



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia

FLÁVIO FERNANDES FALEIRO

**ANÁLISE DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO CORRENTE (GO):
ESTUDO GEOQUÍMICO E IMPLICAÇÕES NO USO E
OCUPAÇÃO.**

GOIÂNIA

2013

FLÁVIO FERNANDES FALEIRO

**ANÁLISE DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO CORRENTE (GO):
ESTUDO GEOQUÍMICO E IMPLICAÇÕES NO USO E
OCUPAÇÃO.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof. Dra. Cláudia Valéria de Lima

Co-orientadora: Dra. Fernanda Gonçalves da Cunha

GOIÂNIA

2013.

FOLHA DE APROVAÇÃO

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

PROFA. DRA. CLÁUDIA VALÉRIA DE LIMA
Orientadora
IESA/UFG

PROF. DRA. PATRÍCIA ARAÚJO ROMÃO
IESA/UFG

PROF. DR. GERALDO RESENDE BOAVENTURA
IG/UNB

À Deus, minha família, amigos,
colegas de trabalho e orientadoras
pelo apoio. Sem eles nada disso
seria possível.

AGRADECIMENTOS

- A Deus por me instruir, ensinar o caminho que devo seguir e guiar-me com teus olhos sobre mim. (Sal 32:8).
- Às minhas orientadoras geólogas Profa. Dra. Cláudia Valéria de Lima e Dra. Fernanda Gonçalves da Cunha, pelo apoio e dedicação na realização deste trabalho.
- À minha família, a qual amo muito, pelo carinho, paciência e incentivo. Em especial a minha esposa que acompanhou toda minha ansiedade, sofrimento e angústia ao longo deste processo, pelo seu companheirismo, amor, incentivo, carinho e motivação.
- Aos amigos que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando.
- À Companhia de Recursos Minerais – CPRM, pela oportunidade de trabalho e aprofundamento no conhecimento na área de geociências.
- Ao Projeto executado pela CPRM: Geoquímica Multiuso do Estado de Goiás, pelo financiamento da etapa de campo, de laboratório e concessão dos dados geoquímicos da área de estudo deste trabalho.
- Aos meus colegas de trabalho que participaram diretamente deste estudo e me ajudaram em todos os momentos, em especial aos técnicos em geociências que auxiliaram nas coletas de campo e a bibliotecária Maria Gasparina, pelo apoio e incentivo desde o início deste processo, com o auxílio no referencial teórico para a etapa de seleção de ingresso no programa de pós-graduação e pela revisão das citações e referências desta dissertação.

*“Conhecer as manhas
E as manhãs
O sabor das massas
E das maçãs
É preciso amor
Pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir
Ando devagar
Porque já tive pressa
E levo esse sorriso
Porque já chorei demais
Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si
Carrega o dom de ser capaz
E ser feliz”*

(Almir Sater e Renato Teixeira, 1991)

RESUMO

Tendo como pressuposto a estreita relação dos componentes naturais e antrópicos na configuração da paisagem o presente trabalho teve como objetivo geral analisar o comportamento geoquímico de elementos químicos na água, sedimentos e solos da bacia do rio Corrente, localizada na região sudoeste do Estado de Goiás. Buscou-se identificar as possíveis relações entre a distribuição dos elementos químicos e a paisagem. Para tanto teve como objetivos específicos: (a) analisar a dispersão e concentração de elementos químicos nos solos sedimentos de corrente e na água, tendo como parâmetro referencial os valores máximos permitidos pelas legislações brasileiras; (b) analisar a influência natural e antrópica na distribuição de elementos ao longo da bacia. Foram encontrados valores acima do recomendado pela legislação nos elementos: Alumínio (Al), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Chumbo (Pb), em amostras de água; Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni) e chumbo (Pb) em amostras de sedimento. No geral os resultados mostraram que a dispersão de elementos teve como principal contribuição o substrato rochoso, porém a proximidade de pontos de amostragem que apresentaram resultados preocupantes com áreas que são intensamente utilizadas por atividades agrosilvopastoris sugere que a origem dos elementos analisados pode ser de tais atividades.

Palavras-chave: Paisagem, Geoquímica, Ambiente.

ABSTRACT

Based on the assumption of the close relationship of natural and anthropogenic landscape configuration the present work aimed to analyze the geochemical behavior of chemicals in soil water and sediment in the basin of Corrente river, located in the southwestern region of the state of Goiás. It seek to identify possible relationships between the distribution of chemical elements and landscape. For this had specific objectives: (a) analyzing the dispersion and concentration of chemical elements in soil current sediments and water, having as parameter reference the maximum allowed by the Brazilian legislation, (b) analyze the natural and anthropogenic influences on the distribution of elements along the basin. The values founded were over than the recommended legislation by the elements: aluminum (Al), chromium (Cr), iron (Fe), Nickel (Ni) and Lead (Pb) in water samples; Chromium (Cr), copper (Cu) , Nickel (Ni) and lead (Pb) ions in the sediment. Overall the results show that the elements scatter has as the main contribution bedrock but the proximity of sampling points showed worrying results with areas of concern are intensively used by agrosilvopastoris activity suggests that the origin of the analyzed elements may be of such activities .

Keywords: Landscape, Geochemistry, Environmental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Amostragens em solos e drenagens	32
Figura 2 - Distribuição das amostras coletadas na bacia do rio Corrente	36
Figura 3 - Procedimento de coleta de amostra de água.....	40
Figura 4 - Acidificação da amostra de água para análise de cátions	41
Figura 5 - Procedimento de amostragem de sedimento de corrente.....	42
Figura 6 - Procedimento de amostragem de solo	42
Figura 7 - Mapa de localização da bacia do rio Corrente	48
Figura 8 - Mapa da geologia da bacia do rio Corrente.....	50
Figura 9 - Mapa da geomorfologia da bacia do rio Corrente.....	53
Figura 10 - Mapa de solos na bacia do rio Corrente	55
Figura 11 - Mapa de uso do solo na bacia do rio Corrente	57
Figura 12 - Pastagem na bacia do rio Corrente	58
Figura 13 - Emas em lavoura de milho na bacia do rio Corrente	58
Figura 14 - Área sendo preparada para plantio na bacia do rio Corrente.....	59
Figura 15 - Vegetação preservada, rio Jacuba, afluente do rio Corrente	59
Figura 16 - Distribuição geoquímica dos elementos Al e Fe nas amostras de água da bacia do rio Corrente	66
Figura 17 - Distribuição geoquímica do elemento Si nas amostras de água da bacia do rio Corrente	67
Figura 18 - Distribuição geoquímica dos elementos Ca, K, Na e Mg em amostras de água da bacia do rio Corrente.....	68
Figura 19 - Distribuição geoquímica do elemento Ba em amostras de água da bacia do rio Corrente	69

LISTA DE TABELAS E QUADRO

Tabela 1 - Valores de Referência para águas de consumo humano.....	28
Tabela 2 - Valores de referência para solos e sedimentos	29
Tabela 3 - Descrição dos pontos de amostragem de água e sedimentos	37
Tabela 4 - Descrição dos pontos de amostragem de solo	39
Tabela 5 - Índice de geoacumulação (Igeo) de metais pesados no solo/sedimento	45
Tabela 6 - Valores referenciais de média mundial para os metais associados ao folhelho padrão	46
Tabela 7 - Sumário estatístico para resultados analíticos de água (mg/l)	61
Tabela 8 - Resultados das análises de água (mg/l)	62
Tabela 9 - Sumário estatístico para amostras de sedimentos.....	72
Tabela 10 - Resultados das análises de sedimento (ppm)	73
Tabela 11 - Sumário estatístico para amostra de solos (ppm)	80
Tabela 12 - Resultados das análises de solo (ppm)	78
Tabela 13 - Resultados Igeo - Sedimento de corrente - Referência Mundial.....	82
Tabela 14 - Resultados Igeo - Sedimento de Corrente - Referência Local	83
Tabela 15 - Resultados Igeo - Solo	85
Tabela 16 - Matriz de correlação - resultados de água.....	87
Tabela 17 - Matriz de correlação - resultados de sedimento	89
Tabela 18 - Matriz de correlação - resultados de solo	90
Quadro 1 - Principais Metais Pesados e suas fontes.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS

CETAN – Centro Tecnológico de Análises Ltda
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CETAN – Centro Tecnológico de Análises Ltda
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
IESA – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais
Igeo – Índice de Geoacumulação
LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
LD – Limite de Detecção
PGAGEM – Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica
PNE – Parque Nacional das Emas
OD – Oxigênio Dissolvido
SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIEG – Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás
SIG – Sistema de Informações Geográficas
UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VMP – Valor Máximo Permitido
VR – Valores de Referência

LISTA DE SÍMBOLOS

Ag - Prata	W – Tungstênio
Al – Alumínio	Y – Ítrio
As – Arsênio	Zn – Zinco
B – Boro	Zr – Zircônio
Ba – Bário	
Be – Berílio	
Bi – Bismuto	
Br – Bromo	
Ca – Cálcio	
Cd – Cádmiio	
Ce – Cério	
Cl – Cloro	
Co – Cobalto	
Cr – Cromo	
Cu – Cobre	
Fe - Ferro	
Fe ₂ O ₃ – Óxido de Ferro	
Ga – Gálio	
Hf – Háfnio	
Hg – Mercúrio	
HNO ₃ - Ácido Nítrico	
In - Índio	
K – Potássio	
La - Lantânio	
Li – Lítio	
Mg – Magnésio	
Mn – Manganês	
Mo – Molibdênio	
MS – Ministério da Saúde	
Na – Sódio	
Nb – Nióbio	
Ni – Níquel	
P – Fósforo	
Pb – Chumbo	
Rb – Rubídio	
Sb – Antimônio	
Sc - Escândio	
Si – Silício	
Sn – Estanho	
Sr - Estrôncio	
Ta – Tântalo	
Te – Telúrio	
Th – Tório	
Ti – Titânio	
Tl - Tálho	
U – Urânio	
V – Vanádio	

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1	
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	19
1.1 EVOLUÇÃO DA CIÊNCIA GEOGRÁFICA E A CATEGORIA DE ANÁLISE	19
1.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS, CONCEITUAIS E METODOLÓGICOS.....	22
1.3 PAISAGEM GEOQUÍMICA	23
1.4 ESTUDOS GEOQUÍMICOS	24
1.5 METAIS PESADOS	25
1.6 VALORES DE REFERÊNCIA	27
1.7 ESTUDOS SOBRE A TEMÁTICA	30
1.8 TÉCNICAS E MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE DADOS GEOQUÍMICOS.....	31
CAPITULO 2	
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
2.1. TRABALHO DE GABINETE	33
2.2. TRABALHO DE CAMPO	34
2.2.1 PLANEJAMENTO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM	35
2.2.2. METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS	35
2.2.2.1 METODOLOGIA DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA	39
2.2.2.2 METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS DE CORRENTE	41
2.2.2.3 METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLOS.....	42
2.3. TRABALHO DE LABORATÓRIO	43
2.4 TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS	44
2.4.1 - ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO	44
2.4.2 BACKGROUND	46

2.4.3 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO	46
CAPITULO 3	
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	47
3.1 LOCALIZAÇÃO	47
3.3 GEOMORFOLOGIA.....	52
3.4 PEDOLOGIA	54
3.5 Uso DO SOLO	56
CAPITULO 4	
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA	60
4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SEDIMENTO	70
4.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO.....	77
4.4 RESULTADOS DOS ÍNDICES DE GEOACUMULAÇÃO (IGEO).....	81
4.4.1 IGEO DOS RESULTADOS DE SEDIMENTO	81
4.4.2 IGEO DOS RESULTADOS DE SOLOS	85
4.5 RESULTADOS DAS MATRIZES DE CORRELAÇÃO.....	86
4.5.1 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS DE ÁGUA.....	86
4.5.2 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS DE SEDIMENTO	87
4.5.3 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS DE SOLO.....	88
CAPITULO 5	
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
REFERÊNCIAS	93

INTRODUÇÃO

Em sua complexidade, a Geografia permite dentre outros, o estudo da relação entre os homens e o meio natural. A análise da apropriação e reprodução do espaço pelo homem, bem como a evolução/alteração desse espaço manifestado por meio da paisagem, representa o objeto primordial nos estudos geográficos.

A geografia sempre dedicou grande atenção à paisagem. Em diversas temáticas esta categoria geográfica é estudada. Dentre elas, destacam-se os estudos do uso do solo e sua evolução, que buscam relacionar o uso com fenômenos geográficos claramente identificados e espacializados.

A paisagem, enquanto categoria de análise da Geografia expressa, o espaço percebido, o espaço natural e/ou o humanamente modificado na história. Ela é o aspecto, a forma que se adquire o espaço e que revela a inter-relação dialética e dinâmica de diversos componentes do estrato geográfico.

Com o aumento do interesse sobre os problemas de qualidade ambiental, estudos geoquímicos, mais especificamente no âmbito da geoquímica da paisagem e geoquímica ambiental, fornecem subsídios para a geografia contemporânea, à medida que desenvolvem mapeamentos para caracterização da distribuição espacial da poluição, bem como para a avaliação de riscos para homens, plantas e animais.

As rochas são as fontes primárias dos elementos químicos que se encontram dispersos naturalmente sobre a terra. Alguns elementos são essenciais aos seres vivos, outros são tóxicos e a relação de distribuição e concentração desses elementos no ambiente estão correlacionados à deficiência e/ou toxicidade no organismo dos seres vivos. O teor de concentração desses elementos no ambiente pode representar riscos à vida de um ecossistema. Desse modo é necessário conhecer os níveis de *background* da concentração de elementos na paisagem para determinar a contaminação e o seu grau.

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.

