppm) nos afluentes do rio São Marcos, no limite extremo leste da bacia do Paranaíba.

Solos: Na maioria das amostras foi detectado teores de Cs acima do limite de detecção do método analítico (0,05 ppm), sendo o valor mais elevado 9,85 ppm. Assim como ocorre nos sedimentos de corrente, o césio encontra-se enriquecido nas amostras coletadas na porção leste da bacia do Paranaíba, onde ocorrem rochas dos Grupos Canastra e Araxá

(psamitos, psamo-pelitos e pelitos metamorfizados na fácies xisto verde alto com intercalações de anfíbolito).

Apreciação Conjunta: Os teores de Cs apresentaram uma boa correlação entre as amostras das duas classes amostradas, com teores mais elevados na porção leste da bacia, evidenciando origem geogênica.

Cu – Cobre

O cobre (do latim – *cuprum*) é um metal de transição, de cor avermelhada, alta condutividade térmica e elétrica, maleável e dúctil. Assim como o Ni, Zn e Pb, possui forte afinidade com o enxofre, formando minerais sulfetados sob condições redutoras. Nos processos supergênicos, em condições oxidantes, forma hidróxidos e carbonatos. Tem como principais minerais a calcopirita (CuFeS_2), calcocita (Cu_2S), bornita (Cu_5FeS_4), cuprita (Cu_2O), tetraedrita (Cu_3SbS_3), malaquita [$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})$], azurita [$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$] e o cobre nativo. É importante para a fotossíntese vegetal e essencial para a boa saúde humana, mas em excesso e exposições prolongadas pode causar irritações nas vias respiratórias, vertigem, náuseas e diarreias. O cobre é indispensável à vida em geral, participando no organismo humano do processo de fixação do ferro na hemoglobina do sangue (Koljonen *et al.*, 1992; Mineropar, 2005). Os principais depósitos no Brasil se encontram em Carajás, no Pará, na Bahia e em Goiás (Biondi, 2003).

Águas de Abastecimento: Somente em 12% das amostras foram detectados teores de Cu acima do limite de quantificação do método analítico (0,002 mg/L), com o valor mais elevado 0,059 mg/L, muito abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP) definido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (2 mg/L), porém acima do VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,009 mg/L).

Águas Superficiais: O Cu foi detectado em 19,4% das amostras analisadas, com teores acima do limite de detecção do equipamento analítico (0,002 mg/L), sendo 0,144 mg/L o teor mais elevado. Observa-se que apenas em quatro amostras foram detectados teores acima do VMP (0,009 mg/L) definido pelo CONAMA 357/2005. São as amostras coletadas nos rios Caçu (0,14 mg/L), Quirinópolis (0,016 mg/L), Santa Helena de Goiás (0,032 mg/L) e Cocalzinho de Goiás (0,029 mg/L). Nas duas primeiras amostras, as rochas representam o Grupo Bauru – Formação Vale do Rio do Peixe que é composta por estratos de arenitos intercalados por siltitos. Na terceira amostra ocorrem os arenitos e basaltos juro-cretácicos do

topo da bacia do Paraná e na quarta amostra ocorrem xistos com estreitas intercalações de quartzitos micáceos e lentes de mármore da Formação Chapada dos Pilões do Grupo Canastra. Os valores de Cu dissolvido nas águas (0,144 mg/L) não representam contaminação antrópica, sendo apenas reflexo da composição das rochas drenadas na área de captação.

Sedimentos de Corrente: O Cu foi identificado em todas as amostras com teores entre 1,1 ppm a 173,8 ppm. Os valores mais significativos estão acima do valor N1 (35,7 ppm – limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota), porém abaixo do valor N2 (197 ppm – limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota), que são definidos pela Resolução CONAMA 454/2012. Estes teores elevados ocorrem em amostras coletadas nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois e do rio Claro, na área centro-oeste da bacia do Paranaíba (rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral que compreende os arenitos e basaltos da bacia do Paraná). Observa-se ainda uma pequena área na região do Complexo de Catalão, na bacia do rio São Marcos. É importante aprofundar os estudos geoquímicos nessas regiões para identificar a origem dos teores de Cu que estão acima do limiar N2 definido pelo CONAMA se geogênicos e/ou antrópicos e a relação com a saúde ambiental e dos seres vivos.

Solos: Em todas as amostras foram detectados teores de Cu variando entre 1,3 ppm e 196,2 ppm. Os teores mais elevados (>68 ppm) ocorrem predominantemente nas amostras coletadas na região central da bacia do Paranaíba, onde ocorrem as rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral (arenitos e basaltos da bacia do Paraná). Estes valores estão acima do Valor de Prevenção (60 ppm) definido pela Resolução CONAMA 420/2009

Apreciação Conjunta: Observa-se boa correlação entre os resultados do Cu nas amostras de sedimentos de corrente e de solos, onde os teores mais elevados expressam a composição das rochas do substrato, caracterizando origem geogênica, porém estão acima dos valores orientadores definidos pelas Resoluções 454/2012 e 420/2009, portanto é necessário dar continuidade aos estudos geoquímicos, objetivando identificar fatores de referência entre os elevados teores de Cu e a saúde ambiental e humana.

F – Flúor e fluoreto

O flúor é um halogênio abundante na crosta terrestre, sendo o elemento mais eletronegativo e reativo de todos na tabela periódica. É um elemento químico gasoso, não metálico, de cor amarelo-esverdeada e cheiro penetrante. Está presente no meio ambiente sob a forma de fluoretos, que podem ser encontrados em pequenas quantidades na água, ar, plantas e animais. O F também pode ser encontrado em águas naturais provenientes de efluentes industriais (indústrias de vidro, de polímeros e de fios condutores de eletricidade). Seus principais minerais são a fluorita, a criolita e a fluorapatita. É usado na indústria metalúrgica na fabricação do aço, nas indústrias química e cerâmica sob a forma de ácido fluorídrico e flúor elementar, em cremes dentais para a proteção da cárie e em outros medicamentos. A adição de fluoretos à água potável é para reduzir a incidência de cáries dentárias. Este procedimento, no entanto, tem sido discutido principalmente em regiões em que a concentração de fluoretos já é naturalmente elevada. Em doses moderadas contribui para a redução das cáries dentárias e solidez dos ossos. Porém, o excesso no organismo pode causar a fluorose, cujos primeiros sintomas são o aparecimento de manchas escuras nos dentes, seguindo-se à deformação do esqueleto e alterações da função renal. As reservas brasileiras de fluorita localizam-se nos estados de Santa Catarina (58%), Paraná (29%) e Rio de Janeiro (13%).

Águas de Abastecimento: Os teores de fluoreto foram detectados em apenas em 24% das amostras, em valores muito baixos, sendo o teor mais elevado o registrado na amostra do ponto de captação da ETA que abastece a cidade de Luziânia (0,44 mg/L). Este valor está muito abaixo dos VMPs definidos pelas legislações brasileiras: Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (1,5 mg/L) e pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008 (1,4mg/L).

Águas Superficiais: Apenas em 34% das amostras foram detectados teores de fluoreto acima do limite de detecção da metodologia analítica (0,01 mg/L). Assim como nas águas para abastecimento, os teores de fluoreto são bastante baixos em toda bacia do Paranaíba, sendo 0,6 mg/L a concentrações mais elevada, que está abaixo do VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (1,4 mg/L).

Sedimentos de corrente e Solos: O flúor não foi analisado nestas amostras.

Apreciação Conjunta: Os resultados analíticos obtidos para fluoretos dissolvidos nas águas da bacia do

Paranaíba estão bem abaixo dos valores permitidos pelas legislações ambientais brasileiras.

Fe – Ferro

O ferro é um metal de transição com coloração branco-prateada, magnético, altamente suscetível à corrosão, bom condutor de calor e eletricidade, dúctil e maleável. É um dos maiores constituintes da litosfera e nas rochas está presente nas classes dos silicatos, óxidos, sulfetos e carbonatos, sendo encontrado em maiores quantidades nas rochas ígneas máficas (Mineropar, 2005). Seus principais minerais são a hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4), siderita (FeCO_3), limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), ilmenita (FeTiO_3), pirita (FeS_2), pirrotita (FeS) e outros. A principal de suas inúmeras utilidades é a manufatura de aço e outras ligas decorrentes de sua mistura com outros elementos na siderurgia. É essencial para os processos fisiológicos de todos os seres vivos. Tem papel fundamental no metabolismo de algumas enzimas, e como componente da hemoglobina, cuja deficiência conduz à anemia (Koljonen *et al.* 1992). No Brasil ocorrem os grandes depósitos de Carajás no Pará, Minas Gerais (Quadrilátero Ferrífero) e Mato Grosso do Sul.

Águas de Abastecimento: Do total de 123 amostras de água coletadas em pontos de captação de água para abastecimento, entre poços e cursos d'água, em 43 foram detectados teores mais elevados do que o VMP definido pelos CONAMA 357/2005 e 396/2008 (0,3 mg/L). Estas amostras foram coletas em pontos de captação das ETAs para as cidades que fazem parte da região metropolitana de Goiânia no nordeste da bacia do Paranaíba. Em geral teores de Fe em água refletem a composição dos litotipos subjacentes dos quais estas águas estão percolando e, apesar de não ser prejudicial à saúde, concentrações superiores a 1 mg/L conferem sabor desagradável e causam manchas em roupas lavadas e em superfícies de porcelana.

Águas Superficiais: O Fe foi detectado em 84% das amostras, com concentrações variando de 0,002 mg/L a 2,04 mg/L. Destas amostras, em 58% os teores estão acima do VMP definido pelo CONAMA 357/2005 (0,3 mg/L) e estão dispersos em várias sub-bacias, com litologias diversas. Os teores mais altos (>1 mg/L) se encontram ao longo dos afluentes do Rio Meia Ponte, na região metropolitana de Goiânia. Altas concentrações em águas superficiais podem indicar a contaminação por efluentes industriais ou efluentes de minerações.

Sedimentos de Corrente: Em todas as amostras foram obtidos teores de Fe entre 0,25% e 20%. Os teores mais elevados (>7,47%) ocorrem principalmente nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois e do rio Claro, em área de influência dos arenitos e basaltos da bacia do Paraná pertencentes ao grupo São Bento da formação Serra Geral.

Solos: Na maioria das amostras foi detectado teores de Fe entre 0,65% e 14,94%, dispersos na área da bacia. Os teores mais elevados (>13,05%) ocorrem em pequenas áreas localizadas principalmente na região da bacia dos rios Turvo e dos Bois, coincidindo com a de maiores teores do elemento nas amostras de sedimentos de corrente. Observa-se que 60% dos teores estão acima da média crustal (5%).

Apreciação Conjunta: Os resultados de Fe nas amostras de sedimentos de corrente e de solos indicam que a área central da bacia do rio Paranaíba é mais enriquecida e representam a composição das rochas que ocorrem na região. Porém, foram encontrados em várias amostras de água coletadas em diferentes mananciais teores de Fe acima até 7 vezes o VMP definido pelo CONAMA (0,3 mg/L). É necessário implementar um programa de monitoramento para identificar as fontes naturais e antropogênicas.

Fosfato e P – Fósforo

O fósforo (do latim – *phosphorus*) é um elemento não metálico, semitransparente, fosforescente no escuro e que pega fogo espontaneamente quando exposto ao ar. O fósforo não é encontrado livre na natureza, mas ocorre largamente em muitos minerais na forma de fosfatos associados com o cálcio. Quando puro, é incolor, transparente e insolúvel em água. Os principais minerais são a apatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})]$, monazita $[(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th}).(\text{PO}_4,\text{SiO}_4)]$ e xenotímio (YPO_4). Também é extraído de fosforitos, rochas sedimentares de origem marinha com alto teor de minerais fosfatados. O P é usado principalmente em fosfatos solúveis na indústria de fertilizantes, em ração animal e na indústria química (vidros especiais, tipos de aços contra corrosão, em tubulações e caldeiras) (Mineropar, 2005). É um componente essencial para a vida (constituente do RNA e DNA), e o fosfato de cálcio é o principal composto formador de ossos e dentes: hidroxiapatita $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ e fluorapatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}]$, respectivamente. Compõe o tecido nervoso e do protoplasma celular dos animais. Por outro lado, o P na sua forma elementar é altamente tóxico (Lopes Jr., 2007). No Brasil as principais jazi-

das estão em Tapira, Patos de Minas e Araxá-MG, Catalão-GO e Cajati-SP (DNPM, 2009).

Águas de Abastecimento: O fósforo foi detectado nas amostras de água sob a forma de fosfatos, detectados somente em 5 amostras, com teores variando entre 0,01 mg/L e 0,12 mg/L. O maior teor foi obtido no ponto de captação da ETA da cidade de Panamá, no sul do estado.

Águas Superficiais: O fósforo foi detectado nas amostras de água sob a forma de fosfatos, que foram detectados em 23% das amostras, com teores variando de 0,01 mg/L a 1,52 mg/L. Os teores mais elevados foram obtidos no Rio Verde e Rio Turvo, região centro-oeste da bacia.

Sedimentos de Corrente: Em 85% das amostras foi detectado teores de fósforo acima do limite de detecção do equipamento analítico (50 ppm), sendo 1.786 ppm o valor mais elevado. Os teores mais elevados (>507 ppm) ocorrem na região central da bacia do Paranaíba, na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois (rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral que compreende os arenitos e basaltos) e ainda na região do município de Catalão, onde é conhecido a ocorrência de fosfatos. Observa-se que o fósforo e o níquel ocorrem associados nas áreas mais enriquecidas nestes elementos.

Solos: O fósforo foi detectado na maioria das amostras, com teores entre 50 ppm e 1.283 ppm. As amostras que apresentaram maiores teores (>582 ppm) ocorrem nas proximidades da cidade de Rio Verde, que constitui um polo agroeconômico no estado.

Apreciação Conjunta: Observa-se uma grande correlação entre os resultados analíticos das águas superficiais, sedimentos de corrente e de solos, mostrando um enriquecimento de fósforo na região central da bacia, evidenciando interferência das atividades do setor de agronegócios em relação a qualidade do meio físico.

Ga – Gálio

O gálio é um metal de coloração prateada brilhante (estado sólido) a acinzentada (fundido), possui ponto de fusão baixíssimo, ou seja, é um metal que pode ser líquido a temperatura ambiente, tem baixa solubilidade, em estado puro é pouco atacado por ácidos e apresenta-se como supercondutor a temperaturas em torno de -272°C . Não é encontrado livre na natureza nem forma minerais próprios, ocorrendo em pequenas concentrações associado a minérios de outros metais como diásporo $[\text{AlO}(\text{OH})]$,

blenda/esfalerita (ZnS) e bauxita (mistura de óxidos/hidróxidos de Al). É empregado na indústria de semicondutores na fabricação de diodos, LEDs, transistores, sensores de temperatura, luz e campos magnéticos. Ainda não foi identificada função biológica no organismo humano e seus compostos não são considerados tóxicos (Mineropar, 2005). No Brasil não há jazidas ou ocorrências registradas, nem extração como subproduto.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Ga não foi analisado nas amostras das águas.

Sedimentos de Corrente: O Ga foi detectado em todas as amostras, com teores entre 0,60 ppm e 43,4 ppm. Os valores mais elevados (>14,5 ppm), acima da média crustal (15 ppm) predominam na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois na região centro-oeste da bacia do Paranaíba, nos sedimentos fanerozóicos do Grupo São Bento-Formação Serra Geral. Observa-se que o Ga está associado ao Al nessas áreas.

Solos: Em todas as amostras foram detectados teores de Ga, variando de 1,3 ppm a 53,2 ppm. Os teores mais altos (>34,1 ppm) ocorrem dispersos na área da bacia do Paranaíba, em diversos tipos litológicos, porém com uma predominância na região central da bacia.