Os solos, sedimentos de corrente e águas superficiais, são componentes que integram a paisagem, possuem registros da distribuição dos elementos químicos no ambiente e são itens importantes na amostragem da qualidade ambiental de uma área. Segundo Cortecci (2007), o estudo da composição química de rochas, solo, águas e sedimentos fluviais são fundamentais para o entendimento da incidência de doenças relacionadas com fatores ambientais.

A elaboração do presente trabalho tem como pressuposto a estreita relação dos componentes naturais e antrópicos na configuração da paisagem, por meio de análises de resultados químicos da distribuição de elementos na paisagem.

Considerando a importância e a diversidade de usos em uma bacia hidrográfica, trabalha-se com a hipótese que a análise da geoquímica local é um estudo essencial na caracterização da influência do fator antrópico e geológico natural na qualidade ambiental ao longo da mesma.

Analisando a paisagem em questão buscar-se identificar as contribuições naturais e antropogênicas da concentração e distribuição geoquímica na área de estudo. A paisagem que se configura reflete um desequilíbrio ambiental? Qual a contribuição da evolução tecnológica desfrutada pelas atividades agrícolas na região na configuração da paisagem? Qual a dinâmica entre os elementos da paisagem e qual a relação que se estabelece entre os elementos naturais e a ação humana por meio do uso do solo?

Objetivos

O presente trabalho possui como **objetivo geral** analisar o comportamento geoquímico de elementos químicos na água, sedimentos e solos, e identificar as possíveis relações entre a distribuição dos elementos químicos e a paisagem, tendo como recorte espacial a bacia do rio Corrente.

Busca-se uma análise integrada da paisagem expressa nas formas de uso e ocupação (e resultante delas), tendo como pressuposto a inter-relação dinâmica e dialética dos elementos que a compõe, contemplando os aspectos naturais e os aspectos humanos. Para tanto, têm-se como objetivos específicos:

(a) analisar a dispersão e concentração de elementos químicos no solo, sedimentos de corrente e na água, tendo como parâmetro referencial os valores máximos permitidos pelas legislações brasileiras;

(b) analisar a influência do substrato rochoso (influência natural), na distribuição de elementos ao longo da bacia.

(c) analisar a influência antrópica, nos resultados de dispersão e concentração de elementos na bacia.

Área de estudo

A área delimitada para este estudo é a bacia do rio Corrente, localizada no Sudoeste do estado de Goiás, abrange os limites do Parque Nacional das Emas (PNE) que representa a maior unidade de conservação do cerrado no Brasil, dentro dos municípios de Mineiros e Chapadão do Céu, além dos municípios de Serranópolis, Aporé, Itarumã e Itajá.

A pesquisa proposta insere-se no projeto: Levantamento Geoquímico Multiuso, executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM.

A escolha da área de estudo se deu devido à diversidade de usos da bacia, havendo áreas de pastagem e agricultura bem como áreas preservadas dentro dos limites do PNE que em suas condições naturais apresenta o *background* regional servindo de área controle para a interpretação dos resultados. A disponibilidade e acesso aos dados da CPRM (trabalho de campo e resultados de análises químicas de água, solo e sedimento do projeto Levantamento Geoquímico Multiuso do Estado de Goiás) cobrindo a área da bacia estudada foi outro fator determinante da escolha da área de estudo.

Estrutura da dissertação

A presente dissertação é estruturada na forma de quatro capítulos. O primeiro deles apresenta o referencial teórico-metodológico que norteia a pesquisa, essencialmente sobre os pressupostos teóricos dos principais autores acerca das temáticas: Paisagem, Paisagem Geoquímica, Geoquímica Ambiental, Contribuições Naturais, Contribuições Antropogênicas.

No segundo capítulo, são transcritos os procedimentos metodológicos empregados no trabalho de amostragem geoquímica, análises laboratoriais, tabulação de resultados e confecção dos mapas. O terceiro capítulo refere-se a caracterização da bacia e análise do uso e ocupação das terras.

O quarto e último capítulo analisa a distribuição dos elementos químicos na bacia hidrográfica do rio Corrente, com a mensuração e interpretação das correlações existentes entre a distribuição geoquímica e as diferentes formas de uso do solo, bem como a qualidade ambiental da bacia, o trabalho encerra-se com as considerações acerca dos resultados encontrados.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

“A 'paisagem' é uma ideia fundamental para a geografia, assim como 'elemento químico' é para química e física, 'organismo vivo' é para biologia e 'mineral' é para geologia” (MIRLEAN, N. et al, 2006, p.122).

1.1 EVOLUÇÃO DA CIÊNCIA GEOGRÁFICA E A CATEGORIA DE ANÁLISE

No século passado privilegiou-se a fragmentação das ciências em detrimento da integração. Naquele momento a busca da articulação entre a natureza e sociedade foi uma prática difícil para os geógrafos. A natureza era pensada como sendo externa ao homem. A prática dominante privilegiava a divisão entre ciências da natureza e da sociedade. De forma menos expressiva algumas ciências como a Geografia e a Ecologia destoavam desta prática tentando abarcar a integração. Ainda assim, influenciada pela fragmentação, a ciência geográfica segue o caminho da especialização, dividindo-se em diversos campos de conhecimento (SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Conforme afirma Nunes et al (2006), no desenvolvimento da ciência geográfica houve uma “dificuldade de construção de um arcabouço teórico-metodológico unificador das áreas ambiental e humana” (p.120), que segundo ele tem suas raízes no positivismo cujo pensamento científico possui métodos de interpretação da realidade (hipotético-dedutivo, dialético, fenomenológico-hermeneutico), com pouco aprofundamento filosófico.

Conceitos como Paisagem e Geossistema estiveram na produção dos geógrafos que tentaram a análise integrada, buscando a articulação. Nos anos 70, quando emerge a discussão ambiental, a busca da análise integrada pela Geografia e de conceitos que atendam essa nova prática, ganha forças. Os estudos passam a incorporar e considerar a dinâmica social articulada a dinâmica ambiental, de forma mais expressiva.

Analisando a proposta de Bertrand (1971), Dias e Santos (2007) afirmam que o geossistema é:

uma categoria espacial, de componentes relativamente homogêneos, cuja estrutura e dinâmica resultam da interação entre o potencial ecológico: processos geológicos, climatológicos, geomorfológicos e pedológicos (a mesma evolução); a exploração biológica: o potencial biótico (da flora e da fauna naturais) e a ação antrópica: sistemas de exploração socioeconômicos. Redefinido nas discussões teórico-metodológicas, o geossistema aproxima-se do conceito de paisagem como paisagem global, na qual se evidencia a preocupação com a interação natureza-sociedade. Na análise geossistêmica, o geossistema é uma categoria de sistemas territoriais regido por leis naturais, modificados ou não pelas ações antrópicas. (p.3)

A busca da compreensão da dinâmica da natureza a partir da análise das práticas humanas, promovendo derivações nos processos naturais, tem-se destacado nesse novo momento, assim como a produção de diagnósticos ambientais calcados na análise de bacias hidrográficas, considerando todos os elementos articulados na configuração da paisagem.

Segundo Nunes et al (2006) um dos métodos de pensamento que tem influência na busca de articulação entre as diversas áreas da Geografia é o materialismo histórico e dialético (p.122). No entendimento deste método, o homem é um ser natural e social, não pode haver separação entre a história da natureza e a história dos homens.

Outro método de abordagem que abarca uma visão de integração e não fragmentação na contemporaneidade é o método sistêmico, centrado na interação dinâmica dos elementos. A abordagem sistêmica que ganhou forças na Geografia das últimas décadas, nas obras de Jean Tricart e Bertrand dentre outros, expressa a noção de paisagem (de leitura da paisagem/ de análise da construção da paisagem) por meio das interações de sistemas naturais e sociais.

Tricart (1977) define um sistema como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia em relações de dependência mútua. “O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente” (TRICART, 1977).

A paisagem pode ser definida como a primeira instância de análise que se revela ao observador (a síntese do que se observa). No geral é caracterizada como o espaço que a visão consegue abarcar. A Geografia costuma caracteriza-la, de forma mais

aprofundada, como o espaço percebido, composto do que se revela aos olhos e/ou aos demais sentidos. Para Moraes (1991, p. 14):

[...] a análise geográfica estaria restrita aos aspectos visíveis do real. A paisagem, posta como objeto específico da Geografia, é vista como uma associação de múltiplos fenômenos, o que mantém a concepção de ciência de síntese.

Rougerie (1971) define a Geografia como estudo das paisagens. Ele considera que “como a Geografia consiste em localizar fatos, em apreender diferenciações do espaço terrestre e em comparar conjuntos desvendando seu dinamismo interno e suas relações recíprocas”, o âmago da ciência geográfica é “a expressão material de tais diferenciações: as paisagens”.

Na abordagem sistêmica a paisagem é tida como um sistema complexo e dinâmico composto de três subsistemas principais: os elementos abióticos, bióticos e antrópicos que em interações variadas dá resultado a suas particularidades (síntese do espaço). É uma composição momentânea e/ou perene da interação de elementos variáveis desse sistema em um dado tempo. A inter-relação e a variação de cada elemento em dado espaço e tempo configura a paisagem que é objeto da análise geográfica.

É de costume nas ciências dividir a paisagem em natural e cultural, sendo a primeira restrita aos elementos naturais e a segunda referente às construções humanas. A partir de uma visão mais holística, considera-se que em todos os lugares (paisagens) há uma interação/interferência em maior ou menor grau de componentes naturais e antrópicos configurando a paisagem como um todo (a Paisagem Geográfica).

Neste contexto, a categoria de análise geográfica preconizada na presente pesquisa é a paisagem, a qual, segundo George Bertrand (2003), corresponde ao total ambiental integrando todas as implicações da ação antrópica ao passo de considerarmos que a:

(...) paisagem não é a simples adição de elementos geográficos (...), é o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 2003).

1.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS, CONCEITUAIS E METODOLÓGICOS.

Para estudo do tema teve como pressuposto de que paisagem é um conceito utilizado pela Geografia que favorece uma visão integrada dos fenômenos naturais e sociais. E de que ela é concebida como um resultado dos elementos que a compõem incluindo a interferência humana por meio da técnica e do trabalho.

Como pressuposto teórico e conceitual foi considerado o caráter dinâmico da natureza e a paisagem como uma resultante da inter-relação contínua de seus elementos. Partilhando das abordagens de Bertrand (1971) e Tricart (1982), pretendeu-se considerar o homem como mais um elemento da paisagem que possui papel determinante e um forte poder de interferência na natureza, assim como a abordagem de Monteiro (2000), que assume o homem como um agente “derivador” da natureza.

Na operacionalização da pesquisa, a compreensão da paisagem foi feita na observação, na percepção e visão integradora das ciências naturais com foco em análises geoecológicas e processuais. Buscou-se compreender a totalidade, descrevendo, especificando o papel de cada elemento natural e da forma como ele é influenciado pelo todo.

Adotando os pressupostos de que a paisagem é resultado de uma relação entre processos passados e atuais. O trabalho apresenta a paisagem, enquanto resultante de processos dinâmicos e contínuos, de matrizes naturais e humanas.

No estudo pretendeu-se apresentar o resultado da aplicação da análise integrada da paisagem, buscando compreender os processos que conformam a paisagem da bacia do rio Corrente, identificando as possíveis relações entre ambiente e sociedade, tendo como suporte para interpretação a paisagem geoquímica.

De posse dos produtos cartográficos, das análises química dos elementos e da cobertura do solo, procedeu-se a análise da distribuição geoquímica dos elementos, em relação ao uso e cobertura do solo. A análise foi baseada essencialmente na realização

do diagnóstico de levantamento ambiental e dos resultados geoquímicos obtidos na área de estudo.

1.3 PAISAGEM GEOQUÍMICA

A geoquímica da paisagem estuda a paisagem no nível dos elementos químicos. Esta ciência tem seu berço e principais expoentes na geografia soviética. A primeira definição de paisagem geoquímica surge com B.B. Polynov (1956 apud MIRLEAN, N. et al, 2006.) que primeiramente formulou a ideia de paisagem elementar em 1915: “Paisagem elementar – é uma área da superfície da terra representada por um determinado tipo de relevo, composta por um tipo de rocha ou sedimento e coberta em cada momento da sua existência por uma comunidade vegetal.” (p.110)

De acordo com Perelman (1975, apud MIRLEAN et al 2006) a Paisagem Geoquímica definida por Polynov (1956) corresponde a áreas em que ocorre escoamento superficial de água, o conjunto de interflúvios, encostas, vales e bacias de drenagem, que formam uma unidade de elementos intrinsecamente relacionados. “Paisagem Geoquímica é a associação paragênica das paisagens elementares em interação que se apresentam ligadas entre si por migração de elementos químicos” (p.112)

Uma bacia hidrográfica compreende uma unidade de elementos intrinsecamente relacionados que expressa uma paisagem geoquímica. As feições geomorfológicas que apresentam a paisagem de uma bacia, por exemplo, refletem a estrutura geológica, a litologia da camada, o tipo de solo, a fitofisionomia da vegetação e as espécies predominantes, as condições de circulação das águas de superfície e subterrânea, além das características de formação, da qualidade e da quantidade da água. Além disso, as características geomorfológicas podem revelar as relações entre o ambiente geoquímico e a migração e enriquecimento dos elementos (LIN, 2004).

1.4 ESTUDOS GEOQUÍMICOS

Segundo Licht (2001) o uso de técnicas geoquímicas remontam à década de 30 com os soviéticos em pesquisas voltadas à localização de jazidas minerais. Segundo ele, é na década de 80 que seu uso é intensificado para outros fins, além da prospecção mineral em diversos países.