Apreciação Conjunta: Não existe correlação entre os resultados de Ga nas amostras de sedimentos de corrente e solos. Mas, observa-se que os elementos Ga e Al ocorrem associados nas amostras de sedimentos de corrente na região central da bacia do Paranaíba, em arenitos e basaltos da formação Serra Geral. Porém o mesmo não acontece com as amostras de solos. Estes teores refletem o substrato rochoso que ocorre na área da bacia do rio Paranaíba.

Ge – Germânio

O germânio é um semimetal sólido, duro, cristalino, de coloração branco-acinzentada de ocorrência muito rara. Apresenta a mesma estrutura cristalina do diamante e resiste à ação dos ácidos e álcalis. Os seus principais minerais são argirodita ($4\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{GeS}_2$), germanita ($7\text{CuS} \cdot \text{FeS} \cdot \text{GeS}_2$), canfieldita ($4\text{Ag}_2\text{S} \cdot (\text{Sn}, \text{Ge})\text{S}_2$) e renierita ($(\text{Cu}, \text{Ge}, \text{Fe}, \text{Zn}, \text{As})\text{S}$). É usado em ligas com o berílio ou cobre, e, como óxido na indústria de vidros e joias. Alguns compostos de germânio (tetracloroeto de germânio) apresentam certa toxicidade nos mamíferos, porém são letais para algumas bactérias. Não existem ocorrências ou exploração do elemento no Brasil.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Ge não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Apenas em 8% das amostras foram detectados teores de Ge, variando de 0,1 ppm a 4,4 ppm. Teores mais elevados (>1,9 ppm) são encontrados na divisa entre as cidades de Catalão e Ouidor (Complexo de Catalão), em rochas do Grupo Araxá (psamitos, psamo-pelitos e pelitos metamorfizados na fácies xisto verde, com intercalações de anfíbolito).

Solos: Somente em 15% das amostras foram obtidos teores de Ge entre 0,1 ppm e 8 ppm, que estão dispersas na região central da bacia do Paranaíba, em solos derivados dos basaltos e arenitos da bacia do Paraná.

Apreciação Conjunta: Os teores de Ge na bacia do rio Paranaíba são bastante insignificantes, tanto nas amostras de solos, quanto nas de sedimentos de corrente.

Hf – Háfnio

O háfnio é um metal dúctil, prateado, brilhante e resistente à corrosão. Tem propriedades cristaloquímicas semelhantes às do zircônio e por isso tais elementos são encontrados sempre juntos na natureza. As fontes que contêm háfnio coincidem com os minerais de zircônio: baddeleyíta (ZrO_2) e zircão (ZrSiO_4) (Mineropar, 2005). É usado em barras de controles de reatores nucleares; na produção de transistores e microprocessadores (em substituição ao óxido de silício). Como carboneto, nitreto e boreto, forma compostos com ponto de fusão dos mais elevados conhecidos até o momento (3.000°C - 4.000°C). O háfnio não apresenta papel biológico conhecido e seus compostos não são considerados tóxicos, apesar de se fazer necessário o manuseio com cautela (Mineropar, 2005). No Brasil o háfnio é extraído como subproduto do óxido de zircônio, principalmente associado à baddeleyíta (ZrO_2), nas minas de Jacupiranga-SP e Poços de Caldas-MG.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O elemento Hf não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Hf foi detectado em 96,4% das amostras, com teores variando de 0,05 ppm a 3,35 ppm. As concentrações mais elevadas (>0,9 ppm) são observadas na região central área de abrangência do Grupo São Bento, Formações Botucatu e Serra Geral, em amostras coletadas nas sub-bacias dos rios Claro, Turvo e dos Bois. Observa-se que o Hf ocorre associado ao Zr nas amostras de sedimentos de corrente na área da bacia do rio Pa-

ranaíba, onde os teores mais elevados dos dois elementos estão presentes nas amostras coletadas nas áreas citadas acima.

Solos: O Hf foi detectado na maioria das amostras coletadas (99,5%), com teores entre 0,05 ppm até 4,01 ppm. Os teores mais altos (2,24 ppm) ocorrem nas amostras coletadas na porção central da bacia do Paranaíba, similar a ocorrência dos teores mais elevados do Hf nas amostras de sedimentos de corrente.

Apreciação Conjunta: Existe uma boa correlação entre a distribuição espacial dos teores de Hf nas amostras de sedimento de corrente e de solos, com os teores mais elevados na região central da bacia do Paranaíba, em área de abrangência do Grupo São Bento, Formações Botucatu e Serra Geral. Observa-se ainda que ocorre uma associação dos elementos Hf e Zr nessas rochas.

Hg – Mercúrio

O mercúrio (do latim – *hydrargyrum*) é um metal de transição, denso, altamente volátil, pobre condutor de calor e eletricidade. Raramente ocorre livre na natureza, é líquido em condições de temperatura ambiente e tem cor prateada. Seu principal mineral é o cinábrio (HgS). Tem facilidade em formar ligas com muitos metais como ouro, prata e estanho, denominadas amálgamas. É bastante utilizado para amalgamar ouro nos garimpos e minerações. É largamente empregado em instrumentos de laboratório (termômetro e barômetro), lâmpadas de vapor de mercúrio, relés, eletrodos na fabricação de baterias, na produção de pesticidas, pigmentos e em odontologia. Não desempenha papel biológico conhecido até o momento, sendo intrinsecamente tóxico (Mineropar, 2005). O Hg orgânico (metilmercúrio e dimetilmercúrio) é altamente tóxico, sendo rapidamente absorvido pelos tratos respiratório, gastrointestinal e epidérmico. O Hg é biocumulativo, e biomagnificado na natureza através da cadeia trófica, tendo características toxicológicas capazes de proporcionar doenças neurológicas, mutagênese e teratogênese. Os sais de mercúrio são altamente tóxicos, tais como: fulminato [Hg(CNO)₂], usado como detonante; cloreto de mercúrio (I) ou calomelano (Hg₂Cl₂), usado anteriormente como purgante, anti-helmíntico e diurético, e o cloreto de mercúrio (II), empregado como desinfetante e o primeiro remédio eficaz contra sífilis; timerosal [COONa+(C₆H₄)(S-Hg-C₂H₅)], usado como agente bacteriostático análogo ao merthiolate (Mineropar, 2005).

As principais fontes pontuais de poluição são as indústrias de soda-cloro, através dos seus efluentes, e as usinas termoelétricas que utilizam carvão mineral. O elemento não é explorado comercialmente no Brasil.

Águas de Abastecimento: Todas as amostras de água utilizadas para abastecimento humano mostraram resultados abaixo do Limite de Detecção do método analítico (0,0003 mg/L).

Águas Superficiais: O Hg foi detectado somente em 1,9% das amostras, com teores de até 0,0004 mg/L. Quatro amostras localizadas nos rios dos Bois (0,0004 mg/L e 0,0003 mg/L), Turvo (0,0004 mg/L) e São Bartolomeu (0,001 mg/L) apresentaram teores de Hg acima do VMP pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,0002 mg/L). Sendo necessário investigação para identificar a fonte desses teores, porque o Hg é um elemento muito tóxico ao meio ambiente e aos seres vivos.

Sedimentos de Corrente: Apenas em 35% das amostras foram obtidos teores de Hg acima do limite de detecção da metodologia analítica (0,01 ppm), sendo 0,19 ppm o valor mais elevado. Destas amostras, em três foram detectados teores acima do valor N1 (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota - 0,17 ppm), porém abaixo do N2 (limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota - 0,49 ppm) definidos no CONAMA 454/2012: (1) a amostra LV-S-421 (0,19 ppm) coletada no Rio Meia Ponte, abrange os arenitos e basaltos do Grupo São Bento – Formação Serra Geral; (2) a amostra JA-S-564 (0,18 ppm) ocorre no extremo oeste área de abrangência de coberturas sedimentares fanerozóicas do Grupo Bauru – Formação Cachoeirinha e (3) no leste da bacia, na amostra coletada no rio Piracanjuba (LV-S-296) foi detectado 0,17 ppm de Hg, sendo que os litotipos são xistos do Grupo Araxá.

Solos: Em cerca de 72% das amostras foram detectados teores de Hg variando entre 0,01 ppm e 0,13 ppm, inferiores ao valor de prevenção definido pela Resolução CONAMA 420/2008 (0,5 ppm).

Apreciação Conjunta: O elemento Hg foi detectado em todos os meios amostrais em teores muito baixos, não representando perigo ao meio ambiente, nem à saúde dos seres vivos.

In – Índio

O índio é um metal branco-prateado, calcófilo, brilhante, maleável, dúctil, resistente à corrosão, possui isótopos com meia-vida curta (¹¹¹In e ¹¹³In), pon-

to de fusão baixo para um metal, e é bom condutor de eletricidade e de calor. Durante o intemperismo acompanha o Fe^{3+} e Mn^{4+} , e parcialmente o Al^{3+} , precipitando na forma de hidróxidos de Fe. Forma raros minerais, tais como roquesita (CuInS_2), dzhalindita ($\text{In}(\text{OH})_3$) e indita (FeIn_2S_4), mas sua ocorrência está geralmente associada a sulfetos. Cerca de 45% do consumo mundial de índio destina-se para confecção de filmes (óxido de índio) em visores de cristal líquido; o restante é usado em ligas e soldas na manufatura de transistores, em baterias alcalinas (substituindo o Hg), em sistemas de telecomunicações com fibra ótica, controle de reatores nucleares e na medicina nuclear como radioisótopos de vida curta. Não apresenta papel biológico conhecido e seus compostos são considerados altamente tóxicos, causando problemas ao coração, fígado e rins, além serem teratogênicos (Mineropar, 2005). No Brasil, o In pode ser encontrado nas reservas estaníferas, principalmente no maciço da serra da Mangabeira (GO).

Águas de Abastecimento e Água Superficial: O elemento In não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Em apenas 39% das amostras foram detectados teores de In com valores entre 0,02 ppm e 0,3 ppm. Os teores mais elevados (>0,12 ppm) ocorrem predominantemente na área central da bacia do Paranaíba, nas sub-bacias dos rios Claro, Turvo e dos Bois, nos basaltos do Grupo São Bento da Formação Serra Geral e, na região de Catalão, na sub-bacia do rio São Marcos, em rochas do Grupo Araxá.

Solos: O In foi detectado em 92% das amostras coletadas, com teores variando entre 0,02 a 0,26 ppm. Os valores mais expressivos (>0,14 ppm) ocorrem principalmente, como nas amostras de sedimentos de corrente, na sub-bacia do rio dos Bois.

Apreciação Conjunta: Os teores mais elevados do elemento In nos sedimentos de corrente e nos solos ocorrem predominantemente na sub-bacia do rio dos Bois, refletindo a composição das rochas que ocorrem na área.

K – Potássio

O potássio (K – do latim *kalium*) é um metal alcalino, de cor prateada, mole, bom condutor de calor e eletricidade, que se oxida facilmente e, depois do Li, é o metal mais leve. Em virtude de sua alta reatividade não é encontrado livre na natureza. É um dos constituintes maiores dos minerais formadores de rocha e o sexto mais comum na natureza, depois do

Ca. Ocorre em K-feldspatos, como o ortoclásio (KAlSi_3O_8) e microclina (KAlSi_3O_8), e outros silicatos, entre eles alunita [$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$], leucita (KAlSi_2O_6), muscovita [$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$], em evaporitos, como a silvinita (mistura de silvita (KCl) e halita (NaCl)), nitro ou caliche (KNO_3) e carnalita ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). O principal uso do K é como fertilizante na agricultura. A liga de K-Na é usada como meio de transferência de calor. É um macronutriente não tóxico, ativando reações enzimáticas, importante para o crescimento das plantas e da dieta humana. Os íons de K^+ assim como os de Na^+ agem nas membranas celulares na transmissão de impulsos eletroquímicos dos nervos e fibras musculares. Por outro lado, os sais de K são extremamente tóxicos quando injetados na corrente sanguínea. O composto KCN (cianeto de potássio) e o HCN (ácido cianídrico) são letais, considerados hematóxicos (Revista Química Nova na Escola, 2004). As principais reservas subterrâneas de sais de potássio no Brasil localizam-se nos estados de Sergipe (mina Taquari/Vassouras e Santa Rosa do Lima) e Amazonas (Fazendinha e Arari).

Águas de Abastecimento: O K foi detectado na maioria das amostras, com teores entre 0,005 mg/L a 8,48 mg/L. Os teores mais elevados (> 3,00 mg/L) foram obtidos nas amostras coletadas nos pontos de captação das ETAS nos municípios da região metropolitana de Goiânia.

Águas Superficiais: Teores de K foram detectados na maioria das amostras, variando de 0,005 mg/L e 7,21 mg/L. Observa-se que as concentrações mais elevadas (>3,02 mg/L) ocorrem dispersas em quase todas as sub-bacias.

Sedimentos de Corrente: Apesar do K ter sido detectado em 94% das amostras coletadas, os teores são extremamente baixos (0,01% a 0,68%). Os teores mais elevados (> 0,25%) ocorrem na porção leste da bacia do Paranaíba, onde predominam rochas de composição mais ácida (elevado percentual de sílica).

Solos: O K foi detectado em 90% das amostras coletadas, com concentrações variando entre 0,01% e 1,5%. Os teores mais elevados (> 0,13%) ocorrem na porção leste da bacia, tal como nos sedimentos de corrente.

Apreciação Conjunta: Apesar dos teores de K obtidos nas amostras de sedimentos de corrente e de solos serem muito baixos, apresentam uma boa correlação geológica entre as classes amostradas,

com os teores mais elevados na porção leste da bacia do rio Paranaíba.

La – Lantânio

O lantânio é um metal de cor branco-prateada, maleável, sendo um dos mais reativos do grupo dos elementos de terras-raras (ETR); oxida-se rapidamente quando exposto ao ar, não sendo encontrado livre na natureza. O La é encontrado em minerais que contêm outros metais de terras-raras, como monazita $[(La,Ce,Th)(PO_4,SiO_4)]$, bastnasita $[(La,Ce)CO_3(F,OH)]$ e allanita $[(Ca,La,Al_2,Fe(Si_2O_7)(SiO_4)O(OH)]$. É usado na indústria eletroeletrônica; na composição de vidros e lapidação; fabricação de lentes ópticas especiais; na ressonância magnética nuclear; em cristais geradores de laser; supercondutores; na melhoria da maleabilidade de ligas, ductibilidade e resistência ao impacto do aço e na datação de rochas e minérios (La-Ba) (Mineropar, 2005). Na nutrição e no corpo humano o La ainda não desempenha papel conhecido, mas como segue o Ca, encontra-se mais presente no esqueleto humano. Todos os compostos de La são considerados tóxicos, podendo causar problemas ao fígado, além de risco de explosão em laboratório (Mineropar, 2005; Koljonen, 1992). No Brasil, as principais ocorrências estão em Poços de Caldas, São Gonçalo do Sapucaí, Cordislândia, Silvianópolis, Pouso Alegre (MG); São Francisco de Itabapoana (RJ); província mineral de Pitinga (AM); Mato Preto (PR), Anitápolis (SC) e Catalão (GO).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O La não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O La foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,4 ppm a 1.310 ppm. Os teores mais elevados (>43,5 ppm) ocorrem predominantemente na porção leste da bacia, em amostras coletadas nas sub-bacias dos rios Meia Ponte e Corumbá, abrangendo a região entre as cidades de Goiânia e Anápolis e na sub-bacia do rio São Marcos, na região do Complexo de Catalão. Geologicamente, estas áreas estão inseridas na Província de Tocantins, representada pelas rochas da Faixa Brasília. Observa-se associação do Ce e La nas áreas mais enriquecidas nestes elementos.

Solos: O elemento La foi detectado em todas as amostras, com concentrações entre 1,2 ppm e 103,4 ppm. Somente em 7 amostras foram obtidos teores elevados (> 42,8 ppm), que ocorrem dispersos em pequenas áreas na porção central da bacia, em solos derivados de basaltos e rochas metamórficas.

Apreciação Conjunta: Observa-se que não existe uma boa correlação entre os teores de lantânio nas amostras de sedimentos de corrente e solos, evidenciando que refletem a geologia da bacia do Paranaíba.

Li – Lítio

O lítio é um metal alcalino, o mais leve que se tem conhecimento, pouco abundante, de coloração branco-prateada brilhante, possuindo alto potencial de oxidação e o calor específico mais alto dentre as substâncias sólidas. Ocorre nas rochas, principalmente nos silicatos. É liberado facilmente dos minerais primários em meios oxidantes e ácidos face ao intemperismo, sendo predominantemente incorporado aos argilominerais, coloides e óxidos/hidróxidos de Fe-Mn. Seus principais minerais são: espodumênio $(LiAlSi_2O_6)$, ambligonita $[(Li,Na)Al(PO_4)(F,OH)]$, lepidolita $[KLi_2Al(Al,Si)_3O_{10}(F,OH)_2]$, petalita $(LiAlSi_4O_{10})$, montebrasita $[LiAl(PO_4)(OH)]$ e zinnwaldita $(KLiFeAl(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2)$. Usado principalmente como composto para baterias, na transferência de calor, lubrificantes, síntese de compostos orgânicos e depurador de ar em naves espaciais e submarinos, bem como em aplicações nucleares. É um poderoso analgésico, sendo também usado no tratamento da depressão bipolar. Os compostos deste metal são considerados levemente tóxicos, sendo alguns deles carcinogênicos e teratogênicos. Não apresenta papel importante conhecido até o momento nos processos biológicos (Mineropar, 2005). No Brasil, o lítio é encontrado nas províncias pegmatíticas do vale do Jequitinhonha e Mucuri em MG e na Província Borborema no RN-PB-CE.

Águas de Abastecimento: O Li foi detectado somente em 10% das amostras, com teores variando de 0,001 a 0,009 mg/L, muito abaixo do VMP definido pelo CONAMA 357/2005 (2,5 mg/L). O teor mais elevado foi obtido no ponto de captação (poço) do município de São Miguel do Passa Quatro (0,009 mg/L).

Águas Superficiais: Apenas 4% das amostras apresentaram resultados acima do limite de detecção do método analítico (0,001 mg/L). O valor 0,005 mg/L foi o teor mais elevado e está muito abaixo do VMP definido pelo CONAMA 357/2005 (2,5 mg/L).

Sedimentos de Corrente: O Li foi detectado em 82% das amostras coletadas, com teores variando entre 1 ppm e 25 ppm. Teores mais altos (>11 ppm) ocorrem dispersos em pequenas áreas na bacia nas sub-

bacia dos rios Turvo e dos Bois, Meia Ponte e Corumbá, em diversas litologias.

Solos: Em 75% das amostras foram obtidos teores variando de 1 ppm até 34 ppm. A porção centro-leste é mais enriquecida neste elemento, sendo que, o valor máximo de 34 ppm ocorre na cidade de Bonfinópolis. Os teores acima de 10 ppm ocorrem predominantemente em amostras derivadas das rochas do Grupo Araxá (metamorfitos da fácies epidoto-anfibolito, consistindo essencialmente de micaxistos e quartzitos com intercalações de anfibolitos).

Apreciação Conjunta: Em geral, os teores de Li nas amostras de águas, de sedimentos de corrente e solos são muito baixos.

Mg – Magnésio

O magnésio é um metal alcalino-terroso, prateado, que se oxida em contato com o ar e é o oitavo elemento mais abundante na crosta. O Mg possui grande influência sobre o comportamento geoquímico do Fe, Ni, Co, Sc, Zn e Li em virtude de sua fácil substituição por estes elementos (Mineropar, 2005). Os minerais de Mg intemperizam-se facilmente por dissolução. Ocorre como magnesita $MgCO_3$, carnalita ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$) e bischofita ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) (Mineropar, 2005). O óxido de magnésio e seus compostos são utilizados em lâmpadas (*flashes*), pirotecnia, indústria aeronáutica e bélica e agricultura. Na medicina, o óxido de magnésio é utilizado para aliviar a dor de estômago, como antiácido e como laxante de curto prazo. Seus sais são amplamente usados em fármacos e como revestimento de tijolos refratários (Mineropar, 2005). No corpo humano é um nutriente não tóxico. É também um importante constituinte da clorofila. Alguns compostos, entretanto, são tóxicos e os asbestos (minerais do grupo das serpentininas) são considerados carcinogênicos. Sua deficiência no organismo humano pode causar distúrbios neurológicos e uma ligeira calcificação. O ser humano necessita consumir cerca de 0,3 g de Mg por dia (Koljonen *et al.*, 1992). No Brasil, as principais reservas estão na Bahia (Brumado) e Ceará.

Águas de Abastecimento: O Mg foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,07 mg/L a 12 mg/L. O magnésio ocorre em maiores concentrações na área metropolitana de Goiânia, nas amostras coletadas nos rios Meia Ponte e dos Bois.

Águas Superficiais: Na maioria das amostras foi detectado teores de Mg variando de 0,01 mg/L a 12,60 mg/L. As maiores concentrações ocorreram nos rios

Meia Ponte, dos Bois e Turvo, na porção norte da bacia, mostrando correlação com os resultados de Mg nas amostras de água de abastecimento.

Sedimentos de Corrente: O Mg foi detectado em 85% das amostras, com concentrações variando entre 0,01% e 0,95%. Os teores mais elevados (>0,2%) ocorrem na porção centro-oeste, predominando na bacia do rio dos Bois, região de abrangência das rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral que compreende arenitos e basaltos.

Solos: Em 59% das amostras foram detectados teores de Mg variando de 0,01% a 0,56%. Os teores mais elevados (> 0,04%) ocorrem na porção centro-leste da bacia, em áreas das sub-bacias dos rios dos Bois, Meia Ponte e Corumbá, englobando diversas litologias.

Apreciação Conjunta: Os resultados analíticos das amostras coletadas nos meios amostrais apresentaram correlação, especialmente entre os de águas de abastecimento, águas superficiais e sedimentos de corrente, refletindo a composição da geologia da bacia do rio Paranaíba.

Mn – Manganês

O manganês é um metal de transição, relativamente abundante na crosta, de cor branco-acinzentada, frágil, refratário, facilmente oxidável e não é encontrado livre na natureza. O Mn pode ser remobilizado durante a atividade hidrotermal regional. Em processos intempéricos, os compostos de Mn são oxidados, liberados e reprecipitados (minerais secundários) em função das condições de Eh e pH (Mineropar, 2005). Existem inúmeros minerais de Mn, destacando-se: pirolusita (MnO_2), rodocrosita ($MnCO_3$) psilomelano [$(Ba, H_2O)_2Mn_5O_{10}$], criptomelana (KMn_8O_{16}), haussmannita (Mn_2O_4) e a manganita [$MnO(OH)$]. Alguns nódulos encontrados no assoalho oceânico podem conter em torno de 24% de Mn. É utilizado principalmente na produção de ligas de aço (pela capacidade de endurecer o aço sem torná-lo mais frágil), na produção de pilhas e para coloração de vidros. Desempenha papel fundamental nos processos fotossintéticos de produção de O_2 . O manganês é um oligoelemento não tóxico, essencial para todas as formas de vida, nas quais tem funções tanto estruturais quanto enzimáticas e é importante na fixação da vitamina B1. Se inalado em quantidades excessivas, pode causar danos neurológicos irreversíveis (Lopes Jr., 2007; Koljonen *et al.*, 1992). No Brasil tem-se os depósitos do Azul (Província Mineral de Carajás-PA), de Corumbá-MS, Mariana e

Conselheiro Lafaiete-MG e de Caitité-BA (DNPM, 2009).

Águas de Abastecimento: O Mn foi detectado em 28% das amostras com teores variando de 0,007mg/L a 0,49mg/L. Em comparação com o VMP definido pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008 e, pela Portaria 2914/2011 (0,1 mg/L), somente as amostras coletadas nos pontos de captação da ETAs das cidades de Davinópolis (0,24mg/L) e Avelinópolis (0,49mg/L) excederam de 2 a 4 vezes o valor permitido para o Mn em águas destinadas para abastecimento público.

Águas Superficiais: Em 86% das amostras foram detectados teores acima do limite de detecção do método analítico (0,007mg/L), porém a maioria dos teores é muito baixo, variando de 0,007mg/L a 0,16mg/L. Somente 3 amostras registraram valores acima do VMP das legislações ambientais (0,1 mg/L): nos rios Turvo e Meia Ponte (0,12 mg/L) e no rio São Marcos (0,16mg/L) na divisa entre os municípios de Ouvidor e Catalão.

Sedimentos de Corrente: O Mn foi detectado em todas as amostras, com teores variando entre 38 ppm e 5.119 ppm. Os valores mais altos (>2.151 ppm) se localizam na região central da bacia, onde ocorrem as rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral (arenitos e basaltos da Bacia do Paraná).

Solos: Assim como ocorreu nas amostras de sedimentos de corrente, o Mn foi detectado em todas as amostras, com teores entre 24 ppm e 1.810 ppm. Os valores mais elevados (>600 ppm) ocorrem na região central da bacia, nas amostras de solos derivados de rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral. Observa-se que em 39% do total de amostras os teores de Mn estão acima do limiar da NOAA (2008) - 220 ppm, que é um parâmetro relacionado a toxicidade para plantas. É interessante, em áreas agrícolas desenvolver estudos para detectar a disponibilidade do Mn nos solos, visto que é um micronutriente importante para o desenvolvimento dos vegetais e, a forma iônica absorvida pelas plantas é Mn^{+2} .

Apreciação Conjunta: Observa-se que os teores mais elevados de Mn nas amostras de sedimentos e solos se localizam na região central da bacia e, em alguns locais, superando o valor da média crustal (950 ppm). Estes teores elevados nas amostras estudadas evidenciam origem geogênica.

Mo – Molibdênio

O molibdênio é um metal de transição de coloração branco-prateada, resistente à corrosão, com alto

ponto de fusão, bom condutor de eletricidade e calor, não sendo encontrado livre na natureza. No intemperismo, os sulfetos com Mo são lentamente oxidados produzindo MoO_4^{2-} (em pH neutro a moderadamente alcalino) e $HMoO_4^-$ (valores de pH baixo) (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Ocorre principalmente como molibdenita (MoS_2), powellita [$Ca(MoW)O_4$] e wulffanita [$Pb(MoO_4)$]. É usado para ligas metálicas de alta dureza e resistência mecânica; em peças de mísseis, aeronaves e de uso nuclear; catalisadores na indústria petroquímica; filamentos para a indústria elétrica e lubrificantes resistentes a altas temperaturas. É um micronutriente essencial, porém moderadamente tóxico (Koljonen *et al.*, 1992). Ao lado do F e do Se, faz parte do grupo de elementos que possuem estreita margem entre concentrações essenciais e tóxicas (Lopes Jr., 2007). No Brasil, o molibdênio ocorre em rochas calcissilicáticas, ocasionalmente extraído como subproduto da scheelita na Província Scheelitífera do Seridó nos estados do RN e PB (DNPM, 2009).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Mo não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Mo foi detectado em 83% das amostras coletadas, em teores de 0,05 ppm a 8,42 ppm. Teores acima de 4 ppm foram detectados somente em duas amostras: amostra coletada num afluente do Rio São Bartolomeu onde ocorrem rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Maratá, e outra na divisa dos municípios de Catalão e Ouvidor onde ocorrem rochas do Complexo Alcalino Catalão.

Solos: Em 93% das amostras detectou-se teores de 0,05 ppm a 4,58 ppm de Mo, muito abaixo do valor de prevenção definido pela Resolução CONAMA 420/2009 (30 ppm). Os teores mais altos (>3 ppm) ocorrem em áreas geológicas distintas, similares aos resultados analíticos obtidos nas amostras de sedimentos de corrente. O valor mais expressivo (4,58 ppm) foi registrado próximo à rodovia GO-050 em Amarinópolis.

Apreciação Conjunta: A distribuição dos valores de Mo na bacia do Paranaíba apresentou similaridade entre os materiais amostrados, evidenciando origem geogênica.

Na – Sódio

O sódio (do latim – *natrium*) é um metal alcalino, intensamente reativo, de cor prateada a branca, sendo encontrado na natureza apenas quando combinado com outros elementos. Com o cloro forma

um dos mais importantes alimentos naturais, o sal (NaCl), usado desde tempos pré-históricos. Apresenta-se em pequenas quantidades nos sedimentos arenosos, mesmo contendo algum feldspato, mas é o sétimo elemento mais abundante da crosta. Durante o intemperismo, o sódio é dissolvido dos feldspatos e removido para os rios e mares, sendo responsável pelo aumento da salinidade da água (Mineropar, 2005). Seus principais minerais são: sais de evaporitos, tais como a halita (NaCl), bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), mirabilita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), thenardita (Na_2SO_4), soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) e trona ($\text{Na}_3\text{HCO}_3\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Mineropar, 2005). É usado principalmente como condimento alimentar, além de diversos produtos como soda cáustica (NaOH); hipoclorito de sódio (NaClO), usado para purificação e desinfecção de água; produtos para panificação (bicarbonato de sódio – NaHCO_3); produção de vidro; fabricação do sabão; na indústria têxtil e química (Mineropar, 2005). É um elemento vital, não tóxico, sendo importante na dieta alimentar humana, para o equilíbrio das soluções celulares e de algumas funções das células nervosas. Os sais de sódio são geralmente inofensivos, como o NaCl (“sal de cozinha”), mas não podem ser ingeridos em excesso, principalmente por pessoas com problemas cardíacos, porque eleva a pressão arterial (Mineropar, 2005). No Brasil, existe produção de sal marinho em superfície, principalmente no Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro. Em Alagoas, existe produção de NaCl para fins industriais, sendo retirado de mina subterrânea.

Águas de Abastecimento: O Na foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,2 mg/L a 41,5 mg/L. Os teores mais elevados (>7 mg/L) de sódio ocorreram nas amostras coletadas nos pontos de captação das ETAs nas cidades da região metropolitana de Goiânia e nas cidades de Porteirão e Turvânia, ambas no sul da bacia do Paranaíba. Porém todos os teores obtidos estão muito abaixo do VMP definido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (200 mg/L), que define padrões de qualidade e potabilidade da água para consumo humano.

Águas Superficiais: Na maioria das amostras foi obtido teores de Na acima do limite de detecção analítica (0,01 mg/L), variando entre 0,01 mg/L e 25,9 mg/L. Observa-se que os teores mais elevados se localizam nas amostras coletadas na porção leste da bacia, principalmente na região metropolitana de Goiânia, similar ao que ocorre nas amostras de água utilizadas para abastecimento público. Todos os

teores obtidos estão abaixo do valor permitido pela Organização Mundial da Saúde – OMS (50 mg/L).

Sedimentos de Corrente: O Na foi detectado em 20% das amostras, com teores muito baixos, variando de 0,01 % a 0,08 %. Os teores mais altos (>0,04%) foram obtidos somente em 8 amostras, sendo que a maioria se localiza na região metropolitana de Goiânia.

Solos: Em todas as amostras foram obtidos valores abaixo do limite de detecção analítico (0,01%).

Apreciação Conjunta: Os teores de sódio detectados nas amostras de água, sedimentos e solos são muito baixos, consequentemente abaixo, também, da média crustal (2,8%).