Com o aperfeiçoamento das técnicas disponíveis, a exploração geoquímica preocupa-se não só em identificar alvos de interesse para a indústria mineral, mas também em desenvolver aplicações para a indústria de transformação, para a agropecuária, indústria florestal, em examinar relações com a saúde humana e dos animais, em monitorar os depósitos de resíduos e no planejamento do uso do solo. (LICHT, 2001, p. 23)

O mapeamento geoquímico é produto desse ramo da ciência e serve a diversos fins, a exemplo da geografia/geologia médica, da agricultura, do monitoramento da qualidade ambiental, da prospecção mineral, dentre outros.

Dentre as aplicações de técnicas geoquímicas, Licht (2001, p.2) cita a utilização como indicadores ou rastreadores de:

- variações na composição litológica no auxílio a cartografia geológica e pedológica, servindo como ferramenta de base para estudos geológicos e de aumento de fertilidade e da produtividade agrícola;
- variações naturais ou antropogênicas na cobertura pedológica, massas de água ou na biota, visando o estabelecimento de bases de conhecimento do quimismo de uma região e dos eventuais passivos ambientais;
- focos de poluição industrial, agrícola e doméstica, tanto em ambientes rurais quanto urbanos, com finalidades de monitoramento e fiscalização ambiental;
- extensão da pluma de contaminação das fontes de poluição sobre as águas superficiais e subterrâneas, visando estabelecer as potencialidades e viabilidade no aproveitamento de aquíferos.

Vários são os tipos de mapeamentos ecológicos-geoquímicos que segundo Mirlean et al (2006) são construídos atendendo objetivos específicos tais como:

inventariar as fontes de poluição; espacializar o complexo de paisagens Geoquímicas e/ou de propriedades geoquímicas da paisagem (mapas bio-geo-hidro-geoquímicos); identificar áreas contaminadas e/ou poluídas (mapas de monitoramento de poluição de vários componentes da paisagem); apreciar e prever riscos ecológicos com base em parâmetros geoquímicos e de biotecnogeomas (como exemplo os mapas médico-geográficos); (MIRLEAN, N. et al, 2006, p.122).

1.5 METAIS PESADOS

O termo metal classifica 72 elementos, destes, 59 são classificados como metais pesados, dos quais 17 apenas são considerados extremamente tóxicos. Esse termo é comumente associado a problemas ambientais de poluição, contaminação, toxidade. Quando apresentado em concentrações elevadas, superiores àquelas estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde, são considerados nocivos à saúde.

A concentração de metais pesados pode ser de origem natural (geogênica) e/ou artificial (antropogênica, antrópica). Na forma natural, a liberação e concentração de metais pesados ocorrem de forma geral, nos processos geológicos de intemperismo físico, químico e biológico de rochas da crosta terrestre. Precipitação atmosférica e transporte de material particulado, vulcões, fumaças dentre outros fatores naturais são também processos fonte de liberação e concentração de metais pesados.

Dentre os fatores antrópicos está a descarga direta de vários efluentes, produtos de atividades diversas (agricultura, indústria, ocupação urbana, mineração, depósito de lixo etc) em uma bacia hidrográfica. Prado Filho (1992) apresenta os principais metais pesados e suas principais fontes (Quadro 01).

Os metais pesados têm sido objeto de pesquisas, tendo em vista sua crescente presença em ambientes aquáticos, nos sedimentos e nos solos assim como pelo conhecimento de seus efeitos na saúde animal e vegetal (FERGUSSON, 1991).

Segundo Alloway & Ayres (1997 apud BAGGIO; HORN, 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).

Quadro 1 - Principais Metais Pesados e suas fontes.

RAMO INDUSTRIAL	METAIS PESADOS							
	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Papel		■	■	■	■	■		■
Petroquímica	■	■		■	■		■	■
Indústria de cloro e KOH (eletroquímica)	■	■		■	■		■	■
Fertilizantes	■	■	■	■	■	■		■
Refinarias de petróleo	■	■	■		■	■		■
Usinas siderúrgicas	■	■	■	■	■	■	■	■
Indústria de metais não ferrosos		■	■	■	■			■
Vidro, cimento, cerâmica		■						
Indústria têxtil		■	■					■
Indústria de couros		■	■					
Usinas termoelétricas		■						
Fábrica de borracha								■
Fábrica de baterias e eletroquímicas		■		■	■			■
Fábrica de Tintas e corantes	■				■	■		
Fábrica de plásticos e resinas		■	■					
Metalurgia (galvanização e fundição)	■	■	■		■			■
Fonte: Adaptado e modificado de FELLEBERG (1980). SILVA (1981) E JARDIM (1983)								

1.6 VALORES DE REFERÊNCIA

A contaminação de recursos hídricos por elementos químicos, com consequências para o equilíbrio ambiental e saúde humana, tem sido um problema contemporâneo comum que tem despertado atenção de pesquisadores, governo e sociedade civil (Cortecci, 2010).

Neste contexto a sociedade tem definido valores de referência para diversos elementos na água, solo e sedimentos. Nas tabelas a seguir (Tabelas 01 e 02) estão sintetizados os valores máximos permitidos pela legislação para cada elemento na água, solo e sedimento.

A tabela 01 apresenta os valores máximos permitidos (VMP) para águas de consumo humano tendo como referência:

- a Portaria do Ministério da Saúde – MS 2914/2011;
- a Resolução do CONAMA 357/2005 – que estabelece os VMP para classificação das águas superficiais em relação as condições de qualidade para águas doces de classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (natação e mergulho); à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção da película; à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- a Resolução CONAMA 396/2008 – que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e estabelece os VMP para águas subterrâneas com uso preponderante para consumo humano.

Na tabela 2, são dispostos os valores de prevenção para solos estabelecidos na Resolução do CONAMA 420/2009 e os valores de nível 1 para sedimentos disponíveis na Resolução CONAMA 344/2004 que correspondem a limiares a partir dos quais os mesmos podem estar contaminados.

Tabela 1 - Valores de Referência para águas de consumo humano

Parâmetros (em mg/L)	Portaria MS 2914/2011	Res. CONAMA 357/2005	Res. CONAMA 396/2008
Alumínio	0,2	0,1	0,2
Amônia (como NH ₃)	1,5	-	-
Antimônio	0,005	0,005	0,005
Arsênio	0,01	0,01	0,01
Bário	0,7	0,7	0,7
Berílio	-	0,04	0,004
Boro	-	0,5	0,5
Cádmio	0,005	0,001	0,005
Cianeto	0,07	0,005	0,07
Chumbo	0,01	0,01	0,01
Cloreto	250	250	250
Cobalto	-	0,05	-
Cobre	2	0,009	2
Cromo total	0,05	0,05	0,05
Ferro	0,3	0,3	0,3
Fluoreto	1,5	1,4	1,5
Lítio	-	2,5	-
Manganês	0,1	0,1	0,1
Mercúrio	0,001	0,0002	0,001
Molibdênio	-	-	0,07
Níquel	0,07	0,025	0,02
Nitrato (como N)	10	10	10
Nitrito (como N)	1	1	1
Prata	-	0,01	0,1
Selênio	0,01	0,01	0,01
Sódio	200	-	200
Sulfato	250	250	250
Vanádio	-	0,1	0,05
Urânio	0,03	0,02	0,015
Zinco	5	0,18	5

Tabela 2 - Valores de referência para solos e sedimentos

Elemento	Unid.	Valores para solo	Valores para sedimentos
		Valores de Prevenção Resol. CONAMA 420/2009	Valores Nível 1 Resol. CONAMA 344/2004
Ag	ppm	2	-
Al	%	-	-
As	ppm	15	5,9
B	ppm	-	-
Ba	ppm	150	-
Be	ppm	-	-
Cd	ppm	1,3	0,6
Co	ppm	25	-
Cr	ppm	75	37,3
Cu	ppm	60	35,7
Fe	%	-	-
Hg	ppm	0,5	0,17
La	ppm	-	-
Li	ppm	-	-
Mn	ppm	-	-
Mo	ppm	30	-
Ni	ppm	30	18
Pb	ppm	72	35
Sb	ppm	2	-
Se	ppm	5	-
Sn	ppm	-	-
Te	ppm	-	-
Ti	%	-	-
Tl	ppm	-	-
U	ppm	-	-
V	ppm	-	-
W	ppm	-	-
Zn	ppm	300	123

1.7 ESTUDOS SOBRE A TEMÁTICA

A contaminação das águas subterrâneas e superficiais representa um impacto ambiental adverso importante associado a atividades antropogênicas. Como exemplo pode-se citar diversos estudos.

Em uma área agrícola de Nova Friburgo, Alves e Silva (2003) detectaram concentrações de agrotóxicos em valores até oito vezes acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 20, de 18 de junho de 1986, em dois pontos de um importante curso hídrico regional.

Estudando a bacia do rio Formoso em Minas Gerais, Moraes (2010) encontrou teores de metais pesados em solos que superam os limites de prevenção estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009. A premissa da pesquisa desse autor considerou que a área estudada por se tratar de uma área próxima a atividades agrossilvopastoris apresentaria uma distribuição geoquímica de metais pesados tais como Cr, Cd, Co, Ni, Pb, Zn e Ba relacionados a agroquímicos e fertilizantes, fato que foi comprovado em seus resultados.

Também na Bacia do rio Formoso, estudos anteriores (VIANA, 2006; BAGGIO, 2008) já apontavam a contaminação de metais pesados (Ni, Zn e Ba) por ações antrópicas na região e a necessidade de mitigação desse problema.

Em uma bacia hidrográfica do Município de Paty do Alferes, Ramalho et al. (2000) constataram que tanto o solo local quanto os sedimentos do leito do rio estavam contaminados por metais pesados oriundos da deposição de agrotóxicos e fertilizantes.

Melo (1992) estudando ecossistemas de veredas (cerrado) afirma que os problemas ambientais nestes ambientes ocorrem devido à ocupação e intensificação do uso do solo, necessitando cada vez mais de conhecimento aprofundado da região e dos processos de interação homem/natureza.

Potencializando os estudos ambientais, de acordo com Licht (2001), o desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilitou uma visão mais abrangente dos sistemas naturais. O SIG permite a integração de dados diversos de um mesmo espaço geográfico, colaborando para uma melhor interpretação da paisagem geográfica em sua totalidade. “A integração de dados tão diversificados

possibilita a montagem de modelos complexos que estabeleçam robustas relações de causa e efeito dos processos que ocorrem no sistema ambiental” (p.3).

Há na literatura vários estudos que indicam a relação entre a distribuição geoquímica e litologia, saúde humana e animal, uso e ocupação humana, poluição. Cabe aqui destacar a poluição rural, a esse respeito Licht (2001) cita que:

As atividades do homem, visando atender às exigências crescentes de maior produtividade agrícola, são responsáveis por intensos e extensos impactos geoquímicos ambientais. Isso ocorre pela adição de fertilizante para suprimento de carências específicas em micro e macronutrientes, pelo uso de calcário visando a neutralização do pH e imobilização do Al^{3+} , e pelo uso de agrotóxicos clorados, fosforados, mercuriais e bromados, entre outros, para controle e eliminação de pragas, para acelerar a colheita pela secagem das plantas e para a preservação dos produtos armazenados. (LICHT, 2001, p. 51)

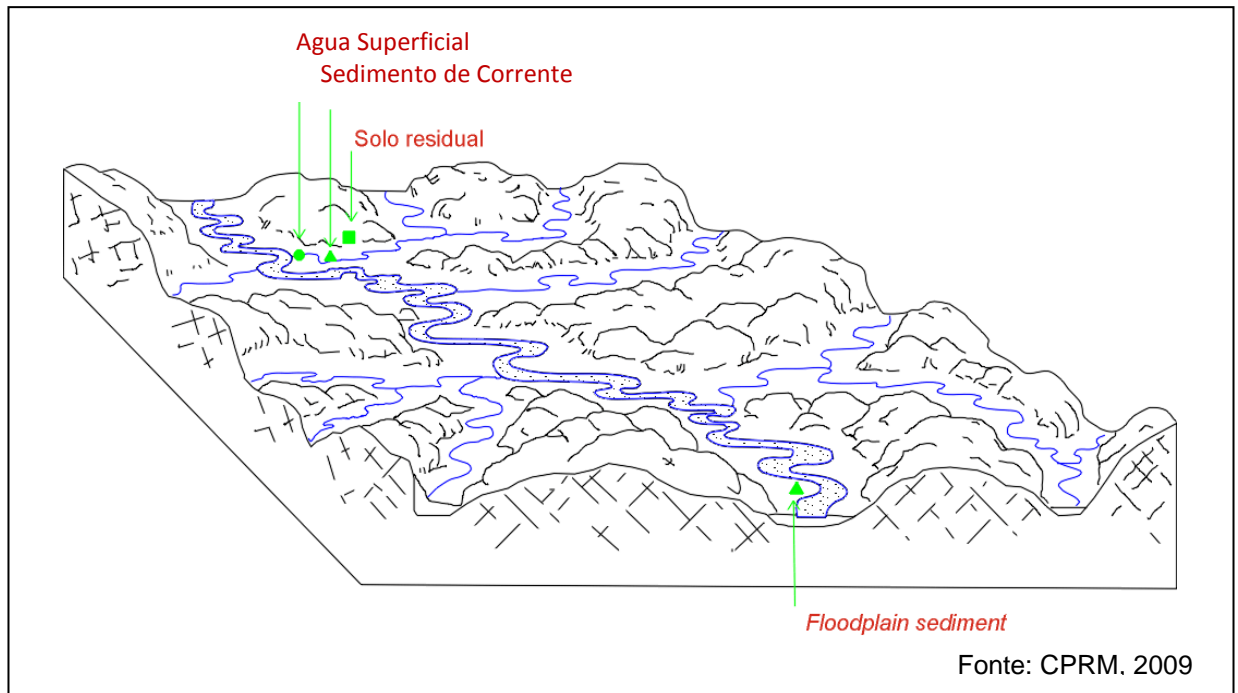
1.8 TÉCNICAS E MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE DADOS GEOQUÍMICOS

A Geoquímica Ambiental, enquanto técnica de caracterização e/ou monitoramento dos elementos químicos na paisagem, utiliza materiais geológicos (sedimentos, solos e água) como meios de amostragem. Os tipos de amostragem são exemplificados na figura a seguir (Figura 1).

As amostras de sedimento, também denominadas de sedimento de corrente ou sedimento de fundo, são amostras do fundo de um canal de drenagem que refletem o quimismo de toda a bacia hidrográfica sendo, portanto um meio adequado e muito utilizado em levantamentos regionais. O sedimento é produto resultante da interação de todas as características ambientais da área fonte (geologia, pedologia, topografia, hidrografia, clima, cobertura vegetal etc) (LICHT, 2001).

A água superficial é o somatório das porções de água pluvial de escoamento superficial e de águas de subsuperfície que afloram em nascentes. “Além da fase líquida, uma amostra de água natural de um canal de drenagem superficial é composta também de diversas fases mineralógicas em solução e/ou suspensão e de uma carga iônica, contendo a assinatura geoquímica característica dos materiais por onde essas águas percolaram.” (IBIDEM, p.21).

Figura 1 - Tipos de Amostragens em solos e drenagens



O solo é um material residual ou transportado, produto da ação do intemperismo sobre as rochas. “Os solos devem refletir, grosso modo, a composição química da rocha original, apesar de processos intempéricos e pedogênicos que se encarregam de redistribuir os elementos químicos no ambiente de superfície, caracterizado pela saturação de oxigênio, presença de água, baixas temperaturas e pressões” (IBIDEM, p.30).

CAPITULO 2

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização do trabalho as atividades foram divididas em etapas de Trabalho de Gabinete, Trabalho de Campo, Trabalho de Laboratório os quais são descritos a seguir.

2.1. TRABALHO DE GABINETE

No trabalho de gabinete foram feitas pesquisas literárias e revisão bibliográfica dos estudos sobre a paisagem, a paisagem geoquímica, geoquímica ambiental, contribuições naturais, contribuições antropogênicas. Pesquisas sobre os aspectos físicos e socioambientais para a caracterização da bacia do rio Corrente também foram realizadas nesta etapa. Também foi realizado o planejamento para os trabalhos de campo e as análises laboratoriais.

Tendo como hipótese que a maioria dos processos naturais ou antrópicos, que ocorre na superfície terrestre se expressa pela presença de associações características de elementos químicos do processo gerador e geograficamente associado a sua área de ocorrência, Licht (2001) propôs uma metodologia de produção, tratamento e interpretação de dados geoquímicos multielementares, que busca identificar a relação desses com feições do ambiente natural e com alterações produzidas pelo homem. Para tanto, utilizou a tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

Para a caracterização da área buscou-se a representação cartográfica de diversos temas que contemplem os aspectos físicos da mesma. Para tanto, utilizou-se arquivos vetoriais em formato *shapefile* disponíveis no SIEG (2012): Base Cartográfica (contemplando limites municipais e drenagens), Limites de Parques, Limites de Bacias Hidrográficas, Geologia, Geomorfologia e Solo. O arquivo vetorial referente ao uso do solo em 2011 da área de estudo também no formato *shapefile* foi obtido junto ao Laboratório de Processamentos de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG/IESA. Como ferramenta para espacialização e representação cartográfica desses arquivos utilizou-se o *software* ArcGis 9.3 (ESRI, 2008). Os mapas foram organizados utilizando o sistema de referências de coordenadas geográficas e o Datum Horizontal SAD1969.

O Mapa geológico teve como base o vetor: Geologia/Unidades Geológicas de abrangência estadual na escala original de 1:500.000 (MOREIRA et al., 2008) disponível no formato shapefile pelo SIEG.

O mapa de geomorfologia teve como base o vetor Geomorfologia/Unidades Geomorfológicas de abrangência estadual na escala original de 1:500.000 (GOIÁS, 2005)

O mapa de solos teve como base o vetor Solo/Solos que abrange a bacia do rio Paranaíba no Estado de Goiás de escala 1:250.000 (GOIÁS, 2005b). O mapa foi organizado no ArcGis 9.3, com a adaptação da legenda de acordo com a nova classificação de solos, uma vez que o arquivo para esse tema disponível no SIEG é de 2005 e consta na classificação antiga. Foi utilizado como referência para a classificação do solo, o quadro de Correlação entre as subordens do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e a classificação utilizada anteriormente pelo IBGE (2007).

O mapa de uso e ocupação do solo teve como base o arquivo vetorial no formato *shapefile* criados a partir da classificação de imagens Landsat de 2011, pré classificadas no LAPIG.

A metodologia de geração do mapa de uso do solo baseou-se na classificação de imagens Landsat TM-5 de 2011, obtidas no LAPIG, obedecendo às seguintes etapas:

1. Aquisição da imagem de satélite Landsat TM-5, nas bandas 3, 4 e 5;
2. Georreferenciamento da imagem no software ENVI e recorte da imagem ao limite da bacia do rio Corrente;
3. Importação da imagem já recortada ao limite da bacia do rio Corrente para o software SPRING.
4. Interpretação e classificação da imagem considerando a interpretação de fatores como cor, textura, forma e relevo, adotando uma composição de bandas com falsa-cor (composição nas bandas 5R, 4G e 3B) que apresenta forte semelhança com as cores da natureza e é frequentemente utilizada por facilitar a interpretação da cobertura e uso do solo.

2.2. TRABALHO DE CAMPO

A metodologia de coleta e amostragem de águas, sedimentos e solos seguiu orientações do Manual Técnico PGAGEM – Brasil (LINS et al., 2003) e orientações indicadas pela CPRM na execução do Projeto Levantamento Geoquímico Multiuso, e são descritas a seguir.

2.2.1 PLANEJAMENTO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

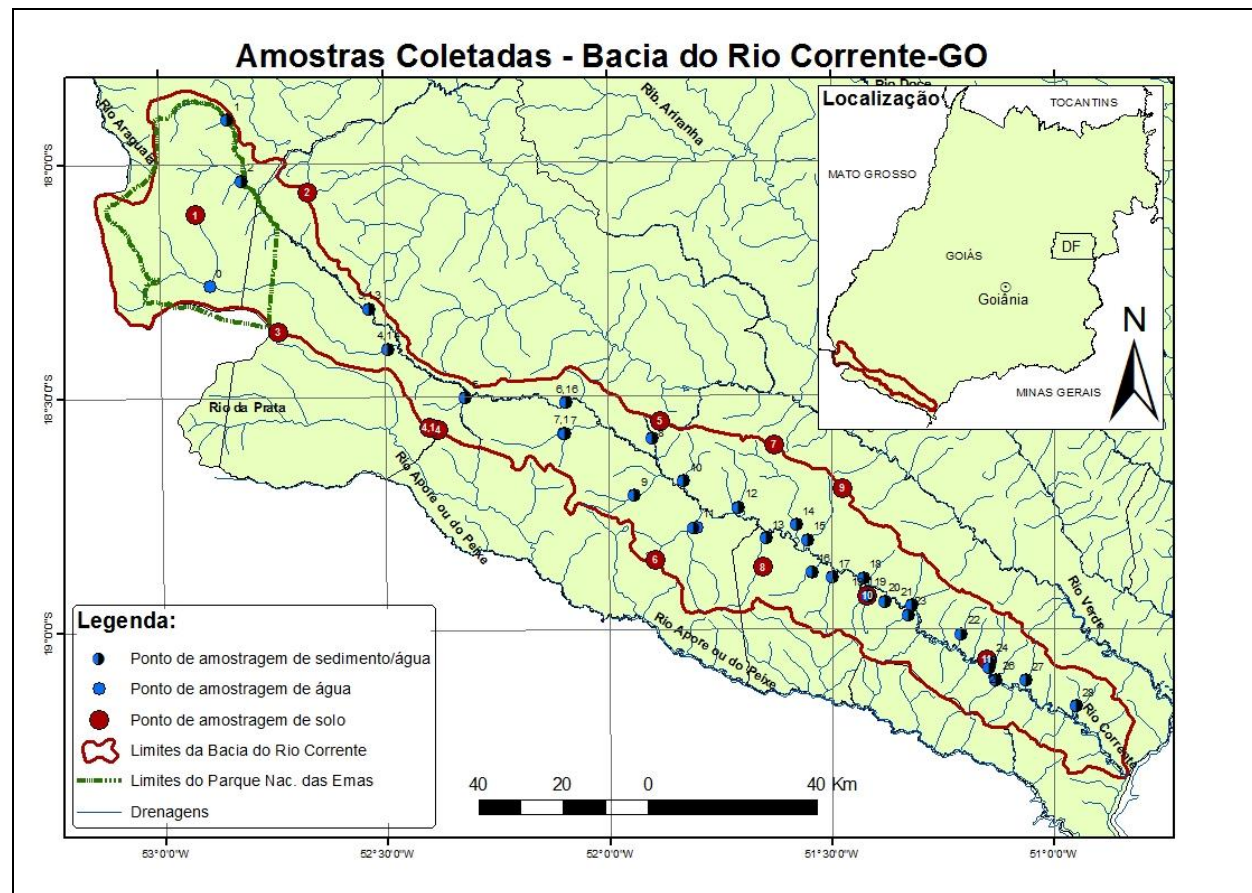
Foram utilizadas bases cartográficas georreferenciadas e os mapas de planejamento dos pontos para coleta das amostras na escala 1:100.000. Os pontos de cadastramento e coleta de amostra foram planejados levando-se em consideração as seguintes orientações:

- Para o planejamento dos locais de cadastramento e coleta das amostras de água superficial e de sedimentos de corrente, foi utilizado como unidade de trabalho as bacias hidrográficas com 150 a 200km² de área.
- As amostras de água superficial e de sedimentos de corrente foram coletadas em um mesmo ponto.
- As amostras de solo foram coletadas, aproximadamente na parte central das Folhas 1:50.000, procurando-se amostrar o tipo de solo mais representativo em cada Folha.

2.2.2. METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS

O trabalho de coleta de amostras foi realizado no período de março e abril de 2012, sendo coletadas no total 79 amostras entre água, sedimento e solo. Todos os locais de coleta das amostras foram georreferenciados com GPS. As amostras e os locais de coleta foram fotografados e descritos na caderneta geoquímica de campo, acompanhados de observações sobre: a) degradação da área ao entorno do local de amostragem; b) presença de fontes de poluição e/ou de contaminação (indústrias, lixões, refinarias, lançamento de esgotos domésticos, áreas de agricultura e criação de animais etc.); c) utilização das águas (se para consumo humano, irrigação, dessedentação de animais etc.).As amostras coletadas foram distribuídas conforme representado na Fig. 2.

Figura 2 - Distribuição das amostras coletadas na bacia do rio Corrente



Fonte: o autor

Os pontos de amostragem são descritos nas tabelas a seguir (Tabela 3 e 4).

Tabela 3 - Descrição dos pontos de amostragem de água e sedimentos

Amostra	UTM_E	UTM_N	DESCRICAÇÃO PONTO DE COLETA	PH	Conduct.	O.D.	Temp.
0	300339	7979890	Rio Formoso. Cerrado dentro do PNE.	5,08	2,170	6,73	23,6
1	304440	8019336	Rio Jacuba. Terras agrícolas, pastagem, limites do PNE.	5,71	-	-	26,7
2	307775	8004827	Rio Jacuba. Cerrado. Limites do PNE	4,7	5,950	0,37	23,9
3	337829	7974708	Rio Jacuba. Terras agrícolas, pastagem.	4,6	4,170	6,71	26,4
3.1	337829	7974708	DUPLICATA	4,6	4,170	6,71	26,4
4	342315	7965124	Rio Formoso. Cultivo de milho na margem direita e pastagem na esquerda.	4,57	4,800	6,45	25,6
4.1	342334	7965127	Rio Formoso. Terras agrícolas, pastagem.	4,97	5,330	0,2	24,8
5	360765	7953619	Córrego Galheiros. Veredas e Cerrado. Preparação para plantio de cana na margem esquerda.	4,55	6,79	6,470	24
6	384413	7952619	RIO CORRENTE. Terras agrícolas, pastagem.	5,32	4,150	2,25	26,7
6.1	384463	7952647	RIO CORRENTE. Terras agrícolas, pastagem.	4,94	5,150	0,27	26,5
7	384129	7945268	Ribeirão Cachoeira. Terras agrícolas, pastagem.	4,94	8,850	0,37	25,8
7.1	384054	7945197	Córrego Cachoeira. Terras agrícolas, pastagem	4,88	7,430	6,01	25
8	404783	7944238	Córrego Campo Alegre. Faixa de mata de galeria fragmentada por cultivos de cana e banana	4,97	10,79	3,6	25,4
9	400738	7930616	Córrego São Domingos. Barragem à Jusante no Rio Corrente (mais ou menos 10km, ESPORA ENERGÉTICA), predomínio de cerrado e veredas.	4,8	7,190	5,52	23,9
10	412373	7934042	Córrego Lajeado. Área com veredas fragmentadas por pastagens. Silvicultura a montante e soja a jusante	5,4	13,01	3,08	26,9
11	415598	7923045	Córrego Jataizinho. Mata de Galeria	5,13	31,16	6,34	24,2
12	425402	7927806	Córrego Contenda. Mata de galeria e pastagem	5,32	45,38	3,26	25,8