Nb – Nióbio

O nióbio é um metal de transição de cor branca brilhante, maleável, dúctil e com boa resistência à corrosão. A maioria dos compostos de Nb é solúvel em meios ácidos e alcalinos. Forma uma série mineral que varia da columbita (Nb predominante) até tantalita (Ta predominante), podendo ocorrer ainda como pirocloro [$(\text{Na,Ca})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH,F})$], samarskita (óxido complexo de ETR, U, Fe, Ti, Sn, Nb e Ta), loparita [$(\text{Ce,Na,Ca})(\text{Ti,Nb})\text{O}_3$], fergusonita (óxido complexo de Nb e ETR), euxenita [$(\text{Y,Ca,Ce,U,Th})(\text{Nb,Ta,Ti})_2\text{O}_6$] e tapiolita $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$ (Rankama & Sahama, 1954). Usado principalmente em aços inoxidáveis e ligas de metais não ferrosos; indústria nuclear; na indústria aeronáutica, na produção de joias e como superligas. O carboneto de nióbio (NbC) é usado nos bits de brocas de perfuração. Ligas de nióbio fisiologicamente inertes e com características hipoalergênicas são usadas em muitos dispositivos médicos tal como o marca-passos. Não é conhecido até o momento o papel que desempenha nos processos vitais e seus compostos são considerados tóxicos (Mineropar, 2005). As principais reservas de nióbio no Brasil se encontram em Minas Gerais localizadas no Complexo Alcalino de Araxá e no município de Nazareno; em Goiás estão nos municípios de Catalão e Ovidor; e no Amazonas nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Presidente Figueiredo (Biondi, 2003)

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Nb não foi analisado nas amostras de águas superficiais e de abastecimento.

Sedimentos de Corrente: O Nb foi detectado em 93% das amostras, com concentrações baixas, variando de 0,05 ppm a 11,01 ppm. Os teores acima de 2,4 ppm estão localizados nas amostras coletadas

nas áreas da região metropolitana de Goiânia e de Catalão. É na divisa dos municípios de Catalão e Ouidor que se destaca o valor de 119,26 ppm, marcando a ocorrência do Complexo de Catalão que contém reservas de fosfato, nióbio, titânio, terras raras e vermiculita.

Solos: Na maioria das amostras foi obtido teores de Nb variando de 0,05 ppm até 5,77 ppm. Os teores mais elevados, acima de 2,93 ppm, ocorrem em pequenas áreas dispersas na área da bacia, sobrepostas as áreas mais enriquecidas do elemento nas amostras de sedimentos de corrente.

Apreciação Conjunta: A distribuição dos teores do Nb na bacia do rio Paranaíba evidenciou similaridade nas áreas onde ocorreram os valores mais elevados nas amostras de sedimentos decorrente e de solos, porém o teor de Nb nas amostras de solo na região de Catalão e Ouidor foram baixos.

Ni – Níquel

O níquel é um metal prateado, considerado siderófilo, por estar associado ao Fe, e calcófilo, por possuir grande afinidade com o enxofre. Durante o intemperismo, o íon Ni^{+2} é facilmente mobilizado e em soluções aquosas podendo migrar por grandes distâncias. Geralmente se associa ao Co, Cu e Pt em depósitos sulfetados em minerais como a pentlandita $[(NiFe)_9S_8]$, milerita (NiS), violarita $(FeNi_2S_4)$, nicolita ou niquelina (NiAs), garnierita $[(NiMg)_6(OH)_8Si_4O_{10}]$ e heazlewoodita (Ni_3S_2) . O mineral pirrotita (FeS) pode conter até 5% de Ni. Meteoritos de Fe, os sideritos podem conter de 5 a 20% de Ni. É usado principalmente como componente em aços inoxidáveis, ligas não ferrosas e eletrodeposição (Minerpar, 2005). O níquel não tem papel biológico conhecido, mas acredita-se que participe de reações enzimáticas. Possui seu efeito deletério na saúde humana marcado por reações alérgicas, chegando até a causar câncer respiratório, irritação gastrointestinal, dermatite e malformações congênitas (Koljonen *et al.*, 1992). Ocorre no Brasil em Jaguar, Santa Rita, Onça-Puma, Vermelho, Jacaré-Jacarezinho, Niquelândia, Barro Alto, Americana do Brasil, Água Branca e São João do Piauí (DNPM, 2009).

Águas de Abastecimento: Todas as amostras apresentaram resultados de Ni abaixo do limite de detecção do equipamento analítico (0,007 mg/L).

Águas Superficiais: O Ni foi detectado em somente 7% das amostras. As concentrações variam de 0,007 mg/L a 0,07 mg/L. Os teores mais elevados ($> 0,03$ mg/L) ocorrem em quatro amostras nas bacias do

rio Meia Ponte e do rio Claro, como ainda na foz do rio Verde, que excedem o VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,025 mg/L). Como são valores pontuais é necessário desenvolver estudos para identificar as fontes do Ni nessas áreas.

Sedimentos de Corrente: O Ni foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 1 ppm a 122,30 ppm. Os teores mais elevados (>26 ppm) ocorrem predominantemente nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois (rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral - arenitos e basaltos da bacia do Paraná), do rio Corumbá (área da cidade de Anápolis) e do rio São Marcos (região de Catalão). Estes teores estão acima de até quase 4 vezes o valor limiar N2 (valor acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota) - 35,9 ppm, definido pelo CONAMA 454/2012. Estes teores refletem as litologias que ocorrem na bacia do rio Paranaíba.

Solos: Teores de Ni foram obtidos em todas as amostras, com teores entre 1,5 ppm e 102,8 ppm. Tal como ocorre nos sedimentos de corrente, as maiores concentrações de Ni nos solos, estão predominantemente na região central da bacia. Dez amostras apresentaram teores superiores ao valor de prevenção (30 ppm), sendo duas, também superiores ao valor de intervenção agrícola (70 ppm) definidos na Resolução CONAMA 420/2009.

Apreciação Conjunta: Houve uma boa correlação entre os resultados de Ni detectados nos sedimentos de corrente e solos na bacia do Paranaíba, sendo que a região central da bacia, onde foram obtidos os teores mais elevados dominam a ocorrência dos basaltos da bacia do Paraná, rochas que são naturalmente ricas em níquel. Apesar dos teores de Ni presentes nas amostras estudadas serem de origem geogênica, é importante averiguar se existem fontes pontuais antrópicas e as implicações com os efeitos adversos à saúde ambiental e humana.

Nitrato e Nitrito

O nitrogênio (do grego *nitrogenium*) é um elemento não metálico, que forma os compostos N_2 , um gás inerte, incolor, inodoro, insípido, que possui alta eletronegatividade e compõe 78% de nossa atmosfera; o nitrato (NO_3^-), um ânion que ocorre nas águas superficiais, subterrâneas e em efluentes domésticos e industriais; o nitrito (NO_2^-), ânion intermediário que se forma a partir da oxidação da amônia e da redução do nitrato; a amônia (NH_3), um composto presente naturalmente nas águas superficiais e subterrâneas, facilmente adsorvida por partículas finas

do solo; e o nitrogênio orgânico, que ocorre em proteínas e peptídeos, ácidos nucleicos e ureia. Conhecido desde a antiguidade, onde formava a “água régia” dos alquimistas, é um elemento de extrema importância para a vida vegetal, sendo sua transferência entre as plantas e o solo conhecida como o “ciclo do nitrogênio”. É utilizado em diversas aplicações como na fabricação de aço inoxidável, criogenia, explosivos, combustível de foguetes e medicina nuclear, além de funcionar como fertilizante associado ao carbono e ao fósforo e em nitratos de cálcio, amônia e ureia. A destilação fracionada do ar liquefeito é o principal meio de produção do nitrogênio, como subproduto da produção do oxigênio. Devido à sua baixa reatividade as plantas necessitam que ele seja decomposto por alguma bactéria para ser consumido por suas raízes.

O nitrogênio foi analisado nas formas de nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) em amostras de água (superficial e para abastecimento público). Os Valores Máximos Permitidos – VPMs definidos pelo CONAMA 357/2005 são: para nitrito, 1 mg/L e para nitrato, 10mg/L como N. Porém, os VPMs definidos pela World Health Organization – WHO (WHO, 2011) são: 3mg/L como NO_2^- e 50mg/L como NO_3^- . Como no projeto foram analisados NO_3^- e NO_2^- , serão considerados os VPMs da WHO.

Águas de Abastecimento:

Nitrato - NO_3^-

O nitrato foi detectado em 72% das amostras, em concentrações variando de 0,01 mg/L a 438 mg/L. medidos em NO_3^- . Somente 6 amostras apresentaram teores acima do VMP definido pela WHO (50mg/L NO_3^-), que correspondem aos pontos de captação das ETAs das seguintes cidades: Edealina (112 mg/L), Nova Aurora (199 mg/L), Mairipotaba (209 mg/L), Chapadão do Céu (244 mg/L) e Firminópolis (438 mg/L) e Serranópolis (90,5mg/L).

Nitrito - NO_2^-

Apenas 5 amostras apresentaram valores de nitrito acima do limite de detecção do equipamento analítico (0,01 mg/L), sendo que todos os teores estão abaixo do VMP definido pela WHO (3 mg/L NO_2^-).

Águas Superficiais:

Nitrato - NO_3^-

Na área da bacia do Paranaíba, em 70% das amostras foram detectados teores de nitrato acima do limite de detecção do equipamento analítico (0,01 mg/L), variando de 0,01 mg/L a 9,61 mg/L. Todos esses valores estão abaixo do VMP definido pela WHO (50 mg/L NO_3^-).

Nitrito - NO_2^-

O nitrito foi detectado em apenas em 22 amostras com teores entre 0,01 e 0,52 mg/L, todos abaixo do VMP definido pela WHO (3 mg/L NO_2^-).

Apreciação conjunta: Na maioria das amostras, os teores mensurados de nitrito e nitrato, tanto para água de abastecimento público, quanto para água superficial, foram abaixo dos VPMs definidos pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011). Porém é preocupante os teores de nitrato detectados nas amostras dos pontos de captação das ETAs das cidades de Edealina, Nova Aurora, Mairipotaba, Chapadão do Céu, Firminópolis e Serranópolis, sugerindo condições higiênico-sanitárias insatisfatórias. É importante dar continuidade as pesquisas para verificar as fontes contaminantes dessas águas. Em áreas de uso intenso de fertilizantes químicos ou dejetos animais a concentração de nitrato é significativa, como ainda efluentes industriais são importantes fontes pontuais de poluição por nitrato. O excesso de nitrato na água pode tornar-se tóxico para os animais e o homem.

Vale ressaltar que o prazo legal estabelecido pelas normas para a execução da análise após a coleta ser efetuada não foram cumpridos para os ânions Nitrato e Nitrito.

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias usam oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar uma redução de sua concentração na água.

Água para Abastecimento Público: Os valores medidos nas ETAs variam de 3,5 a 9,15 5mg/L. A região sudoeste da bacia evidenciou maior ocorrência de pontos com valores abaixo do VMP pelo CONAMA 357/2005.

Água Superficial: Os valores medidos variam até 12,7mg/L. A região sudoeste da bacia evidenciou maior ocorrência de pontos com valores abaixo do VMP pelo CONAMA 357/2005.

Apreciação conjunta: Tanto nas águas de abastecimento quanto nas superficiais registraram-se valores de oxigênio dissolvido que atendem ao CONAMA 357/2005. Porém, algumas amostras localizadas na região sudoeste da bacia, apresentaram valores de OD abaixo de 5mg/L. A descarga em excesso de material orgânico na água pode resultar no esgotamen-

to de oxigênio do sistema. Sendo que exposições prolongadas a concentrações abaixo de 5mg/L podem não matar alguns organismos presentes, mas aumenta a susceptibilidade ao estresse. Exposição abaixo de 2 mg/L podem levar à morte a maioria dos organismos.

Pb – Chumbo

O chumbo (do latim – *plumbum*) é um metal pesado de cor branco-azulada, maleável, dúctil, resistente à corrosão e fraco condutor de eletricidade. Ressalte-se que parte do chumbo na natureza tem sido formada pelo decaimento radioativo do urânio e tório (Mineropar, 2005; Koljonen, 1992). Tem como principais minerais: galena (PbS), anglesita (PbSO₄), cerusita (PbCO₃) e os menos comuns bournonita (PbCuSbS₃), jamesonita (Pb₄FeSb₆S₁₄) e wulfenita (PbMoO₄). É usado principalmente como liga metálica, baterias automotivas, fusíveis, revestimentos de cabos elétricos, pigmento de tinta e em revestimentos protetores de raios X. Como não é elemento essencial nem faz parte do metabolismo humano, é perigoso quando presente em excesso no meio ambiente e geralmente se fixa na porção mais superior do solo (Koljonen *et al.*, 1992; Kabata-Pendias & Pendias, 1992). O Pb quando absorvido pode se acumular nos ossos, fígado e rins (tecidos ricos em Ca) (Mineropar, 2005). Este elemento pode afetar todos os órgãos internos do corpo humano e causar danos irreversíveis ao cérebro (saturnismo), não importando se a contaminação se deu por ingestão, contato dermal ou inalação. Apesar de ser intrinsecamente tóxico, a maior parte do Pb ingerido passa pelo organismo sem ser absorvido (Mineropar, 2005). A principal produção de concentrado de Pb no Brasil é proveniente da mina do Morro Agudo em Paracatu-MG (DNPM, 2009).

Águas de Abastecimento: O Pb não foi detectado nas amostras de água utilizadas para abastecimento público.

Águas Superficiais: O chumbo foi detectado somente em 12% das amostras, em concentrações muito baixas, variando de 0,002 mg/L até 0,026 mg/L. Os teores mais elevados (> 0,005 mg/L) ocorrem dispersos relacionados a geologia distintas e aparentemente sem relação litológica. O teor extremo (0,026 mg/L) ultrapassa em quase 3 vezes o VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,01 mg/L). Estas amostras se localizam na bacia do rio Corrente, onde predominam rochas da bacia do Paraná (Grupo Bauru da Formação do Vale do Rio do

Peixe). É importante verificar se a fonte é geológica ou antropogênica, porque o chumbo é um elemento considerado tóxico a todos os seres vivos.

Sedimentos de Corrente: O Pb foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 2,4 ppm a 61,7 ppm. Os valores mais altos (>35 ppm) estão acima do limiar N1 (35 ppm), porém abaixo do N2 (91,3 ppm) definidos pela Resolução CONAMA 454/2012, que classifica o valor N2 como limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota. Estas amostras situam-se principalmente em 3 áreas distintas: (1) nordeste da bacia, englobando os municípios de Anápolis, Abadiânia, Luziânia e Cristalina, onde predominam coberturas detrito-lateríticas ferruginosas; (2) a sudeste, nos municípios de Ouidor e Corumbáiba, onde ocorrem rochas do Grupo Araxá e, (3) no sudoeste da bacia, onde os valores acima 35 ppm de chumbo englobam as cidades de Mineiros e Apore, com predominância dos sedimentos da bacia do Paraná.

Solos: Assim como nas amostras de sedimentos de corrente, o Pb foi detectado em todas as amostras, com teores entre 0,7 ppm e 39,9 ppm, todos abaixo do valor orientativo de prevenção definido pelo CONAMA 420/2009. Os teores mais altos (> 21,7 ppm) são observados na porção leste da bacia do Paranaíba, porém distribui-se em situações geológicas distintas.

Apreciação Conjunta: O Pb apresentou teores acima do valor máximo permitido pelo CONAMA 357/2005 (0,01 mg/L) em amostras de água superficial na sub-bacia do rio Corrente, porém em solos e sedimentos de corrente apesar de muitos valores acima da média crustal (13 ppm), não ultrapassam as legislações ambientais. As ocorrências elevadas de Pb em água superficial devem ser melhor investigadas, por serem pontuais provavelmente tem origem em atividades antrópicas.

Pd – Paládio

O paládio faz parte de um grupo de elementos de comportamento químico muito semelhante denominado de platinóides, compostos por Pt, Ir, Os, Rh e Ru. É o menos denso destes elementos, possui coloração prateada clara, é dúctil, maleável, apresenta pouca reatividade e possui notável capacidade de absorção de hidrogênio. Na natureza o paládio é encontrado tanto em sulfetos de metais básicos como pirrotita, calcopirita e petlantida como em alguns minerais específicos e raros como bragita ((Pt,Pd)S), estilwaterita (Pd₈As₃), genkinita

((Pt,Pd,Rh)₄Sb₃), estibiopaladinita (Pd₅Sb₂), sudberita ((Pd,Ni)Sb), froodita (PdBi₂), kotulskita (PdTe), mrenskiita ((Pd,Pt)(Te,Bi)₂), michenerita (Pd(Bi,Sb)Te) e moncheita ((Pt,Pd)(Te,Bi)₂). Raramente ocorre em estado nativo, e, quando ocorre, o faz na forma de ligas com os outros metais do grupo e, mais raramente, com estanho ((Pd,Pt)₃Sn – atokita e (Pt,Pd)₃Sn – rustenburgita) e mercúrio (PdHg). É usado em ligas metálicas de circuitos condutores, catalisadores, revestimentos, na fabricação do “ouro branco” utilizado na joalheria, no setor odontológico e como *commodity* no mercado financeiro. Apesar de não ser considerado um elemento tóxico, o contato com seus sais pode afetar a saúde, causando câncer, reações alérgicas e danos em órgãos como intestinos, rins e medula. Tanto em ambiente oxidante quanto em redutor, o Pd se comporta como elemento imóvel. No Brasil, as reservas estão em MG, como subproduto do Au que é recuperado por sua vez como subproduto da lavra de Fe. Ocorrem nos carbonatitos de Catalão e Ipanema em Goiás e na jazida de Serra Pelada, no famoso “ouro paladiado” de aspecto cinzento como uma palha de aço.

Água de Abastecimento e Água Superficial: O paládio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de corrente: Apenas 6% das amostras apresentaram resultados acima do limite de detecção do método analítico (0,1 ppm), com teores até 0,6 ppm. Os teores mais elevados, acima de 0,2 ppm, são apenas nove amostras e ocorrem principalmente em duas áreas reduzidas, a oeste nas subbacias dos rios Verde e Claro e, a leste, nas bacias dos rios Meio Ponte e Corumbá. Nestas áreas ocorrem diversas litologias.

Solos: Todos os resultados de Pd apresentaram valores abaixo do limite de detecção da metodologia analítica (0,1 ppm).

Apreciação conjunta: Teores de paládio foram observados somente em poucas amostras de sedimentos de corrente, em valores muito baixos, porém a comparação com a média crustal (0,01 ppm) fica prejudicada pois o limite de detecção da metodologia analítica utilizado pelo laboratório para sedimentos de corrente é muito mais elevado.

pH – Potencial Hidrognênico

O pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, de forma logaritimizada, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e posteriormente acrescida pelo hidrogênio de outras fontes como, por exemplo, de efluentes industriais.

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos antropogênicos, o pH é um parâmetro importante em estudos geoquímicos e varia de acordo com a temperatura e a composição mineral do corpo d’água. A escala logarítmica do pH compreende valores de 0 a 14, sendo que o 7 é considerado o valor neutro. O valor 0 representa a acidez máxima e o valor 14, a alcalinidade máxima. A condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado é o da neutralidade, tanto nos ambientes aeróbios, como nos anaeróbios

Água para Abastecimento Público: Os valores de pH medidos nas amostras coletadas nas ETAs variam de 4,4 a 7,5.

Água Superficial: Os valores de pH medidos nas amostras coletadas nas águas superficiais variam de 3,8 a 8,9.

Apreciação conjunta: Algumas amostras identificam as águas da bacia do Paranaíba com um caráter mais ácido como pode ser observado no mapa.

Rb – Rubídio

O rubídio não é um elemento muito abundante na crosta terrestre, porém como seu raio iônico é muito similar ao do potássio, substitui-o parcialmente nas espécies minerais potássicas, onde aparece como impureza. É um metal alcalino, coloração branco-prateada brilhante, baixa temperatura de fusão, eletropositivo, muito reativo e elevada volatilidade. É encontrado em diversos minerais como a lepidolita, leucita, polucita e zinwaldita. É utilizado, principalmente, na fabricação de cristais especiais para sistemas de telecomunicação de fibra ótica e na fabricação de vidros especiais; motores iônicos em veículos espaciais, como componente de fotocélula; utilizado junto com o cério em relógios atômicos e na fabricação de fogos de artifícios. Possui isótopo radioativo ⁸⁷Rb fazendo par com o Sr (⁸⁷Rb/⁸⁷Sr) utilizado para estabelecer idades convencionais em rochas para eventos de magmatismos e metamorfismos. O rubídio não apresenta um papel biológico importante conhecido, sendo considerado atóxico. Pode se acumular no organismo junto ao K nos músculos (Minerpar, 2005) e no corpo, quando substitui o K (em grandes quantidades), pode causar irritabilidade e espasmos (Winter, 1998). Não existe exploração do elemento no Brasil.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Rb não foi analisado nas amostras de água.

Sedimento de Corrente: O Rb foi detectado na maioria das amostras com teores variando de 0,2 ppm a 66,6 ppm, com valor médio 9,5 ppm. Os teores acima de 13,5 ppm ocorrem em afluentes dos rios dos Bois, na sub-bacia do rio Corumbá e afluentes do rio São Marcos, na região de Catalão que drenam áreas com diferentes litologias.

Solo: A maioria das amostras detectou teores de Rb entre 0,2 ppm e 282,1 ppm e valor médio de 13 ppm. Os teores mais elevados (>26 ppm) ocorrem preferencialmente na região centro-leste da bacia do Paranaíba, com diversas litologias.

Apreciação Conjunta: A flutuação de teores do rubídio nas amostras de sedimentos de corrente e de solos reflete apenas a diversidade da natureza composicional das rochas, cujos valores são mais acrescidos em rochas mais felsicas, K-feldspáticas, e mais depletados nas rochas máficas e ultramáficas.

S – Enxofre e Sulfato

O enxofre é o décimo sexto elemento em abundância na crosta terrestre. É um não metal, de coloração amarela, sólido a temperatura de 20°C, mal condutor de calor e eletricidade, inodoro e insolúvel em água. Elemento bastante comum na superfície da litosfera, ocorrendo em diversos minerais sob a forma de sulfetos e sulfatos, ou mesmo em sua forma pura, em regiões vulcânicas. Na forma nativa é encontrado em fontes termais, zonas vulcânicas e em meteoritos. Também está presente, em pequenas quantidades, em combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo. Entre os minerais de sulfeto que contêm enxofre, podemos citar a galena, pirita, esferlerita e cinábrio entre outros. É utilizado em vários processos industriais, como na produção de ácido sulfúrico, na fabricação de fósforos, adubos químicos e medicamentos laxantes, como componente da pólvora e vulcanização da borracha. Também é usado para branquear o papel e como conservante de bebidas alcoólicas. Nutriente essencial para todos os organismos vivos. É constituinte de algumas enzimas e vitaminas, neutraliza os tóxicos e ajuda o fígado na secreção da biliar. As plantas absorvem o enxofre do solo como íon sulfato. No Brasil parte do enxofre (35%) é obtida através do refino de petróleo e gás, sendo o restante proveniente da industrialização do Cu, Zn e Ni (DNPM, 2009), além do depósito de enxofre nativo do Castanhal em Sergipe (Biondi, 2003).

Águas de Abastecimento: O sulfato dissolvido nas águas brutas de abastecimento foi detectado em 45% das amostras, com concentrações variando de

0,01 mg/L a 4,78 mg/L. Os teores mais altos (>2 mg/L) ocorrem com maior frequência na região metropolitana de Goiânia, porém estão abaixo do VMP para águas Classes 1 e 2 definidas nas Resoluções CONAMA 357/2005, CONAMA 396/2008 e Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (250 mg/L).

Águas Superficiais: O sulfato dissolvido nas águas de drenagem foi detectado em 68% das amostras, com teores entre 0,01 mg/L e 9,95 mg/L. As concentrações mais elevadas (>5,23 mg/L) se localizam predominantemente na porção leste da bacia. Estes valores estão muito abaixo do VMP para águas Classes 1 e 2 definidas pelo CONAMA 350/2005 (250 mg/L).

Sedimento de Corrente: Somente em 7% das amostras foi detectado enxofre acima do limite de detecção da metodologia analítica (0,01%), em teores de até 0,04%. A maioria destas amostras foram coletadas na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois, que drena áreas de sedimentos fanerozóicos do Grupo São Bento-Formação Serra Geral.

Solo: O enxofre foi detectado somente em 16% das amostras, com concentrações de 0,01% a 0,04%. Os teores acima de 0,02% se localizam dispersas em toda área da bacia do Paranaíba, em diversas litologias.

Apreciação Conjunta: Nas amostras em que foi detectado, o enxofre apresentou sempre baixas concentrações.

Sb – Antimônio

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

severos danos ao fígado (Mineropar, 2005; Koljonen *et al.*, 1992). Depósitos do elemento são raros e sempre relacionados às jazidas de Pb Hg e Ag.

Águas de Abastecimento: O Sb foi detectado somente em 8% das amostras, com concentrações variando de 0,002 mg/L a 0,019 mg/L. Os teores acima dos limiares das legislações brasileiras (0,005 mg/L) foram detectados nos pontos de captação das ETAs das seguintes cidades: Cristianópolis, Perolândia, Anápolis, Trindade, Bela Vista de Goiás, Mairipotaba e Cromínia, sendo que nesta última foi registrada a maior concentração (0,019 mg/L), acima quase 4 vezes do valor máximo permitido pelo CONAMA e Ministério da Saúde. É importante prosseguir a pesquisa nestas áreas com o objetivo de identificar a fonte do antimônio, se natural (geogênica) ou antrópica, tendo em vista que a forma química como o elemento se encontra dissolvido na água é determinante para sua toxicidade.

Águas Superficiais: O antimônio foi detectado em 26% das amostras, com teores entre 0,002 mg/L e 0,073 mg/L. As amostras com concentrações mais elevadas, que excedem de 2 a quase 15 vezes o VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,005 mg/L) estão localizadas na região oeste da bacia do Paranaíba, nas proximidades das cidades com elevada ocupação populacional como Serranópolis, Mineiros e Jataí, em área de abrangência da Formação Cachoeirinha e Formação Botucatu, da Bacia do Paraná. O antimônio pode ser transportado em rios e córregos por intemperismo das rochas e lixiviação dos solos ou por fontes antropogênicas.

Sedimentos de Corrente: Na maioria das amostras foi detectado teores de Sb variando de 0,05 ppm a 1,92ppm. Os teores mais elevados (>0,7 ppm) se distribuem de forma aleatória, em situações geológicas distintas, porém ocorrem em maior frequência na porção leste da bacia.

Solos: Em todas as amostras de solos foram detectados teores de Sb, variando de 0,05 ppm a 1,66 ppm, todos abaixo do valor de prevenção definido pelo CONAMA 420/2009 (2 ppm). Os teores mais elevados (>0,9 ppm) se distribuem de forma aleatória em diversos contextos geológicos, com predomínio na porção oeste onde ocorrem os sedimentos da Bacia do Paraná.

Apreciação Conjunta: O antimônio é encontrado em baixas concentrações nas rochas e solos, refletindo o arcabouço geológico da bacia do rio Paranaíba. Porém pode ser inserido no ambiente aquático por fontes antrópicas. As formas solúveis do metal apre-

sentam pouca mobilidade na água, enquanto as espécies solúveis são adsorvidas na argila e partículas dos sedimentos. Sendo assim, são necessários estudos para identificar as fontes de antimônio nas águas superficiais, inclusive naquelas utilizadas para abastecimento público nas áreas onde foram registradas concentrações do metal acima do VMP definido pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008 (0,005 mg/L).

Sc – Escândio

O escândio é um elemento de coloração prateada, baixa densidade, alto ponto de fusão e sob a ação do ar adquire película amarelada a rosada. Não é encontrado livre na natureza. Seus principais minerais são a thortveitita [(ScY)Si₂O₇] e a kolbeckita (ScPO₄.2H₂O) (Mineropar, 2005). É usado na indústria metalúrgica formando ligas leves e de alta resistência com o Al; fontes de luz (ScI₃); o composto Sc₂O₃ é usado em lâmpadas de alta intensidade; quando o Sc é irradiado por uma fonte de nêutrons, passa a emitir uma radiação, com a possibilidade de uso em radioterapia (revista Química Nova na Escola, 2005). Não tem papel biológico conhecido, mas seus compostos são considerados tóxicos e carcinogênicos, apesar de pouco estudados. É extraído como subproduto de depósitos de níquel, ferro e urânio.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Sc não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Sc foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 0,4 ppm a 56,9 ppm. Os teores mais elevados (>36 ppm) ocorrem no centro da bacia, onde ocorrem os arenitos e basaltos do topo da bacia do Paraná, representados pelas formações Botucatu e Serra Geral e por diques e soleiras de diabásio.

Solos: Assim como nas amostras de sedimentos de corrente, o Sc foi detectado em todas as amostras, com concentrações entre 1,4 ppm e 72,1 ppm. Os altos teores (>36 ppm) ocorrem predominantemente numa pequena área na porção central da área.

Apreciação Conjunta: O predomínio dos teores mais altos em sedimentos de corrente e solos na região central da bacia do Paranaíba mostrou uma boa correlação entre os resultados obtidos, onde ocorrem os arenitos e basaltos do topo da Bacia do Paraná, representados pelas Formações Botucatu e Serra Geral e por diques e soleiras de diabásio, sendo naturalmente mais enriquecida neste elemento.

Si – Silício

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, ficando apenas atrás apenas do oxigênio, que compõe quase a metade de toda a crosta. É encontrado em praticamente todas as rochas e solos. Combinado com o oxigênio forma a sílica (SiO_2); com oxigênio e outros elementos (alumínio, magnésio, cálcio, sódio, potássio ou ferro) forma silicatos, sendo os principais quartzo, feldspatos e mica. É um componente essencial da grande maioria das rochas que formam a crosta terrestre. É utilizado para a produção de ligas metálicas, na preparação de silicones, na indústria cerâmica, na fabricação de vidros, na indústria eletrônica e microeletrônica, para a produção de *chips*, células solares e em diversas variedades de circuitos eletrônicos, entre outros. Apesar de sua abundância, não é nutriente nem essencial às formas de vida. A exposição ocupacional à poeira contendo silício apresenta o maior risco à saúde humana, causando silicose. O quartzo em suas variadas formas e cores é encontrado em grandes quantidades nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia.

Águas de Abastecimento: O Si foi detectado em todas as amostras, com teores variando de 1,53 mg/L a 27,5 mg/L. Os teores mais altos (>20 mg/L) ocorrem na região metropolitana de Goiânia.

Águas Superficiais: Em todas as amostras detectou-se concentrações de Si, variando de 0,002 mg/L até 18 mg/L. Os teores mais altos (>15 mg/L) ocorrem dispersos nas sub-bacias dos rios Corumbá, Meia Ponte e dos Bois.

Sedimentos de Corrente e Solos: O elemento silício não foi analisado nas amostras de sedimentos de corrente e de solos.

Apreciação Conjunta: O silício não é contemplado nas legislações ambientais brasileiras referentes a água superficial e para abastecimento público. Foi detectado em todas as amostras de água, em teores compatíveis com o arcabouço geológico que ocorre na área da bacia do rio Paranaíba.

Sn – Estanho

O estanho (do latim – *stannum*) é um metal siderófilo, de coloração branco-metálica brilhante, maleável, bom condutor de eletricidade e de calor, resistente à corrosão, inerte ao oxigênio em condições ambiente, e que apresenta baixa temperatura de fusão em relação aos outros metais. Cassiterita (SnO_2) é a principal fonte, embora pequenas quantidades de estanho sejam recuperadas de sulfetos

complexos tais como a estanita (Cu_2FeSnS) e teallita (PbSnS_2). É usado em ligas metálicas, desde a antiguidade pela sua liga com o cobre (Idade do Bronze – 3.300 a.C.), em galvanoplastia, solda (Pb-Sn), componentes eletrônicos, objetos decorativos, na fabricação de molas e espelhos, remédios e fungicidas. Seus compostos orgânicos são considerados extremamente tóxicos, e em níveis elevados podem ser carcinogênicos e teratogênicos (Lopes Jr., 2007; Mineropar, 2005). As principais minas do Brasil são a mina do Pitinga (AM) e a Província Estanífera de Rondônia (DNPM, 2009).