13	431918	7920556	Ribeirão Grande. Mata de Galeria.	5,65	68,34	1,56	25
14	439032	7923724	Ribeirão Frio (Ariranha). Terras agrícolas, pastagem.	5,25	31,48	3,01	26,1
15	441702	7920155	Córrego Sucurizinho. Mata ripária, veredas e pastagem.	5,55	39,58	5,51	26,2
16	442754	7912528	Ribeirão Areias. Mata de Galeria	5,72	41,42	1,53	24,8
17	447437	7911317	Ribeirão Saquitel. Mata de Galeria e vegetação inundada/veredas	5,58	50,49	1,44	25,4
18	454870	7911154	Córrego Lajeado - Taboca. Vegetação de Mata de Galeria e Campos Alagados de Veredas.	5,59	48,3	1,9	24,5
19	455920	7906958	Córrego Cachoeira. Mata de Galeria e Veredas.	5,32	46,79	1,74	24,8
19.1	455920	7906958	DUPLICATA	5,32	46,79	1,74	24,8
20	459925	7905642	RIO CORRENTE. Terras agrícolas, pastagem. Mata ciliar não preservada	5,52	20,22	0,58	29,2
21	466299	7904615	Terras agrícolas, pastagem	5,5	84,25	0,14	26,5
22	478027	7897959	Córrego Canga. Pastagem sendo convertida em área de plantio de cana, (preparação do solo)	5,46	82,41	0,28	27
23	465513	7902415	Córrego Morro Redondo. Terras agrícolas, pastagem.	5,52	59,39	0,55	26,3
24	484812	7891301	Margem esquerda: Canavial, margem direita: Pastagem; Solo Arenoso	5,15	47,23	2,56	26,6
25	484454	7889937	RIO CORRENTE. Terras agrícolas, pastagem. Pastagem e silvicultura na margem direita, canavial na margem esquerda	5,74	22,61	1,05	29,7
26	486267	7887083	Córrego da Canastra. Terras agrícolas, pastagem	5,26	41,1	0,87	26
27	493205	7886887	Mata ciliar com ripárias e veredas	5,39	58,52	0,62	26,1
28	505079	7880794	Veredas e mata ciliar fragmentadas por pastagens, solo arenoso. Veredas nas drenagens a montante	5,27	62,45	0,65	25,6

Tabela 4 - Descrição dos pontos de amostragem de solo

Amostra	UTM_E	UTM_N	Descrição
1	296894	7996690	PQ NAC DAS EMAS, área preservada, Cerrado.
2	323423	8002195	Área preservada próxima a áreas agrícolas / pastagem
3	316513	7969135	CHAPADAO DO CÉU, área preservada próxima a agricultura de soja
4	354380	7945976	CHAPADAO DO CÉU, fragmento de cerrado em meio a agricultura de milho e soja
4.1	352263	7946479	CHAPADAO DO CÉU, área preservada próxima a áreas agrícolas / pastagem
5	406663	7948209	Área preservada próxima a áreas agrícolas / pastagem
6	405698	7915367	Área preservada, mata
7	433669	7942577	ITARUMÃ, área preservada próxima a áreas agrícolas / pastagem
8	431022	7913637	Área preservada, mata
9	449887	7932200	Área preservada próxima a áreas agrícolas / pastagem
10	455591	7906951	Área preservada próxima a áreas agrícolas / pastagem
11	484049	7891878	Área preservada próxima a áreas agrícolas / pastagem

2.2.2.1 METODOLOGIA DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

Foram coletadas no total 34 amostras de água sendo que 5 em duplicata para controle e teste de resultados do laboratório. O procedimento de coleta dessas amostras é descrito a seguir:

- em cada local de coleta foram medidos os parâmetros físico-químicos da água (pH, OD, condutividade e temperatura), utilizando um aparelho multimedidor Oakton WP 600; em alguns pontos, tal medição não foi possível devido a falhas técnicas do aparelho.
- em cada ponto de amostragem foram coletadas duas alíquotas, uma para análise dos cátions por ICP-OES e outra para análise dos ânions por cromatografia iônica, utilizando-se tubos para centrífuga de 50 ml, seringas sem agulha e unidades filtrantes de 0,45µm;
- antes da coleta, adotou-se como procedimento efetuar a identificação do tubo com o número da amostra e antes da coleta lava-los com a água do ponto de amostragem;

- A coleta foi feita seguindo os seguintes passos:
 - a) utilizando uma seringa foi extraído água do rio, em seguida a mesma foi acoplada a uma unidade filtrante e procedeu-se a filtração da água da seringa passando-a para o tubo até o volume de 50 ml (Figura 3);

Figura 3 - Procedimento de coleta de amostra de água



Fonte: o autor

- b) para análise de cátions, acrescentou-se 10 gotas de HNO_3 , para preservação da amostra, mantendo o $\text{pH} < 2$ (Figura 4);
- c) na identificação da amostra foi escrito o número da amostra no corpo e na tampa do tubo; após o fechamento, foi vedado com fita vermelha para análise dos cátions (aquele em que se adicionou as gotas de HNO_3) e com fita amarela o tubo para análise dos ânions (sem ácido);

- d) os dois tubos foram mantidos refrigerados até o momento da análise. Para isto, durante as atividades no campo, as amostras foram mantidas em caixa de isopor contendo bolsas térmicas com gel congelado.

Foi ainda produzida uma amostra “branco” (amostras com água deionizada para teste e controle dos resultados do laboratório) no campo, para cada lote de amostra.

Figura 4 - Acidificação da amostra de água para análise de cátions



Fonte: o autor

2.2.2.2 METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS DE CORRENTE

Foram coletadas no total 33 amostras de sedimento sendo que 5 em duplicata para controle e teste de resultados do laboratório. O procedimento de coleta dessas amostras é descrito a seguir:

- as amostras foram coletadas na calha da drenagem, na zona de deposição de finos (locais de baixa energia hidráulica) (Figura 5);
- cada amostra foi coletada de forma composta, isto é, coletada 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 5 - Procedimento de amostragem de sedimento de corrente



Fonte: o autor.

2.2.2.3 METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLOS

Foram coletadas 12 amostras de solo, sendo uma em duplicata para controle e teste de resultado de laboratório. O procedimento de coleta dessas amostras é descrito a seguir:

- as amostras foram coletadas com auxílio de ferramentas (cavadeira, martelo geológico) preferencialmente em áreas mais preservadas (Figura 6);

Figura 6 - Procedimento de amostragem de solo



Fonte: o autor

- a profundidade de coleta variou entre 5 e 30cm, no horizonte B;
- as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados sequencialmente e devidamente lacrados;

2.3. TRABALHO DE LABORATÓRIO

As amostras de água foram encaminhadas no mês de maio de 2012 para dois laboratórios distintos. As amostras de cátions foram encaminhados para o laboratório da SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA na cidade de Vespasiano-MG para análises por meio do método ICP-OES. As amostras de ânions foram encaminhadas para o laboratório CETAN – Centro Tecnológico de Análises LTDA, em Vitória-ES, para análises por meio do método de Cromatografia de íons. Amostras de sedimentos e solos também foram encaminhadas ao laboratório SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA para análises por meio do método ICP-MS.

Análise das amostras de sedimentos e solos

No laboratório, as amostras foram secas em estufa a 40oC, homogeneizadas e peneiradas para separação da fração granulométrica menor do que 177 µm, correspondendo às frações areia fina a argila muito fina. Depois, foram pulverizadas em moinho Bico INC., Burbank Calif, com discos de porcelana, à granulometria menor do que 105 µm, para que a amostra fique com superfície específica maior para análise química.

Pesou-se 1 g de amostra, que foi digerida com 4 mL de água régia (HNO₃/HCl 1:3) a quente. Completou-se o volume da solução a 20 mL, e após agitação e centrifugação, o sobrenadante foi filtrado.

As amostras foram analisadas por espectrometria de massa com fonte de plasma acoplado (ICP/MS), modelo PerkinElmer).

Análise das amostras de água

Os cátions das amostras de água foram analisadas por espectrometria de massa com fonte de plasma acoplado (ICP/MS, modelo PerkinElmer) e os ânions, por cromatografia de íons (Dionex ICS-900). Os cátions foram analisados no Laboratório SGSGeosol, em Vespasiano, Minas Gerais e os ânions, no Centro Tecnológico de Análises-CETAN, em Vitória, no Espírito Santo..

2.4 TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS

Os dados adquiridos por meio das análises químicas realizadas foram organizados em planilhas do Excel, com a indicação dos valores de referência estipulados pela legislação brasileira e destaque dos resultados acima dos estipulados pela legislação. No mesmo *software* foram calculados os sumários estatísticos e o índice de geoacumulação (Igeo). Matrizes de correlação, produzidas por meio do *software Statistic 12*, também foram utilizadas para a interpretação dos dados.

Tendo em vista que predomina como uso de solo na bacia do rio Corrente atividades agrosilvopastoris, é dada atenção na distribuição geoquímica da área aos elementos presentes nos fertilizantes e agroquímicos (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Co, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, U, V, Zn).

2.4.1 - ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO

O Igeo é utilizado para diferenciar entre a origem dos elementos devido a processos naturais daquela das atividades humanas, indicando assim o grau de influência da ação antropogênica no meio.

O índice de geoacumulação (Igeo) também utilizado por Laybauer (1995), Moreira et al (2003), Borges (2009) e Moreira (2010) é uma medida quantitativa da poluição causada por metais no ambiente. Este índice estabelece a relação entre os teores de metais nos sedimentos estudados e um valor referencial de média mundial para metais associados a sedimentos argilosos (folhelho padrão), definidos por Turekian e Wedepohl (1961).

O Igeo foi determinado pela primeira vez por meio da equação de Müller (1979):

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1,5 B_n} \right)$$

Onde C_n é a concentração do elemento na fração pelítica do sedimento e B_n é o valor de *background* geoquímico para o folhelho padrão e o fator 1,5 é usado para corrigir variações no *background* devido a efeitos litogênicos.

Este índice permite classificar os níveis de enriquecimento em sete classes de intensidades progressivas de contaminação, expressas na Tabela 5.

Tabela 5 - Índice de geoacumulação (Igeo) de metais pesados no solo/sedimento

Intensidade de poluição	Acúmulo no solo/sedimento (I_{geo})	Classe I_{geo}
Muito fortemente poluído	>5	6
Forte a muito fortemente poluído	4-5	5
Fortemente poluído	3-4	4
Moderado a fortemente poluído	2-3	3
Moderadamente poluído	1-2	2
Pouco a moderadamente poluído	0-1	1
Praticamente não poluído	<0	0

Fonte: Modificado de Müller (1979).

O índice de geoacumulação foi empregado para avaliação da intensidade da contaminação do sedimento ou solo, possuindo como valor de referência mundial os metais associados ao folhelho padrão, e como referência local as amostras de sedimento 1 e solo 1, que correspondem as amostras na área mais preservada da área de estudo, dentro dos limites do PNE.

Os valores referenciais de média mundial para metais associados a sedimentos argilosos (folhelho padrão), definidos por Turekian e Wedepohl (1961), utilizados neste estudo para o cálculo dos Índices de Geoacumulação dos sedimentos, estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores referenciais de média mundial para os metais associados ao folhelho padrão

Metal	Concentração (µg/g)	Metal	Concentração (µg/g)
Arsênio (As)	13,0	Ferro (Fe)	47.200,0
Cádmio (Cd)	0,3	Manganês (Mn)	850,0
Chumbo (Pb)	20,0	Níquel (Ni)	68,0
Cobre (Cu)	45,0	Zinco (Zn)	95,0
Cromo (Cr)	90,0		

Fonte: Turekian e Wedepohl (1961)

2.4.2 BACKGROUND

A concentração de *background* pode ser determinada de maneiras diferentes. Alguns autores utilizam concentrações já determinadas na região de estudo disponíveis na literatura (YONGMING et al., 2005). Porém, não há na literatura dados para serem utilizados no trabalho em questão. Outros autores lançam mão da concentração mínima determinada no estudo (Moraes, 2010) e outros usam a concentração da amostra que corresponde à área mais preservada da região de estudo que não se encontravam contaminadas (Borges, 2009).

No tratamento dos dados, foram desconsiderados os resultados cujos valores ficaram abaixo do limite de detecção do método de análise.

2.4.3 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO

O grau de relacionamento entre duas variáveis é chamado de coeficiente de correlação. A correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas. O coeficiente de correlação de Pearson é um método, entre outros, capaz de avaliar a existência de correlação linear entre duas variáveis X e Y. A partir desses dados são construídas as matrizes de correlação, que fornecem o grau de relação entre as variáveis dependentes e independentes, exibindo informações básicas sobre a natureza da população abordada. Cada termo desta matriz contém o coeficiente de correlação entre duas variáveis, que pode variar de -1 até 1 (Magalhães & Lima, 2002; Moore, 2007).

CAPITULO 3

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

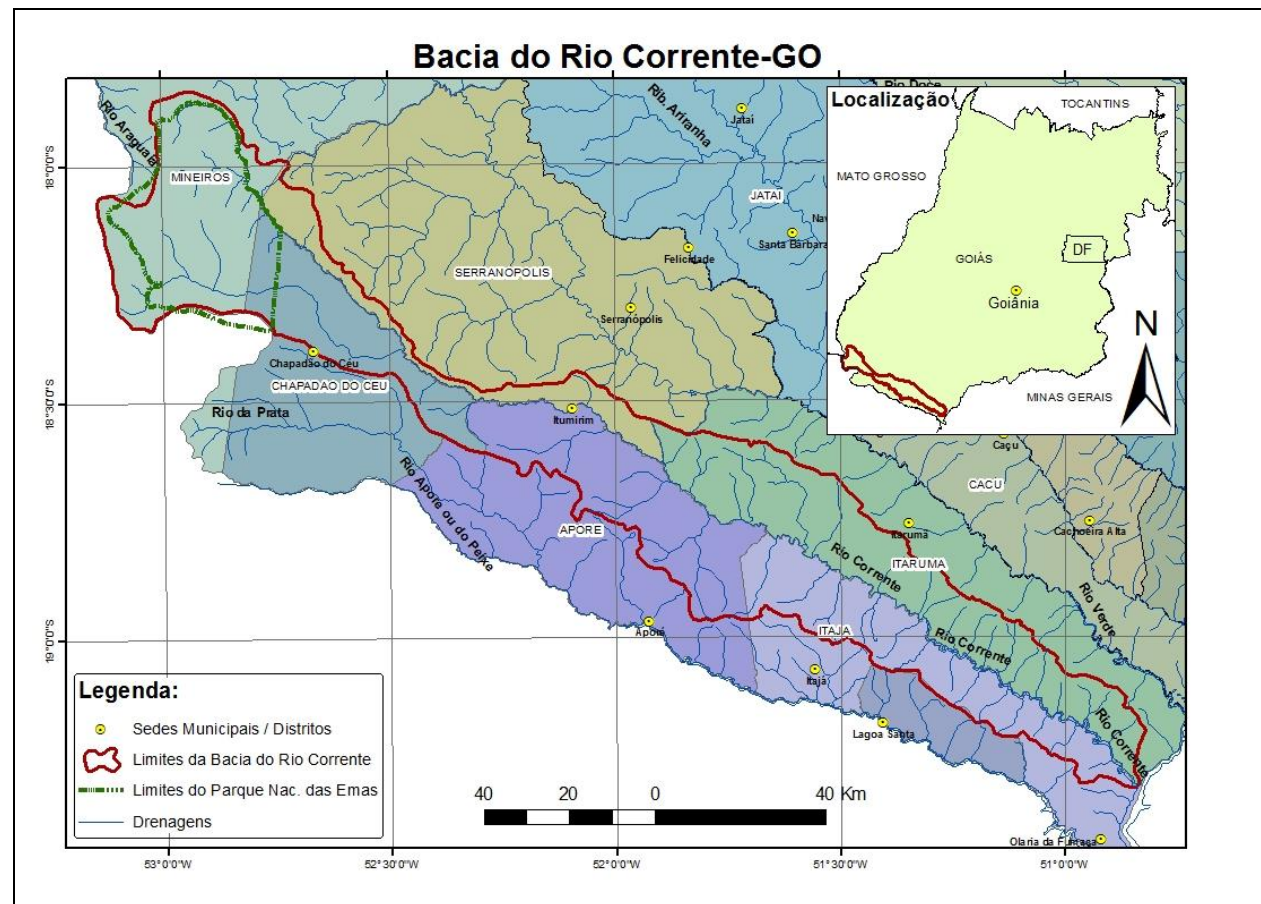
A bacia do rio Corrente localiza-se no Sudoeste Goiano e drena áreas onde predomina a agricultura como principal uso do solo. Em sua seção superior, drena áreas úmidas relativamente bem preservadas, e à jusante drena áreas mais fragmentadas e com um uso do solo mais intenso pela agricultura e pecuária. A bacia do rio Corrente abrange uma área de 7.190,235 km², integra a bacia do rio Paranaíba que por sua vez pertence à bacia do rio Paraná (Figura 7).

Os rios Formoso e Jacuba, que nascem no Parque Nacional das Emas – PNE, são os principais formadores do rio Corrente. A priori, dentro dos limites da Unidade de Conservação, encontram-se parcialmente protegidos da ocupação mais agressiva de suas margens. Entretanto, logo abaixo dos limites do PNE, os mesmos são submetidos a ações de degradação, com destaque para fragmentação de suas matas ciliares.

O PNE, Patrimônio Natural da Humanidade - UNESCO, é mundialmente reconhecido por conservar a biodiversidade típica do Cerrado. No entanto, seus pouco mais de 130.000 hectares estão situados em uma das regiões de maior produção agrícola e pecuária do Brasil (IBAMA, 2008, p.3). De acordo com o levantamento do IBAMA (2008), “o PNE sofre com problemas relacionados ao manejo inadequado do solo em seu entorno, o que vem assoreando os rios Formoso, Jacuba, Taquari, Babilônia e Araguaia” (p. 5).

Segundo dados do IBGE (2010), os municípios abrangidos pela bacia do rio Corrente contam com uma população de 82.582 habitantes sendo assim distribuídos: Mineiros 52.935; Serranópolis 7.481, Chapadão do Céu 7.001; Itarumã 6.300; Itajá 5.062; Apore 3803.

Figura 7 - Mapa de localização da bacia do rio Corrente



GEOLOGIA

As unidades geológicas representativas da bacia do rio Corrente são de idade Meso-Cenozóica e pertencentes à Unidade Geotectônica de Coberturas Sedimentares Fanerozóicas da bacia do Paraná. Em ordem cronológica, serão apresentadas a seguir, as características de cada unidade conforme descritas no Mapa Geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal (MOREIRA et al., 2008) (Figura 8):

K2m - Grupo Bauru, Formação Marília

Nas extremidades da bacia, sustentando o topo dos interflúvios, nas porções centrais dos municípios de Itarumã e Itajá, bem como no leste do município de Aporé, está situada a Formação Marília – Grupo Bauru. Trata-se de uma formação da Era Mesozóica, do Período Cretáceo Superior.

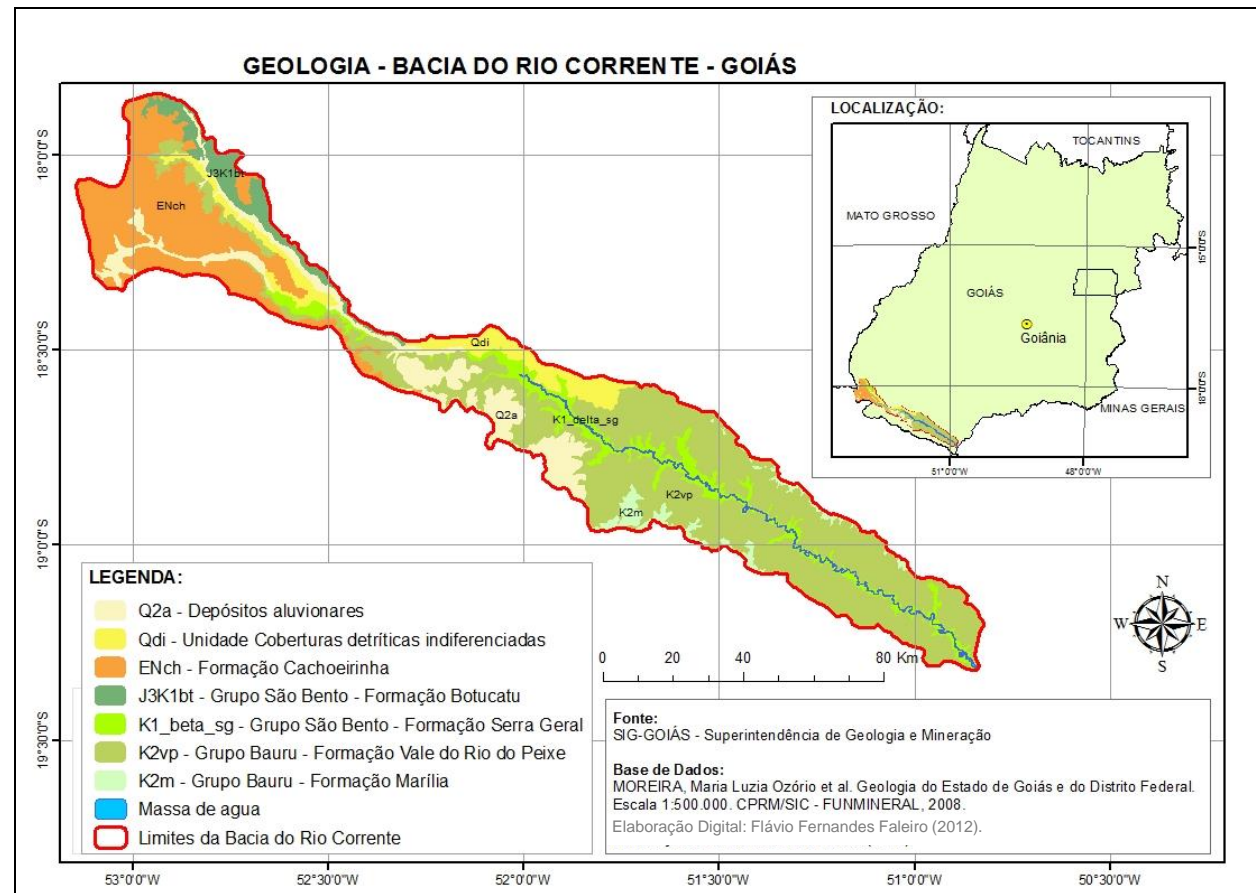
A Formação Marília é composta por arenitos vermelhos, finos a grossos, mal selecionados, cimentados por sílica amorfa, bem como arenitos argilosos, siltitos e lamitos. Apresenta níveis conglomeráticos com cimentação e concreções carbonáticas e lentes de sillexito e brechas conglomeráticas de calcários.

K2vp- Grupo Bauru, Formação Vale do Rio do Peixe

A Formação Vale do Rio do Peixe, também do Período Cretáceo Superior, com características litológicas e sedimentares de ambiente flúvio-lacustre, ocupa a maior parte da bacia do rio Corrente, distribuindo-se às margens do Rio Corrente, desde sua nascentes até sua foz, destacando-se as porções mais extensas que situam-se no sul de Itarumã e no norte de Itajá, ocupando quase que a totalidade da bacia nesses municípios.

A litologia é composta por estratos de arenitos cinza-claros, bege ou róseos, maciços, finos a muito finos, com grãos de quartzo geralmente cimentados por sílica e calcita, intercalados por lentes de arenitos conglomeráticos e siltitos areno-argilosos creme arroxeados e rosados, apresentando também bolas de argila em toda sequência.

Figura 8 - Mapa da geologia da bacia do rio Corrente



K1_beta_sg - Grupo São Bento, Formação Serra Geral

Nas porções mais centrais da bacia, na foz do rio Formoso e à jusante em faixas lineares no leito do rio Corrente, ocorre a Formação Serra Geral, com predominância litológica de basaltos, basalto-andesito, riolito, riolacito, de idade Mesozóica, do Período Cretáceo Inferior.

J3K1bt - Grupo São Bento, Formação Botucatu

Na alta bacia do rio Corrente, ocupando toda a margem esquerda do Rio Jacuba até sua foz com o rio Corrente e mais cerca de 10 km a jusante, nas extremidades do limite NW da bacia nos municípios de Mineiros e Serranópolis, situa-se a Formação Botucatu – formação do Período Jurássico Superior, com predomínio litológico de arenitos vermelhos, finos a médios.

ENch - Formação Cachoeirinha

Na alta bacia do rio Corrente, nos interflúvios dos seus principais afluentes, os rios Jacuba e Formoso, abrangendo os limites do Parque Nacional das Emas e os municípios de Mineiros e Chapadão do Céu, ocorre a Formação Cachoeirinha, de idade Cenozóica, Período Paleogeno, Época Paleoceno. Argilitos, arenitos, depósitos de areia e conglomerados são os litotipos predominantes dessa formação sedimentar.

Qdi - Coberturas detríticas indiferenciadas

Coberturas detríticas indiferenciadas do Período Neogeno, Época Pleistoceno abrangem a margem direita do rio Jacuba, bem como a margem esquerda do rio Corrente nas porções sudeste do município de Serranópolis e oeste de Itarumã. Essa unidade apresenta espessura máxima inferior a 3 m com presença de depósitos de areia, siltes, argilas e cascalhos eventuais cimentados por óxi-hidróxidos de ferro.

Q2a - Depósitos Aluvionares

Depósitos aluvionares de areia, cascalho, silte e argila também do Período Neogeno, Época Holoceno, distribuem-se principalmente ao longo dos rios Formoso e Jacuba, bem como um pouco mais à jusante depois da confluência dos mesmos no rio Corrente em porções do Noroeste e Norte do município de Aporé.