Águas de Abastecimento: O Sn não foi detectado nas amostras de água utilizadas para abastecimento público.

Águas Superficiais: O Sn foi detectado somente em 12% das amostras, em teores muito baixos, variando de 0,01 mg/L a 0,06 mg/L. Os teores mais elevados (>0,04 mg/L) ocorrem nos rios Aporé, Corrente e São Bartolomeu.

Sedimentos de Corrente: Na maioria das amostras foi detectado teores de Sn variando entre 0,3 ppm até 45,1 ppm. Os teores mais elevados (> 18,6 ppm) são observados nas amostras situadas em duas regiões: uma no limite da bacia a sudoeste, predominando rochas da Bacia do Paraná e outra próxima a cidade de Caldas Novas em rochas da Faixa Brasília. Essas áreas englobam as sub-bacias dos rios onde detectou-se os teores mais elevados de Sn em águas superficiais.

Solos: O Sn foi detectado em todas as amostras de solo, com teores variando de 0,3 ppm a 10,7 ppm. Os teores mais elevados (>8 ppm) estão dispersos em pequenas áreas, com diferentes litologias ou ambientes geológicos. Entretanto, mesmo os teores mais altos ficam bem abaixo do valor de prevenção para solos definidos pela NOAA (2008) – 19 ppm.

Apreciação Conjunta: Embora com vários valores acima da média crustal (2 ppm), tanto em solos, como em sedimentos de corrente, os teores encontrados não apresentam interesse prospectivo.

Sr – Estrôncio

O estrôncio é um metal alcalino-terroso, branco-prateado, maleável, dúctil, bom condutor de eletricidade e que se oxida rapidamente quando exposto ao ar. Durante o intemperismo é facilmente mobilizado, principalmente em ambientes oxidantes ácidos. O conteúdo de Sr nos solos é fortemente controlado pela rocha-fonte e pelo clima; com isto suas razões variam nos horizontes superficiais, sendo

fortemente lixiviado em solos ácidos (Kabata-Pendias & Pendias, 1992; Koljonen *et al.*, 1992). Seus principais minerais são a celestita (SrSO_4) e a estroncionita (SrCO_3). É usado no refino de açúcar, na síntese da gema fabulita (titanato de estrôncio), fogos de artifício (nitratos), composição de pigmentos (cromatos), fabricação de cerâmicas, medicina, odontologia, vidros para tubos de imagem de TV, ímãs de ferrita e cremes dentais. O isótopo ^{90}Sr é usado em radioterapia e em geradores para converter diretamente radiação em energia elétrica. O ^{87}Sr radiogênico é produzido pela desintegração do ^{87}Rb radioativo (método Rb-Sr utilizado para datação de rochas). O elemento não é tóxico, exceto a forma radioativa (^{90}Sr artificial, remanescente de explosões nucleares). Por se assemelhar ao Ca, o Sr é absorvido pelo corpo e armazenado nos ossos em substituição ao primeiro. O isótopo ^{90}Sr se ingerido, é perigoso, pois ao ocupar o lugar do Ca na estrutura óssea pode causar câncer (Lopes Jr., 2007). No Brasil há apenas um pequeno depósito não comercial de celestita em rochas sedimentares da bacia do Apodi, RN, e uma ocorrência na bacia do Araripe, CE (Lima *et al.*, 1994).

Águas de Abastecimento: O Sr foi detectado em 58% das amostras, com teores baixos, variando de 0,01 mg/L a 0,35 mg/L. As maiores concentrações (>0,09 mg/L) foram obtidas nos pontos de captação das ETAs das cidades da região metropolitana de Goiânia, em amostras com teores de Ca também elevados.

Águas Superficiais: O Sr foi detectado em 69% das amostras em concentrações muito baixas, variando de 0,01 mg/L a 0,51 mg/L, ocorrendo com maior frequência na região norte da bacia, nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois e Meia Ponte, incluindo a região metropolitana de Goiânia, onde dominam as rochas metavulcanossedimentares do Arco Magmático de Goiás, em amostras onde predominam teores elevados de Ca.

Sedimentos de Corrente: Teores de Sr foram detectados em todas as amostras, variando entre 0,5 ppm e 89,3 ppm. Os teores mais altos (44 a 89 ppm) ocorrem na região central da bacia do Paranaíba, na sub-bacia do rio dos Bois, onde ocorrem rochas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral e também uma porção dominada por rochas do Arco Magmático de Goiás. Uma amostra se destaca com teor anômalo de 1.984 ppm, na região do Complexo de Catalão, onde ocorrem reservas de fosfato, nióbio, titânio, terras raras e vermiculita.

Solo: Das amostras coletadas, em 91% foram detectados teores de Sr variando de 0,5 ppm até 76,3 ppm. Os teores mais elevados (>17ppm) ocorrem na região central da bacia do Paranaíba, região de ocorrência das rochas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral, em concordância com a região de abrangência dos maiores teores de Sr nas amostras de sedimentos de corrente.

Apreciação Conjunta: Apesar dos baixos teores de Sr na bacia do rio Paranaíba, observa-se uma boa correlação entre os resultados obtidos nas amostras de sedimentos de corrente e de solos. Somente na região do Complexo de Catalão o teor obtido está acima da média crustal (375 ppm).

Ta – Tântalo

O tântalo é um metal extremamente dúctil e maleável, inclusive em baixas temperaturas, sendo considerado um elemento de abundância razoavelmente baixa na crosta terrestre, com poucos depósitos conhecidos. É encontrado frequentemente associado com nióbio e tório e elementos radioativos, como o urânio. Seu principal mineral é a tantalita (Ta), que forma uma série com a columbita (Nb). É usado na fabricação de capacitores na indústria eletrônica, em superligas para produzir peças de motores a jato, mísseis e reatores nucleares, na manufatura de próteses para o tratamento de fraturas e marca-passos cardíacos. Sua utilização cresceu principalmente a partir dos anos de 1980, impulsionada pela crescente demanda da indústria de componentes eletrônicos. Normalmente não causa problemas quando manuseado em laboratório; entretanto, deve ser considerado como altamente tóxico, porque há evidência de que os compostos de tântalo podem causar tumores, e a poeira do metal é explosiva. No Brasil, as maiores lavras ocorrem no Rio Grande do Norte (Borborema), no Amazonas e no interior do Amapá (DNPM, 2015).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Ta não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Apenas em 26 amostras (5%) foram detectados teores de Ta acima do limite de detecção do método analítico (0,05 ppm), variando de 0,05 ppm até 0,92 ppm, ocorrendo predominantemente nas sub-bacias do rio Meia Ponte, rio Claro e rio Corrente e, na região do Complexo de Catalão.

Solo: O Ta foi detectado em apenas 6% das amostras (27 amostras), com teores variando entre 0,05 ppm

até 0,3 ppm, ocorrendo em amostras dispersas, em diversos ambientes geológicos.

Apreciação Conjunta: O tântalo foi detectado em poucas amostras de sedimentos de corrente e de solos, em baixos teores, muito abaixo da média crustal (2 ppm). Porém é interessante observar que houve uma amostra de sedimento de corrente com valor mais elevado na região do Complexo de Catalão que contém reservas de fosfato, nióbio, titânio, terras raras e vermiculita.

Te – Telúrio

O telúrio é um semimetal (metaloide), frágil e facilmente pulverizável. É um elemento raro, às vezes encontrado na forma nativa, porém mais frequentemente na forma de telureto de ouro ou, em pequena quantidade, combinado com outros metais constituindo diversos minerais como altaíta (PbTe), calaverita (AuTe₂), coloradoíta (HgTe), rickardita (Cu₇Te₅), petzita (Ag₃AuTe₂), silvanita ((Ag,Au)Te₂) e tetradimita (Bi₂Te₂S) e na forma de dióxido (TeO₂). A maior aplicação do telúrio é em ligas com outros metais, em cerâmicas, adicionado à borracha, como pigmento azul em vidros. Também é usado em espoletas de explosivos e apresenta potenciais aplicações em painéis solares como telureto de cádmio. É um elemento não essencial e tóxico em doses relativamente altas. Sua toxicidade é comparável à do selênio, pois tem um comportamento químico semelhante. Apesar de não apresentar grandes problemas para a saúde do organismo, se presente no ar (mesmo a baixas concentrações) pode causar desde ressecamento na boca e hálito desagradável a dores de cabeça e vertigens. O telúrio é obtido principalmente como subproduto na produção de cobre, chumbo, níquel, prata e ouro.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Te não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Apenas em 12% das amostras foram detectadas concentrações de Te acima do limite de detecção do método analítico (0,05 ppm), com valor máximo de 7,79 ppm. Destas amostras, mais de 90% dos teores obtidos ocorrem a noroeste da área nas amostras coletadas nas sub-bacias dos rios Claro, Verde e Corrente, predominantemente no rio Bomfim e rio Doce, domínio de ocorrência das rochas dos Grupos Itararé e São Bento.

Solos: Ao todo, 38% % das amostras tiveram resultados acima do limite de detecção da metodologia analítica (0,05 ppm), com teores até 2,01 ppm, que ocorrem dispersas em toda área da bacia. O valor

máximo obtido (2,01 ppm) está muito abaixo do valor de intervenção para solos, proposto pela NOAA (2008) – 600 ppm.

Apreciação Conjunta: Os teores obtidos para Te nas amostras de sedimentos de corrente e de solos são extremamente baixos, não representam significado prospectivo, nem em relação à saúde ambiental e humana.

Th – Tório

O tório é um metal da série dos actínideos, sendo o isótopo ²³²Th o único disponível na natureza, sólido, de cor branca brilhante a prateada, e quando exposto ao ar é levemente radioativo. É um condutor intermediário de calor e corrente elétrica, litófilo e concentrando-se nas partes superiores da litosfera (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Os minerais de tório são geralmente resistatos, concentrando-se nos sedimentos residuais em areias e *placers* como minerais pesados (Koljonen, 1992). Os principais minerais de tório são a monazita [(Ce,La,Nd,Th,Y)PO₄], a thorita [(Th,U)SiO₄] e a euxenita [(Y,Ca,U,Th)(Nb,Ta,Ti)₂O₆]. Seus principais usos são como fonte de energia nuclear (no processo de obtenção de ²³³U), ligas metálicas com o Mg, catalisador de reações, fabricação de filamentos de W e células fotoelétricas. O tório não tem função biológica conhecida e quando disperso no ar, geralmente pela mineração, pode ocasionar câncer de pulmão, pâncreas e sangue. Caso esteja acondicionado em algum recipiente e posteriormente seja exposto ao ar, pode explodir. Mesmo com baixa radioatividade, oferece risco à saúde humana, pois pode originar espécies radioativas como o gás radônio ²³⁰Rn e o ²⁰⁸Pb. No Brasil, o tório é encontrado inclusive no minério de ferro-nióbio nas minas de Catalão-Ouvidor em Goiás, e em intrusões alcalinas na borda NE da bacia do Paraná.

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O elemento Th não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Th foi detectado em 96% das amostras com teores variando de 0,1 ppm a 52,6 ppm, sendo que em três amostras foram obtidos teores acima de 100 ppm (114,2 ppm, 139,9 ppm e 199,7 ppm). Os teores mais elevados (>14,7 ppm) ocorrem numa faixa na porção leste da bacia, desde a região de Goiânia e Anápolis até Catalão, onde são encontrados corpos granitoides (Suite Jurubatuba) da Faixa Brasília e rochas do Complexo Alcalino-Carbonatítico de Catalão, onde encontram-

se associados depósitos de P (apatita), Nb (piroclore), ETR, Fe (magnetita), Ti (anatásio) e flogopita-vermiculita.

Solos: Na maioria das amostras (97%) foram detectados teores de Th acima do limite de detecção do método analítico (0,1 ppm), variando entre 0,4 ppm e 27,3 ppm. Os teores mais altos (>22,9 ppm) ocorrem dispersos em pequenas áreas na porção leste da bacia, incluindo a região do Complexo de Catalão.

Apreciação Conjunta: Observa-se que o Th foi detectado em teores mais elevados em algumas amostras de sedimentos de corrente e de solos, quando comparados a média crustal (7,2 ppm), porém estes valores refletem a composição do substrato rochoso. Houve uma boa correlação entre os teores encontrados nas duas classes de amostragem.

Ti – Titânio

O titânio é um elemento litófilo. Quando puro, é um metal branco e brilhante, que ocorre em três estados de oxidação (Ti^{2+} , Ti^{3+} e Ti^{4+}) e possui boa resistência mecânica à corrosão. É o nono elemento mais comum na crosta terrestre (Koljonen, 1992). Seus principais minerais são a ilmenita ($FeTiO_3$), rutilo (TiO_2) e suas variedades polimórficas brookita e octaedrita/anatásio, e sphene/titanita ($CaTiSiO_5$), além dos pouco comuns perovskita ($CaTiO_3$) e loparita $(Ce,Na,Ca)(Ti,Nb)O_3$. É usado na confecção de ligas na indústria aeroespacial, confecção de próteses ortopédicas; indústria bélica; como refletor de radiação infravermelha (Mineropar, 2005). A maior parte dos concentrados provenientes dos minerais de titânio é destinada à produção de pigmentos. Não tem papel biológico conhecido até o momento e não é tóxico, mas suspeita-se de ser carcinogênico. No Brasil os principais depósitos se localizam na zona costeira dos estados do RJ, ES, PB, RN, BA e RS, sendo a jazida tipo *placer* de Mataraca-PB a mais importante (Biondi, 2003)

Águas de Abastecimento: Somente em cinco amostras (4%) detectou-se teores de Ti (0,005 mg/L a 0,27 mg/L).

Águas Superficiais: O Ti foi detectado em 36% das amostras, com concentrações variando de 0,005 mg/L a 0,19 mg/L. Os teores mais expressivos da população amostral (>0,07 mg/L) ocorrem na região centro-oeste da bacia do rio Paranaíba, nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois e do rio Claro (rio Bomfim).

Sedimentos de Corrente: O elemento titânio foi detectado em 75% das amostras com teores entre

0,01% a 2,36%. Os teores mais altos (>0,9%) ocorrem predominantemente em duas áreas: uma na região ao entorno de Goiânia onde ocorrem as Sequências Metavulcanossedimentares da Faixa Brasília e outra que se estende do centro para oeste da área da bacia, onde ocorrem os sedimentos e basaltos da Bacia do Paraná.

Solos: O Ti foi detectado em 92% das amostras com concentrações variando de 0,01% até 1,06%. Os teores mais altos (>0,6%) ocorrem principalmente na porção centro-oeste da bacia do Paranaíba, região de ocorrência das rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral que compreende os arenitos e basaltos da bacia do Paraná.

Apreciação Conjunta: Tanto nas amostras de sedimentos de corrente, quanto nas de solo os teores mais elevados de titânio ocorrem em rochas de natureza mais básica, como na região de domínio das rochas da Bacia do Paraná, evidenciando contribuição geogênica.

Tl – Tálcio

O tálcio é um metal cinza-azulado, maleável, pesado, inodoro e sem gosto. É relativamente abundante na crosta terrestre (0,7 ppm) sendo encontrado principalmente associado com minerais de potássio em argilas, solos e granitos (USGS,2019). Os principais minerais são: Lorandita ($TlAsS_2$), Crookesita $[Cu_7(Tl,Ag)Se_4]$ o Hutchinsonita $[(Tl, Pb)_2As_5S_9]$ (Prior, 1905). É usado como material semi-condutor para retificadores de selênio, em equipamentos de detecção de radiação gama (cintilômetros) e infravermelha, em filtros cristalinos para difração da luz juntamente com selênio e arsênio, em equipamentos de medição de baixas temperaturas junto com Hg, na síntese de compostos orgânicos e em líquidos de alta densidade (USGS, 2019), além disso é usado como veneno de ratos e formigas na forma do sulfato de tálcio (Maia, 2004). O tálcio metálico é um composto altamente tóxico para o meio ambiente e para seres humanos pelos riscos em longo prazo, pois se acumula no organismo (Maia, 2004). Ele chega ao meio ambiente principalmente através da queima de carvão e na fundição de minérios de cobre, chumbo e zinco. A fonte de tálcio nas águas são os efluentes de fábricas de vidros, de eletrônicos e de remédios, além das águas provenientes das minerações (Belzile et al, 2017). O tálcio é um metal muito reativo que se oxida lentamente quando exposto ao ar em temperatura ambiente formando os óxidos de tálcio (I) e tálcio (III). Sua mobilidade é comparada a do

potássio, ligeiramente móvel tanto em condições redutoras quanto oxidantes (Belzile et al, 2017). Sua principal fonte comercial é como mineral traço em depósitos de sulfetos de cobre, chumbo e zinco e na recuperação de poeira de combustíveis. Ainda não existem depósitos ou reservas exclusivamente de tálio. Além disso é encontrado distribuído na natureza em forma de alimentos, presente na maioria dos “vegetais verdes” e principalmente em frutas (Sorrentino, 2018).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O tálio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O tálio foi detectado em 74% das amostras em baixas concentrações, variando entre 0,02 ppm até 2,36 ppm. Os teores mais elevados (> 0,3 ppm) ocorrem em pequenas áreas dispersas principalmente nas regiões noroeste (rochas sedimentares das Formações Aquidauana e Cachoerinha, pertencentes a Bacia do Paraná) e centro-leste da bacia do rio Paranaíba, em diversos ambientes geológicos. Destaca-se um enriquecimento na região do Complexo de Catalão, na sub-bacia do rio São Marcos.

Solo: Em 89% das amostras foi detectado teores de Tl variando de 0,02 ppm a 1,06 ppm. Os teores mais altos (>0,28 ppm) se localizam na sub-bacia do rio Corumbá, sendo que a amostra com 1,06 ppm de Tl foi coletada na rodovia GO-139. Estas amostras estão relacionadas aos corpos granitoides (Suite Jurubatuba) da Faixa Brasília

Apreciação Conjunta: O tálio foi detectado em amostras de sedimentos de corrente e de solos em baixos teores, porém algumas amostras apresentaram teores acima da média crustal (0,75 ppm). É importante registrar que houve uma amostra de sedimento de corrente com valor mais elevado na região do Complexo de Catalão que contém reservas de fosfato, nióbio, titânio, terras raras e vermiculita.

U – Urânio

O urânio é um metal do grupo dos actinídeos, não possui cor característica, é denso, reativo, dúctil, maleável, oxida-se facilmente e possui como característica principal ser altamente radioativo. Existe na forma de três isótopos: ^{234}U , ^{235}U e ^{238}U . O urânio é comumente enriquecido nos granitos, pegmatitos e depósitos hidrotermais. Suas associações metalogênicas são com V, As, P, Mo, Se, Pb, e Cu (Koljonen, 1992). Em condições de intemperismo, forma complexos orgânicos facilmente solúveis e móveis, relativamente estáveis em condições áridas. Seus prin-

cipais minerais são a pechblenda, variedade impura da uraninita (UO_2), e a carnotita [$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$]. É usado como combustível nuclear para geração de energia elétrica, explosivos nucleares e produção de raios X. Não é um elemento nutriente e ocorre em alguns locais devido a vazamentos e acidentes em usinas nucleares e no armazenamento do lixo atômico. Por ser radioativo e bioacumulativo, pode causar sérios problemas ao sangue, ossos, rins e fígado, sendo altamente carcinogênico (ATSDR, 1999). No Brasil, as principais jazidas estão na Bahia (Lagoa Real, município de Caetité), no Ceará (Itataia, município de Santa Quitéria) e em Minas Gerais (Poços de Caldas).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O urânio não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Em todas as amostras foram detectados teores de U com teores variando entre 0,08 ppm e 23,43 ppm. Os teores mais altos (> 6 ppm) ocorrem na porção sudeste da área, na sub-bacia do rio Corumbá, onde estão relacionados aos corpos granitoides (Suite Jurubatuba) da Faixa Brasília e na região do Complexo de Catalão, com reservas de fosfato, nióbio, titânio, terras raras e vermiculita.

Solos: Assim como nas amostras de sedimentos de corrente, o U foi detectado em todas as amostras de solo com teores variando de 0,14 ppm a 6,13 ppm. Os teores mais altos (>2,9 ppm) formam pequenas áreas dispersas na bacia do rio Paranaíba, destacando-se as regiões das cabeceiras do rio Corumbá e do Complexo de Catalão, em solos derivados de corpos granitoides (Suite Jurubatuba) da Faixa Brasília. O valor orientativo estabelecido pela NOAA (2008) para plantas é de 5 ppm. Somente 1 amostra coletada no município de Alexânia excedeu este valor, em solo derivado de granito.

Apreciação Conjunta: Houve uma boa correlação entre os resultados obtidos nas duas classes amostradas, os resultados evidenciaram que, como o esperado, existe naturalmente uma maior afinidade do urânio nas rochas graníticas.

V – Vanádio

O vanádio é um metal de cor branco-prateada, macio, dúctil, litófilo, e que ocorre em vários estados de oxidação. Não é encontrado livre na natureza e ocorre junto com o urânio em sedimentos ricos em matéria orgânica, notadamente em ambientes redutores (Koljonen *et al.*, 1992). Seus principais minerais são a carnotita [$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$], ferghanita

[$U_3(VO_4)_2 \cdot 6H_2O$] e vanadinita [$Pb_5(VO_4)_3Cl$]. Pode também ser encontrado em outros 60 diferentes minerais, na bauxita, nos minérios de Fe e Ti, no carvão mineral e no petróleo (notadamente o extraído na Venezuela). É usado principalmente como componente da liga Fe-V, na indústria de aços especiais e como compostos químicos em agentes catalisadores. O vanádio é considerado um elemento essencial para algumas espécies vegetais e animais (Lopes Jr., 2007). Exposições a altos níveis desse elemento podem causar irritações nos pulmões, olhos e garganta, mas não é considerado elemento carcinogênico (Mineropar, 2005). No Brasil, o vanádio pode ser encontrado no município de Maracás-BA, mas ainda não há produção no país na forma de metal (DNPM 2009).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: Os resultados analíticos em todas as amostras de águas de abastecimento e superficiais foram abaixo do limite de detecção da metodologia analítica (0,01 mg/L).

Sedimentos de Corrente: Em todas amostras foram detectados teores de vanádio acima do limite de detecção do método analítico (1 ppm), com variação de 4 ppm a 964 ppm. Os teores maiores (>271 ppm) ocorrem nos sedimentos coletados nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois, do rio Claro e na foz do rio Meia Ponte. As concentrações extremas (425 ppm a 964 ppm) estão relacionados preferencialmente a ocorrência das rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral que compreende os arenitos e basaltos Bacia do Paraná.

Observa-se que o V nas amostras de sedimentos de corrente ocorre associado ao Fe.

Solos: O vanádio foi detectado em todas as amostras com teores variando entre 10 ppm e 640 ppm. Os maiores teores (>410 ppm) também estão relacionados preferencialmente a ocorrência das rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral

Apreciação Conjunta: Os teores elevados de vanádio tanto em solo como em sedimento de corrente apresentam muito boa correlação e evidenciam que as rochas básicas relacionadas à Formação Serra Geral são naturalmente ricas neste elemento.

W – Tungstênio

O tungstênio, também conhecido como wolfrâmio, é um metal de cor branca a cinza, apresenta o mais elevado ponto de fusão entre os metais, e não é encontrado livre na natureza. Ocorre principalmente nos minerais scheelita ($CaWO_4$) e wolframita

[$(Fe,Mn)WO_4$], que são muito resistentes ao intemperismo e costumam ser concentrados em areias (*placers*) junto com outros minerais pesados. É usado principalmente no setor de ferro-ligas (Fe, Ni ou Co); na forma de carbeto (WC e W_2C), tipo *widia* (conhecido como metal duro), em brocas de perfuração (*bits*), nas indústrias de produtos químicos e de curtumes (Mineropar, 2005). Não possui papel biológico conhecido e todos os seus compostos são levemente tóxicos; não é considerado carcinogênico (ATSDR, 1999). No Brasil, o tungstênio (scheelita) é encontrado no Rio Grande do Norte e Paraíba (principalmente nas minas da região do Seridó, porção central do RN), bem como nos estados do Pará e Rondônia (Fonte: DNPM, 2009).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O W não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Apenas em 35% das amostras foram obtidos resultados acima do limite de detecção do método analítico (0,1 ppm). Os teores mais elevados (>15,6 ppm) ocorrem na região noroeste, nas cabeceiras dos mananciais das sub-bacias dos rios Corrente, Verde e Claro, onde prevalecem as rochas sedimentares das Formações Aquidauana e Cachoerinha, pertencentes a Bacia do Paraná.

Solos: O W foi detectado em 76,4% das amostras, com teores variando de 0,1 ppm a 4,4 ppm. Os teores mais elevados (>0,8 ppm) ocorrem em várias pequenas áreas dispersas, em toda área da bacia do Paranaíba.

Apreciação Conjunta: Não houve correlação entre os resultados obtidos nas amostras de solo e sedimentos de corrente, porém os teores detectados refletem a geologia presente na bacia do Paranaíba.

Y – Ítrio

O ítrio, embora não seja um lantanídeo, é considerado por vários autores como um dos ETR (elementos de terras-raras), devido às suas semelhanças geoquímicas e metalúrgicas. Possui cor prateada metálica, é dúctil, reativo e estável em contato com o ar. Tem como principais minerais o xenotímio (YPO_4), a fergusonita [$Y(Nb,Ta)O_4$] e a monazita [$Y,La,Nd,Th,CePO_4$]. É bastante utilizado na confecção de ligas de Al e Mg para aumentar a resistência em vidros ópticos, cerâmicas supercondutoras, catalisadores, *lasers* infravermelhos e filtros de microondas. Na medicina, alguns de seus isótopos radioativos são usados na radioterapia do câncer. Não possui função biológica conhecida, sendo considerado levemente tóxico e suspeito de ser carcinogênico (Mineropar, 2005). No Brasil, o ítrio é obtido como

subproduto em rochas alcalinas na mina Barreiro, Araxá-MG, (Biondi, 2003).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Y não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: Em todas as amostras foram obtidos teores acima do limite de detecção do método analítico (0,05 ppm), variando de 0,36 ppm até 80,4 ppm. Os teores mais altos (>15,6 ppm) ocorrem preferencialmente nas sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois, em rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral (arenitos e basaltos da Bacia do Paraná). Se destaca ainda a região do Complexo de Catalão.

Solos: O ítrio foi detectado em todas as amostras com concentrações variando de 0,35 ppm a 91,6 ppm. Os teores mais altos (>26,3 ppm) ocorrem preferencialmente nos solos derivados das rochas do Grupo São Bento na região central da bacia do Paranaíba.

Apreciação Conjunta: O Y foi detectado em todas as amostras de sedimentos de corrente e de solos. Na região central da bacia do Paranaíba houve boa correlação nos teores obtidos nestas duas classes de amostra. Porém a região do Complexo de Catalão se destacou somente nas amostras de sedimentos de corrente. Os resultados obtidos evidenciaram a composição do arcabouço geológico que ocorre na bacia em estudo.

Zn – Zinco

O zinco é um metal de cor branco-azulada, possui facilidade de se oxidar, baixo ponto de fusão, que o torna maleável, é razoável condutor de eletricidade e tem facilidade de combinação com outros metais, o que permite sua utilização na fabricação de ligas. Tem como principais minerais: esfalerita (ZnS), smithsonita (ZnCO₃), hidrozincita [Zn₅.(CO₃)₂.(OH)₆], zincita (ZnO), calamina [Zn₄Si₃O(OH)₂], willemita (Zn₂SiO₄) e franklinita [(Zn,Mn,Fe)₂O₄]. Os compostos de Zn possuem uma variada utilização na indústria (desodorantes, xampu, tintas luminescentes, cosméticos, borrachas, tintas, pilhas e baterias etc.). É utilizado também em ligas como latão e o bronze, entretanto seu uso principal está no processo de galvanização. Elemento-traço essencial para os sistemas vivos é encontrado em todos os tecidos e fluidos do corpo humano, sendo essencial para o crescimento, desenvolvimento e reprodução (Koljonen *et al.*, 1992). O Zn metálico e seus compostos não são considerados tóxicos, salvo em elevadas quantidades, mas alguns sais podem ser carcinogênicos (ATSDR,

1999). O Brasil tem as principais jazidas nos estados de Minas Gerais e Paraná (DNPM 2009).

Águas de Abastecimento: Todas as amostras mostraram resultados abaixo do limite de detecção do método analítico (0,01 mg/L).

Águas Superficiais: Somente em 20% das amostras foram detectados teores acima do limite de detecção da metodologia analítica (0,01 mg/L), em valores muito baixos, variando de 0,01 mg/L a 0,08 mg/L, abaixo do VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,18 mg/L). Os teores mais elevados (> 0,03 mg/L) ocorrem predominantemente na porção oeste da bacia do rio Paranaíba, na sub-bacia do rio Claro e do rio Preto, como ainda no rio dos Bois, em direção a sua foz.

Sedimentos de Corrente: Na maioria das amostras foram obtidos teores de Zn, variando de 1 ppm a 223 ppm. Os valores mais elevados (>61 ppm) predominam na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois, em amostras de sedimentos de corrente cuja fonte geológica são as rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral que compreende arenitos e basaltos da bacia do Paraná. Porém teores acima de 61 ppm também ocorrem em outras pequenas áreas dispersas pela bacia do rio Paranaíba. A Resolução CONAMA 454/20120 define 2 limiares: N1 – 123 ppm (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota) e N2 – 315 ppm (limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota). Observa-se que o N1 é ultrapassado em três amostras, duas na região sul na área de domínio do Grupo São Bento e outra, na região do Complexo de Catalão. Porém todos os teores de Zn estão abaixo do N2, isto é a probabilidade de efeitos adversos à biota é muito baixa.

Solos: O Zn foi detectado em 94% das amostras, com teores variando entre 1 ppm e 98 ppm, muito abaixo do valor de prevenção (300 ppm) definido pelo CONAMA 420/2009. Os teores mais altos (>30 ppm) ocorrem na sua maioria na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois, semelhante aos obtidos nas amostras de sedimentos de corrente. Mas, também se observa elevados teores de Zn em outras áreas, como na sub-bacia do rio Corumbá.

Apreciação Conjunta: A dispersão geoquímica dos teores de Zn nas amostras de solos e sedimentos de corrente na bacia do rio Paranaíba mostrou que os teores mais elevados ocorrem preferencialmente na área de abrangência das rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral, na área central da bacia.

Zr – Zircônio

O zircônio é um metal de transição, branco-prateado a azulado, quimicamente semelhante ao titânio. Possui reatividade baixa em temperatura normal, mas quando dividido em seções delgadas pode entrar em combustão espontânea. Ocorre como zircão ($ZrSiO_4$), também conhecido como zirconita ou zircônia, e baddeleyita (ZrO_2) e eudialita [$Na_{15}Ca_6(Fe,Mn)_3Zr_3SiO(O,OH,H_2O)_3$] ou enriquecido na titanita (Mineropar, 2005). O zircão é um dos minerais mais resistentes ao intemperismo (resistito), sendo concentrado em sedimentos atuais arenosos do tipo *placers* (Koljonen *et al.*, 1992). É usado em usinas nucleares; na fabricação de joias, devido a sua transparência e fulgor adamantino; como material refratário na fabricação de vidrarias laboratoriais e cerâmica; confecção de ligas supercondutoras com o Nb e para *flash* fotográfico. Não é conhecida função na fisiologia animal e vegetal. No Brasil, as reservas encontram-se distribuídas nos estados do AM, RJ, MG, PB, TO e BA (DNPM, 2009).