3.3 GEOMORFOLOGIA

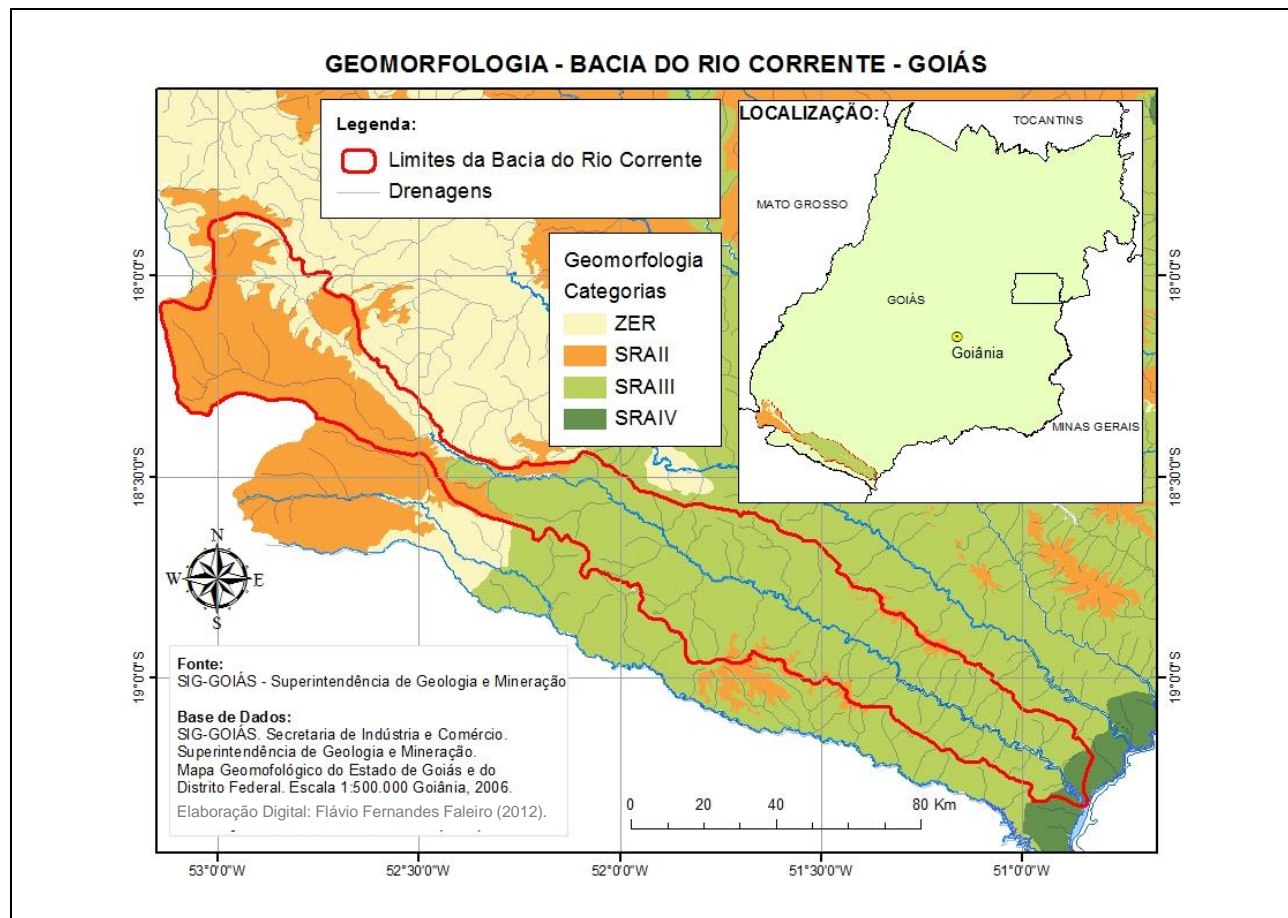
Áreas classificadas no mapeamento geomorfológico do estado de Goiás (GOIÁS, 2005) como Superfície Regional de Aplainamento IIB e IIIB, associadas a Relevos Tabulares na bacia do Paraná, abrangem a maior parte da bacia do rio Corrente (Figura 9).

Nas porções superiores da bacia do rio Corrente predominam altitudes médias entre 700 e 900 m, abrangendo as cabeceiras do rio Corrente e o rio Jacuba que é o seu principal afluente, os municípios de Mineiros e Chapadão do Céu, noroeste de Aporé e os limites sul de Serranópolis. Tal área está classificada no mapeamento geomorfológico como Superfície Regional de Aplainamento IIB, com cotas entre 800 e 1000 m, com dissecação muito fraca e fraca – SRAIIB-RT(mfr) e SRAIIB-RT(fr).

Nas porções mais centrais da bacia predominam altitudes de 500 a 700 m, abrangendo o nordeste de Aporé, sudoeste de Itarumã e noroeste de Itajá. Esta área está classificada como Superfície Regional de Aplainamento, com cotas entre 650 e 750 m, com dissecação fraca – SRAIIIB-RT(fr)

Nas porções mais sudeste da bacia abrangendo a maioria dos municípios de Itarumã e Itajá está a Superfície Regional de Aplainamento IIIB com cotas entre 650 e 750m, com dissecação média – SRAIIIB-RT(m).

Figura 9 - Mapa da geomorfologia da bacia do rio Corrente

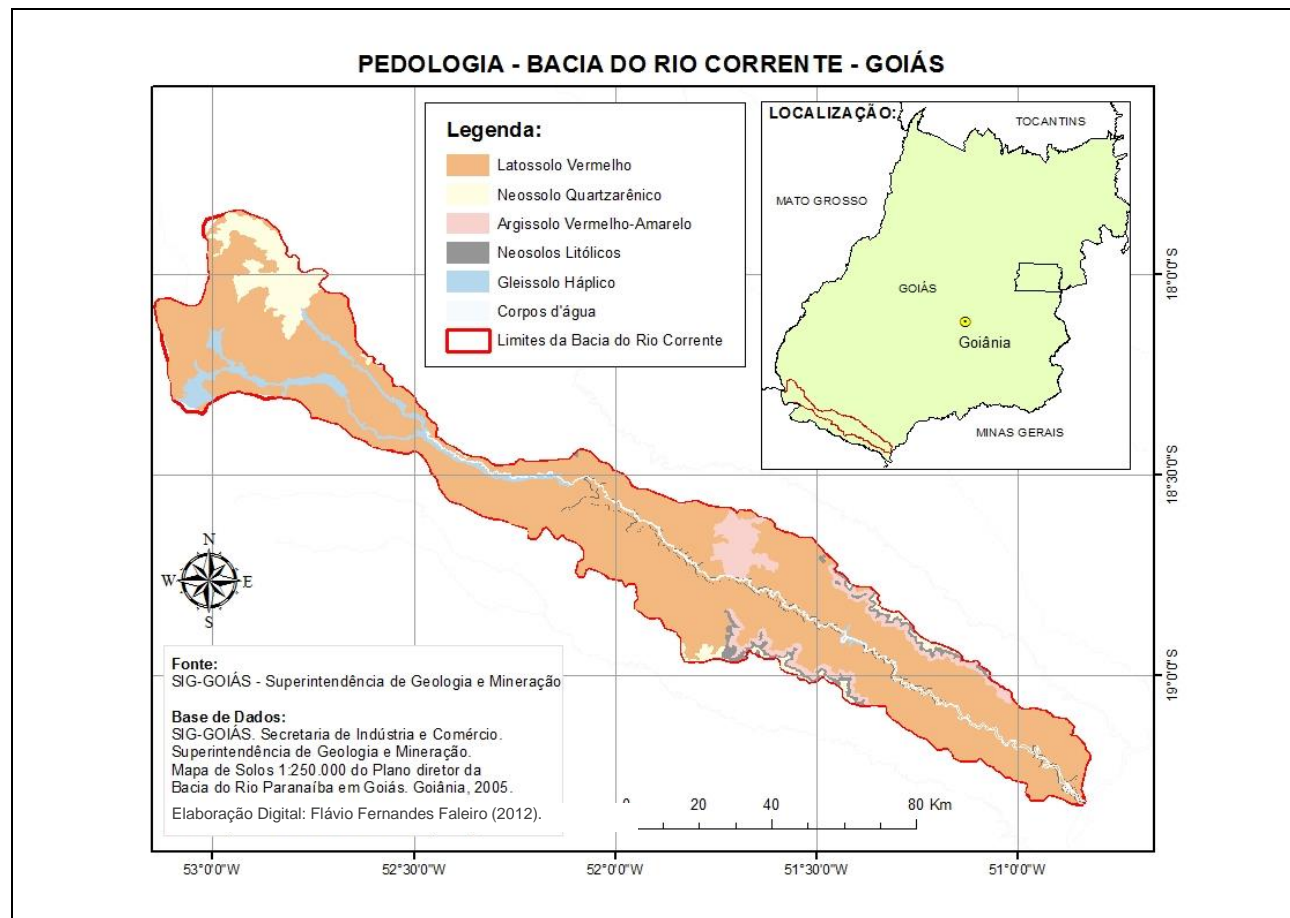


3.4 PEDOLOGIA

De acordo com o mapa de solos 1:250.000 do Plano Diretor da bacia do rio Paranaíba (GOIÁS, 2005b), adaptado de acordo com o quadro de Correlação entre as subordens do Sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS) e a classificação utilizada anteriormente (IBGE, 2007), predomina na área de estudo os Latossolos Vermelhos (Figura 10) distribuindo-se ao longo da bacia em associações com as seguintes características:

- ♣ Associação de Latossolo Vermelho + Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos distróficos, horizonte A moderado, textura média relevo plano e suave ondulado;
- ♣ Associação de Latossolo Vermelho + Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos textura média + Neossolos Quartzarênico, todos distróficos, horizonte A moderado relevo plano e suave ondulado;
- ♣ Associação de Latossolo Vermelho álico ou distrófico textura média + Neossolos Quartzarênico álicos, ambos relevo plano e suave ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelo distrófico, também, textura média ou arenosa/média relevo suave ondulado, todos horizonte A moderado;
- ♣ Associação de Latossolo Vermelho álico relevo plano e suave ondulado + Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, tb, relevo suave ondulado, ambos de horizonte A moderado textura média;
- ♣ Associação de Latossolo Vermelho distrófico ou álico textura muito argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura muito argilosa ou argilosa, ambos de horizonte A moderado relevo plano e suave ondulado
- ♣ Associação de Latossolo Vermelho textura média + Neossolos Quartzarênico, ambos álicos, horizonte A moderado relevo plano e suave ondulado
- ♣ Associação de Latossolo Vermelho textura média + Neossolos Quartzarênico, ambos distróficos, horizonte A moderado relevo plano e suave ondulado;
- ♣ Latossolo Vermelho álico, horizonte A moderado textura média relevo plano e suave ondulado;

Figura 10 - Mapa de solos na bacia do rio Corrente



Dentre as outras classes de solos menos representativas na bacia estão: Associação de Neossolos Quartzarênico + Argissolo Vermelho-Amarelo, predominantemente na alta bacia do rio Jacuba, dentro dos limites do PNE; associações de Argissolo Vermelho-Amarelo; associações de solos Neossolos Litótico e associações de Gleissolos Háptico.

3.5 Uso DO SOLO

Baseado na classificação da imagem Landsat TM5 (2011), constataram-se as seguintes classes de uso de solo na bacia do rio Corrente (Figura 11): Pastagem, Agricultura e Áreas Preservadas. A Pastagem (Figura 12) é a classe que mais se destaca, predomina em 49,66% da bacia, principalmente no baixo e médio curso do rio Corrente. A classe Agricultura (Figuras 13 e 14) predomina em 32,55% da área, distribuída ao longo da bacia, intercalado com áreas de pastagem, na alta bacia margeando os limites do PNE e a jusante nas margens do Rio Formoso e Jacuba. Áreas preservadas com vegetação (Figura 15) estão presentes em 17,69% da bacia, com destaque para o alto curso onde está situado o PNE.

Figura 11 - Mapa de uso do solo na bacia do rio Corrente

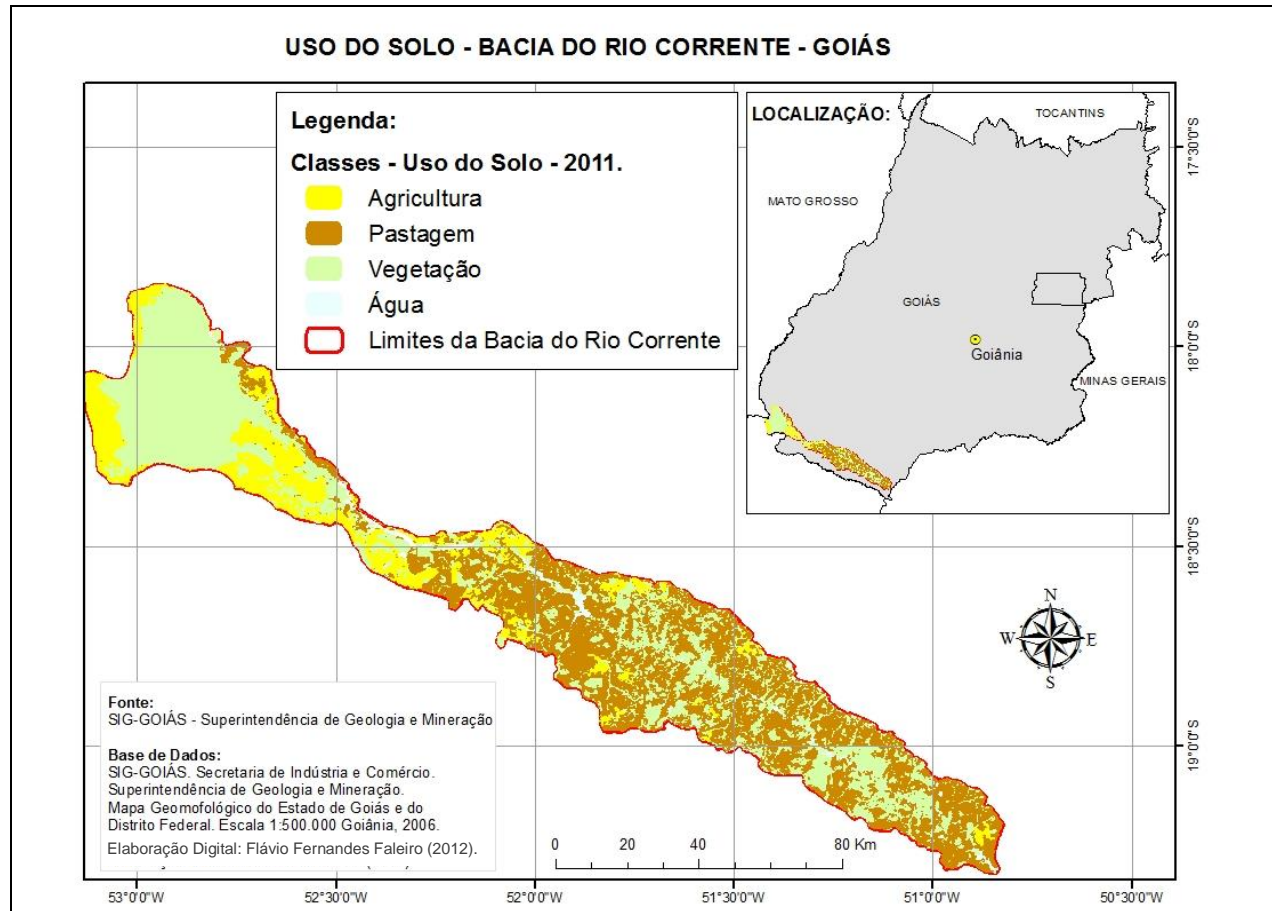


Figura 12 - Pastagem na bacia do rio Corrente



Fonte: o autor

Figura 13 - Emas em lavoura de milho na bacia do rio Corrente



Fonte: o autor

Figura 14 - Área sendo preparada para plantio na bacia do rio Corrente



Fonte: o autor

Figura 15 - Vegetação preservada, rio Jacuba, afluente do rio Corrente



Fonte: o autor

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados e discutidos neste capítulo, os dados das análises químicas dos pontos de coleta de água, sedimento e solo amostrados na bacia do rio Corrente, bem como os índices de geoacumulação e as matrizes de correlação calculadas.

Os resultados das análises químicas foram organizados em tabelas, apresentadas neste capítulo, com a indicação da respectiva referência de qualidade estipulada pela legislação brasileira (Portaria do Ministério da Saúde – MS e Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA). Os resultados acima dos estipulados pela legislação específica foram destacados na tabela pela inclusão da marcação (*) e discutidos posteriormente. Resultados abaixo do limite de detecção do equipamento foram apresentados com o símbolo (-).

4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA

A partir dos resultados analíticos de água obtidos, foi elaborada a tabela contendo o sumário estatístico das amostras de água, para cátions e ânions (Tabela 7). Para elaboração do sumário estatístico das amostras de água, foram considerados somente os elementos que apresentaram resultados acima dos limites de detecção do equipamento analítico.

Os resultados das análises químicas das amostras de água podem ser observados na Tabela a seguir (Tabela 8).

Tabela 7 - Sumário estatístico para resultados analíticos de água (mg/l)

Cátions				
Elemento	X	Mín	Máx	S
Al	0,069	0,007	0,358	0,090
B	0,048	0,010	0,120	0,037
Ba	0,033	0,006	0,091	0,022
Ca	4,136	0,110	11,300	3,368
Cr	0,004	0,003	0,005	0,001
Cu	0,005	0,002	0,008	0,003
Fe	0,467	0,103	0,911	0,238
K	1,151	0,065	3,510	0,930
Li	0,001	0,001	0,002	0,000
Mg	0,964	0,050	3,500	0,921
Mn	0,016	0,010	0,040	0,008
Na	0,468	0,060	1,920	0,355
Ni	0,020	0,020	0,020	0,000
Pb	0,007	0,002	0,026	0,008
Sb	0,008	0,002	0,021	0,006
Si	6,567	1,760	15,200	2,895
Sn	0,023	0,010	0,050	0,009
Sr	0,020	0,010	0,040	0,009
Ti	0,009	0,005	0,025	0,005
Zn	0,026	0,010	0,080	0,025
Ânions				
Fluoreto	0,043	0,030	0,060	0,015
Cloreto	0,945	0,120	3,300	0,827
Nitrato	0,197	0,020	0,850	0,195
Fosfato	0,080	0,050	0,110	0,042
Sulfato	0,358	0,050	1,020	0,340

X = Média Aritmética; Mín = Valor Mínimo; Máx = Valor Máximo; S = Desvio Padrão.

Tabela 8 - Resultados das análises de água (mg/l)

		Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr
AMOSTRAS	0	0,081	-	-	0,01	-	0,11	-	0,01	-
	1	-	-	-	0,01	-	0,31	-	-	-
	2	-	-	-	0,011	-	0,29	-	-	-
	3	-	-	0,01	0,014	-	0,59	-	-	-
	3.1	-	-	0,01	0,021	-	2,27	-	-	-
	4	-	-	0,01	0,009	-	0,24	-	-	-
	4.1	-	-	-	0,006	-	0,29	-	-	-
	5	-	-	0,03	0,017	-	0,36	-	-	0,003
	6	0,014	-	-	0,011	-	1,28	-	-	-
	6.1	-	-	-	0,012	-	0,5	-	-	0,005
	7	0,02	-	-	0,013	-	0,91	-	-	-
	7.1	-	-	0,02	0,021	-	1,25	-	-	0,005
	8	0,057	-	-	0,02	-	3,7	-	-	-
	9	-	-	-	0,012	-	1,84	-	-	-
	10	-	-	-	0,016	-	2,02	-	-	-
	11	0,007	-	-	0,021	-	4,77	-	-	-
	12	0,139*	-	-	0,031	-	6,5	-	-	-
	13	0,103*	-	-	0,037	-	11	-	-	-
	14	0,358*	-	-	0,028	-	4,07	-	-	-
	15	0,03	-	-	0,043	-	5,34	-	-	-
	16	0,119*	-	-	0,042	-	6,26	-	-	-
	17	0,015	-	0,06	0,046	-	6,12	-	-	-
	18	0,044	-	-	0,045	-	8,48	-	-	-
	19	0,021	-	-	0,041	-	6,42	-	-	-
	19.1	-	-	0,04	0,04	-	6,07	-	-	-
	20	-	-	0,04	0,044	-	2,32	-	-	0,004
	21	-	-	-	0,046	-	11,3	-	-	-
	22	-	-	0,12*	0,06	-	8,7	-	-	-
23	-	-	0,07	0,055	-	7,59	-	-	-	
24	0,013	-	0,08	0,076	-	9	0,003*	-	-	
25	0,021	-	0,03	0,044	-	2,58	-	-	0,003	
26	-	-	0,11*	0,06	-	4,76	-	-	-	
27	-	-	0,08	0,078	-	6,06	-	-	-	
28	-	-	0,01	0,091	-	7,31	-	-	-	
V.R.	Portaria MS 2914/2011	0,2	0,01		0,7			0,005		0,05
	Res, CONAMA 357/2005	0,1	0,01	0,5	0,7	0,04		0,001	0,05	0,05
	Limite de detecção (LD)	0,003	0,002	0,007	0,003	0,001	0,01	0,001	0,003	0,003

V.R = Valores de Referência.

* Valores acima do valor de referência.

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

TABELA 8 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA (continuação)

		Cu	Fe	Hg	K	Li	Mn	Mo	Na	Ni
AMOSTRAS	0	-	-	-	0,124	0,001	-	-	0,1	-
	1	-	0,243	-	0,197	-	0,01	-	0,21	-
	2	-	0,473*	-	0,121	-	0,01	-	0,2	0,02
	3	-	-	-	0,266	0,001	0,01	-	0,2	-
	3.1	-	-	-	0,315	-	0,01	-	0,37	-
	4	-	-	-	0,114	-	-	-	0,06	-
	4.1	-	-	-	0,065	-	-	-	0,12	-
	5	-	0,103	-	0,191	-	-	-	0,17	-
	6	-	0,636*	-	0,315	-	-	-	0,31	-
	6.1	-	0,713*	-	0,14	-	0,01	-	0,16	-
	7	-	-	-	0,387	-	0,01	-	0,28	-
	7.1	-	0,285	-	0,327	-	-	-	0,27	0,02
	8	0,002	0,123	-	0,963	-	0,01	-	0,77	-
	9	-	-	-	0,236	-	0,01	-	0,15	-
	10	-	0,231	-	0,646	-	0,02	-	0,31	-
	11	-	0,353*	-	1,06	-	0,01	-	0,4	-
	12	0,004	0,66*	-	1,67	-	0,01	-	0,71	-
	13	-	0,911*	-	1,67	-	0,01	-	0,47	-
	14	-	0,638*	-	1,25	-	0,02	-	0,47	-
	15	-	0,702*	-	1,74	-	0,04	-	0,42	-
	16	-	0,783*	-	1,81	-	0,02	-	0,53	-
	17	-	0,591*	-	2,38	-	0,02	-	0,53	-
	18	-	0,61	-	1,72	-	0,02	-	0,91	-
	19	-	0,69*	-	1,4	-	0,01	-	0,49	-
	19.1	-	0,421*	-	1,41	-	0,02	-	0,52	-
	20	-	0,342*	-	0,829	-	0,01	-	0,29	-
	21	-	0,845*	-	1,52	-	0,02	-	0,74	-
	22	-	0,223	-	1,4	-	0,02	-	0,43	-
23	-	0,41*	-	1,95	0,001	0,04	-	0,61	-	
24	0,008	0,177	-	1,86	-	0,02	-	1,15	-	
25	0,004	0,166	-	2,05	0,001	0,01	-	1,92	-	
26	-	0,509*	-	2,23	-	0,01	-	0,51	-	
27	-	0,213	-	3,26	-	0,01	-	0,44	-	
28	-	0,564*	-	3,51	0,002	0,02	-	0,68	-	
V.R.	Portaria MS 2914/2011	2	0,3	0,001			0,1		200	0,07
	Res, CONAMA 357/2005	0,009	0,3	0,0002		2,5	0,1			0,025
	Limite de Detecção	0,002	0,002	0,0003	0,005	0,001	0,007	0,007	0,01	0,007

V.R. Valores de Referência.

* Valores acima do valor de referência.

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

TABELA 8 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA (continuação)

		Pb	Sb	Se	Si	Sn	Sr	Ti	V	Zn
	0	-	0,002	-	4,23	-	-	-	-	0,01
	1	-	0,005	-	3,23	-	-	-	-	-
	2	-	0,009	-	3,46	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	5,8	0,03	-	-	-	0,03
	3.1	0,007	0,006	-	6,12	0,02	-	-	-	0,02
	4	-	-	-	5,21	0,03	-	-	-	-
	4.1	-	0,006	-	2,56	-	-	0,008	-	-
	5	-	-	-	9,63	0,05	-	0,01	-	0,01
	6	-	0,003	-	3	0,03	-	0,01	-	-
	6.1	0,003	0,021	-	6,48	-	-	0,015	-	-
	7	-	-	-	3,57	0,02	-	0,007	-	-
	7.1	0,003	0,015	-	6,69	-	-	0,005	-	0,01
	8	0,009	0,006	-	4,36	0,02	-	0,007	-	-
	9	-	0,003	-	1,76	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	3,86	0,02	-	0,009	-	-
	11	-	-	-	4,79	0,02	-	0,007	-	-
	12	-	-	-	6,89	0,02	0,01	0,009	-	-
	13	-	-	-	6,88	0,02	0,01	0,014	-	-
	14	-	-	-	4,57	0,01	-	0,025	-	-
	15	-	-	-	6,17	0,02	0,01	-	-	-
	16	0,003	0,003	-	6,75	0,02	0,01	0,007	-	-
	17	-	-	-	7,41	0,02	0,02	0,009	-	-
	18	0,005	0,003	-	6,8	0,02	0,02	0,005	-	-
	19	-	-	-	6,75	0,03	0,02	-	-	-
	19.1	-	-	-	7,49	0,02	0,02	0,01	-	-
	20	-	-	-	11,6	0,04	-	0,012	-	-
	21	-	-	-	8,47	0,02	0,04	-	-	-
	22	0,004	-	-	6,37	-	0,03	0,005	-	-
	23	0,002	-	-	8,14	0,01	0,03	0,006	-	-
	24	0,026*	0,016	-	8,62	0,02	0,02	0,009	-	0,08
	25	-	-	-	12	0,04	0,01	-	-	0,02
	26	-	-	-	8,11	0,02	0,02	0,006	-	-
	27	-	-	-	10,3	0,02	0,03	0,005	-	-
	28	-	-	-	15,2	0,02	0,02	-	-	-
V.R.	Portaria MS 2914/2011	0,01	0,005	0,01						5
	Res, CONAMA 357/2005	0,01	0,005	0,01					0,1	0,18
	Limite de Detecção LD	0,002	0,002	0,002	0,002	0,01	0,01	0,005	0,01	0,01

V.R Valores de Referência.

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

TABELA 8 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA (continuação)

		Fluoreto	Cloreto	Nitrito	Brometo	Nitrato	Fosfato	Sulfato
AMOSTRAS	0	0,04	2,99	-	-	0,04	-	0,35
	1	-	1,16	-	-	-	-	-
	2	-	0,5	-	-	0,32	0,05	0,22
	3	-	0,54	-	-	0,1	-	-
	3.1	-	1,05	-	-	0,1	0,11	0,2
	4	-	1,67	-	-	-	-	-
	4.1	0,06	1,67	-	-	0,85	-	1,02
	5	-	0,25	-	-	0,11	-	-
	6	-	2,87	-	-	-	-	-
	6.1	-	0,25	-	-	0,2	-	-
	7	-	0,37	-	-	0,09	-	-
	7.1	-	0,84	-	-	0,14	-	-
	8	-	1,98	-	-	-	-	-
	9	-	0,43	-	-	0,07	-	-
	10	-	0,2	-	-	-	-	-
	11	-	0,51	-	-	0,2	-	-
	12	-	0,48	-	-	0,4	-	0,31
	13	-	0,66	-	-	-	-	-
	14	-	0,65	-	-	0,2	-	0,05
	15	-	0,26	-	-	-	-	-
	16	-	0,61	-	-	-	-	-
	17	-	0,76	-	-	0,66	-	-
	18	-	0,61	-	-	0,09	-	-
	19	-	0,47	-	-	-	-	-
	19.1	-	1,18	-	-	0,1	-	-
	20	-	0,23	-	-	0,1	-	-
	21	-	0,12	-	-	0,26	-	-
	22	-	2	-	-	0,15	-	-
23	-	0,4	-	-	-	-	-	
24	-	1	-	-	0,1	-	-	
25	-	0,54	-	-	0,2	-	-	
26	0,03	3,3	-	-	0,09	-	-	
27	-	0,59	-	-	0,02	-	-	
28	-	1	-	-	0,13	-	-	
V.R.	Portaria MS 2914/2011	1,5	250	1		10		250
	Res, CONAMA 357/2005	1,4	250	1		10		250
	Limite de Detecção LD	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