Águas de Abastecimento e Águas Superficiais: O Zr não foi analisado nas amostras de água.

Sedimentos de Corrente: O Zr foi detectado em 93% das amostras com teores entre 0,5 ppm e 130,3 ppm. Os teores mais elevados (>30 ppm) predominam na sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois e na do rio Claro, nos sedimentos provenientes das rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral.

Solos: O Zr foi detectado na maioria das amostras, variando de 0,5 ppm a 105,9 ppm. Os teores mais elevados (>76,7 ppm) representam somente 6% do número de amostras, que ocorrem predominantemente na área da sub-bacia dos rios Turvo e dos Bois, similar a dispersão do Zr nas amostras de sedimentos de corrente, evidenciando um enriquecimento deste elemento nas rochas da Bacia do Paraná.

Apreciação Conjunta: Nas duas classes amostradas os valores obtidos estão abaixo da média crustal (165 ppm). Houve uma boa correlação entre os resultados de Zr nas amostras de solos e de sedimentos de corrente, evidenciando um enriquecimento do elemento na região centro-oeste da bacia do Paranaíba.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Licht (2001) considera que o ambiente geoquímico reflete em primeiro lugar o controle exercido pelos processos naturais (geologia, pedologia, climatologia, biologia) superpondo a esses processos, destaca-se o homem que em suas ações possibilita a promoção de mudanças no ambiente geoquímico a partir de concentrações urbanas, atividades agrícolas e industriais. O autor destaca a geoquímica multielementar como importante instrumento na investigação da relação geográfica da distribuição dos elementos químicos e as paisagens naturais e antrópicas.

Com os dados geoquímicos obtidos neste estudo procurou-se definir as mais significativas associações geoquímicas que estão compatíveis com o arcabouço geológico encontrado na área da bacia do rio Paranaíba, como ainda apontar prováveis regiões com contaminação causadas pelas atividades antrópicas e que necessitam estudos mais detalhados. Porém, é importante ressaltar que a escala regional do projeto e o espaçamento entre as amostras coletadas não permitem uma avaliação precisa das anomalias geoquímicas, nem a localização de depósitos ou ocorrências minerais. Entretanto, os mapas geoquímicos apresentados têm a capacidade de apontar anomalias, onde a associação de elementos pode indicar áreas com potencial mineral ou áreas com provável contaminação antrópica. Essas áreas devem ser melhor investigadas com coleta de amostras em malha mais densa.

Em ambientes aquáticos os íons podem estar nas fases solúveis na água, coloidal, material em suspensão e uma grande proporção é incorporada aos sedimentos de fundo. Em geral, os sedimentos têm alta capacidade de reter os elementos químicos. Essa capacidade é função de vários fatores como a geologia da bacia, o uso do solo, do tipo de vegetação e das condições físico-químicas da água do manancial. A maioria dos elementos traço são poucos móveis a muito pouco móveis em ambientes com pH entre 5 e 8, que é o pH encontrado na maioria das águas da bacia do rio Paranaíba.

Neste estudo as amostras de água coletadas foram filtradas, portando foi estudada a fase solúvel.

6.1. ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO E SUPERFICIAIS

Em relação à presença de cátions e ânions nas

águas, verificou-se que a maioria dos elementos apresentaram concentrações abaixo ou muito próximas aos limites de detecção da metodologia analítica e abaixo das legislações ambientais. Porém é importante destacar a associação dos elementos Ba-Ca-Fe-K-Mg-Si observada nas amostras de água superficial, que refletem a geologia da bacia (contribuição geogênica – rochas de composição granítica) por serem elementos móveis, transportados em solução, resultante do intemperismo das rochas.

Também, alguns elementos foram detectados em amostras de água superficial e de abastecimento humano com teores acima dos Valores Máximos Permitidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008, que por serem considerados prejudiciais à saúde humana, devem ser melhor estudados.

São eles:

Al – Amostras coletadas em oito ETAs apresentaram concentrações acima de 0,2 mg/L (Portaria Nº 2.914 do Ministério da Saúde), das quais, duas apresentaram concentrações entre 0,3 e 0,5 mg/L (Anápolis e Cromínia) e duas apresentaram concentrações entre 0,6 e 0,7 mg/L (Brazabrantes e Aragoiania). Em 23% das amostras de água superficial observou-se teores acima de 0,30mg/L, sendo que três apresentaram concentrações entre 0,5 mg/L e 0,63 mg/L e foram coletados no DF, em Luziânia (rio Corumbá), na divisa entre as cidades de Jandaia e Paraúna (rio Turvo).

Cd - Em 2 amostras de água superficial com teores 2 a 3 vezes acima do valor permitido pelo CONAMA 357/2005 (0,001 mg/L), situadas nas sub-bacias dos rios Corrente (FF-A-1402) e Corumbá (FF-A-1527).

Cu - Nas amostras coletadas nos rios Caçu (0,14 mg/L), Quirinópolis (0,016 mg/L), Santa Helena de Goiás (0,032 mg/L) e Cocalzinho de Goiás (0,029 mg/L).

Fe – Em 35% das amostras de água de abastecimento apresentaram teores acima dos valores permitidos pelas legislações brasileiras; estas amostras foram coletadas em pontos de captação das ETAs nas cidades que fazem parte da região metropolitana de Goiânia no nordeste da bacia do Paranaíba na sub-bacia do rio Meia Ponte; em amostras de água superficial, em 58% os teores estão acima do VMP definido pelo CONAMA 357/2005 (0,3 mg/L) e os teores mais altos (>1 mg/L) se encontram ao longo

dos afluentes do Rio Meia Ponte, na região metropolitana de Goiânia.

Hg – Em águas superficiais foi detectado em quatro amostras com teores acima do VMP definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (0,0002 mg/L). Estão localizadas nos rios dos Bois (0,0004 mg/L e 0,0003 mg/L), Turvo (0,0004 mg/L) e São Bartolomeu (0,001 mg/L). É necessário estudos de investigação para identificar a fonte desses teores, provavelmente antropogênica, porque o Hg é um elemento muito tóxico ao meio ambiente e aos seres vivos.

Mn - Somente as amostras coletadas nos pontos de captação da ETAs das cidades de Davinópolis (0,24mg/L) e Avelinópolis (0,49mg/L) excederam de 2 a 4 vezes o valor permitido para o Mn em águas destinadas para abastecimento público e em 3 amostras de água superficial foi obtido valores acima do VMP das legislações ambientais (0,1 mg/L): nos rios Turvo e Meia Ponte (0,12 mg/L) e no rio São Marcos (0,16mg/L) na divisa entre os municípios de Ouidor e Catalão.

Ni – Em amostras de água superficial, nas sub-bacias do rio Meia Ponte e do rio Claro e na foz do rio Verde.

Pb – Em amostras de água superficial, na sub-bacia do rio Corrente.

Sb - Nos pontos de captação das ETAs das cidades de Cristianópolis, Perolândia, Anápolis, Trindade, Bela Vista de Goiás, Mairipotaba e Cromínia e em amostras de água superficial localizadas na região oeste da bacia do Paranaíba, nas proximidades das cidades com elevada ocupação populacional como Serranópolis, Mineiros e Jataí.

6.2. SEDIMENTOS DE CORRENTE E SOLOS

Os resultados analíticos dos elementos químicos nas amostras de sedimentos de corrente e nas de solo evidenciaram que na maioria das vezes a origem é geogênica. É importante mencionar as seguintes associações de elementos químicos que foram observadas:

A associação Co-Cr-Cu-Ni-Fe-V ocorre em áreas que drenam basaltos, diabásios e gabros, especialmente na sub-bacia dos rios dos Bois e Turvo, como ainda no Complexo Máfico-Ultramáfico de Catalão.

A associação Ba-Ca-Mn-Sr reflete a composição granítica das rochas que ocorrem predominantemente na região central e sudeste da bacia.

A associação Ce-La-Th-U ocorre associada a granitoides do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu e a rochas do Complexo Catalão.

A associação Al-Ga-Hf-Sc-Zr possui afinidade geoquímica com rochas de características ácidas, presentes na região centro-oeste da bacia.

Pode-se ainda mencionar um enriquecimento de As na porção leste da bacia do rio Paranaíba, onde ocorrem depósitos auríferos em sequências pelito-carbonosas do Grupo Canastra.

Alguns elementos químicos considerados perigosos à saúde humana foram detectados em concentrações elevadas, acima dos valores orientativos definidos nas Resoluções CONAMA 454/2012 e CONAMA 420/2009 para sedimentos de corrente e solos, respectivamente. Alguns desses elementos refletem a composição geológica da bacia, porém podem representar perigo à saúde humana.

Sendo assim pode-se destacar os seguintes:

As – Foi detectado em afluente do rio São Bartolomeu o teor de 112 ppm em sedimentos de corrente e, em solo foi obtido o teor de 26 ppm próximo a cidade de Rio Verde. Esses teores estão quase 7 vezes acima do valor orientativo do CONAMA 454/2012 e 2 vezes acima do valor de prevenção do CONAMA 420/2009.

Cr - Teores acima de 80 ppm em sedimentos de corrente se localizam próximos as cidades de Rio Verde e Quirinópolis, enquanto 30% dos teores em amostras de solo superam o valor de prevenção (75 ppm) e, outras 10 amostras, os teores ultrapassam o valor de investigação (150 ppm), na área central da bacia.

Cu – Nas amostras de solo coletadas na região central da bacia do Paranaíba (rochas do Grupo São Bento – Formação Serra Geral - arenitos e basaltos da bacia do Paraná) os teores estão acima do Valor de Prevenção (60 ppm) definido pela Resolução CONAMA 420/2009

Ni – As amostras de sedimentos de corrente com teores mais elevados de até 4 vezes acima do valor limiar N2 do CONAMA 454/2012 (35,9 ppm) ocorrem predominantemente nas sub-bacias dos rios Turvo e dos Bois, do rio Corumbá e do rio São Marcos. Em solos, dez amostras apresentaram teores acima do valor de prevenção (30 ppm) e duas com teores acima do valor de intervenção agrícola (70 ppm) definidos no CONAMA 420/2009 na região central da bacia do Paranaíba

Em conclusão às considerações acima, observou-se que na bacia hidrográfica do rio Paranaíba não foi

evidenciado áreas com relevante interesse prospectivo, além daquelas já conhecidas. Porém ocorrem várias áreas com teores elevados de elementos químicos considerados perigosos à saúde ambiental e humana que ultrapassam os valores de referência definidos nas legislações ambientais relacionadas aos meios amostrados. Nesse caso é necessário dar

continuidade aos estudos geoquímicos objetivando definir a origem da fonte se geogênica ou antrópica, porém é preciso observar que mesmo sendo geogênica, é importante identificar valores de referência entre os elevados teores do elemento e a saúde ambiental e humana.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas – ANA. **Portal Hidroweb**. 2010. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso em: 15 de agosto de 2016.
- Agência Nacional de Águas – ANA. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba Revisão 2**. Contrato Nº 012/ANA/2010. 2011. Disponível em: http://cbhparanaiba.org.br/uploads/documentos/PRH_PARANAIBA/DOCUMENTOS_APOIO/Parte_A_Caracterizacao_Bacia.pdf. Acesso em: 10 de dezembro de 2017.
- Agência Nacional de Águas – ANA. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba Parte A**. 2011. Disponível em: http://cbhparanaiba.org.br/uploads/documentos/PRH_PARANAIBA/DOCUMENTOS_APOIO/Parte_A_Caracterizacao_Bacia.pdf. Acesso em 10 de dezembro de 2017.
- Agência Nacional de Águas – ANA. PRH-Paranaíba (Plano de Recursos Hídricos e do Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba). 2013. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=344&currTab=simple>. Acesso em: 10 de dezembro de 2017.
- Agência Nacional de Águas – ANA. **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba: Resumo Executivo**. Brasília: ANA, 2013. 77 p.
- Agência Nacional de Águas – ANA. **Plano de Recursos Hídricos e do Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2015. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2015/PRHDaBaciaHidrograficaDoRioParanaiba.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2018.
- APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. **American Public Health Association**. Whashington, DC. 1998.
- AZEVEDO, F. & CHASIN, A. A. da M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. Sao Paulo: Atheneu, 2003. 554 p.
- BAGGIO, H.F. 2008. **Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na bacia do rio Formoso, Município de Buritizeiro – MG**. 2008. 216p. Tese (doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- BIONDI, J.C. Processos **Metalogenéticos dos depósitos minerais do Brasil**. São Paulo: oficina de texto. 2003. 528 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Brasília: MMA, 2005. 23 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 396**, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília: MMA, 2008. 11 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília: MMA, 2009. 16 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 454**, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Brasília: MMA, 2012. 17 p.

- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011.
- BROCHADO, M. L. C. **Aspectos de Cenário de Desmatamento para o Estado de Goiás**. Projeto de Pesquisa. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. Brasília. 2014. Disponível em: <http://bdm.unb.br/handle/10483/8255>. Acesso em 23 de janeiro de 2018.
- CUNHA, F. G. & MACHADO, G. J. **Manual simplificado sobre os procedimentos de coleta de água superficial e de consumo doméstico**. Rio de Janeiro: CPRM, 2003. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-Médica-41>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
- Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Desempenho Mineral – Goiás**. 2015. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes-economia-mineral/desempenho-mineral-go-df-2015.pdf>. Acesso em: 23 de janeiro de 2018.
- Empresa de Pesquisa energética – EPE. **AAI dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Rio Paranaíba**. Relatório Final. Sumário Executivo. 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/avaliacao-ambiental-integrada-aa>. Acesso em: 10 de dezembro de 2017.
- IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 03 de março de 2017.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**. Boca Raton: CRC Press, 1992.
- KOLJONEN, Tapio (Ed.). **The geochemical atlas of Finland: part 2: till**. Espoo: Geological Survey of Finland. 1992. 218 p.
- KOLJONEN, K.; STENIUS, P.; BUCHERT, J. **The surface chemistry of PGW pulp fibre fractions**. Proceedings of International Mechanical Pulping Conference, Stockholm, Sweden. p. 407-411, 1997.
- LICHT, O.A.B. **A Geoquímica Multielementar na Gestão Ambiental**. Curitiba, 2001. 236p. Tese. (Doutorado em Geologia, Área de Concentração Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, Paraná. 2001.
- LICHT, O. A. B.; MELLO, C. S. B. de; SILVA, C. R. da. (Eds.). **Prospecção Geoquímica: depósitos minerais metálicos, não-metálicos, óleo e gás**. Rio de Janeiro: CPRM; Sociedade Brasileira de Geoquímica, 2007. 788 p.
- MARTINS, A.P.; ROSA, R. **Caracterização climática da bacia do Rio Paranaíba a partir da rede de estações de superfície automática do INMET (2001-2011), utilizando ferramentas de Geoprocessamento**. Revista Geonorte, Edição Especial 2, v.2, n.5, p.1303 – 1316, 2012.
- MOREIRA, M.L. et al. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/10512>. Acesso em 23 de janeiro de 2018.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA. **Screening Quick Reference Tables**. 2008. Disponível em: <https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/SQURTs>. Acesso em 10 de novembro de 2017.
- RANKAMA, K. & SAHAMA, Th. G. **Geoquímica**. Aguilar, S.A. de Ediciones. Madrid. 862 p. 1954.
- SANTOS, D.C.dos. **Climatologia da pluviosidade na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2016. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2016. 100 p.
- Sistema Estadual de Geoinformação – SIEG. **Atlas do Estado de Goiás**. 2014. Disponível em www.sieg.go.gov.br. Acesso em 06 de janeiro de 2018.
- USGS. **Mineral commodity summaries 2011: U.S. Geological Survey**. 2011 198 p.

USEPA - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Method 3051A – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils.** Washington, DC, 2007. 30p. Disponível em: <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods>

/sw846/pdfs/3051a.pdf Revision 1. Acesso em: 10.09.2015.

WEDEPOHL, K.H. (Ed.). **Handbook of Geochemistry:** Vol. 2. Berlim: Springer, 1978.



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL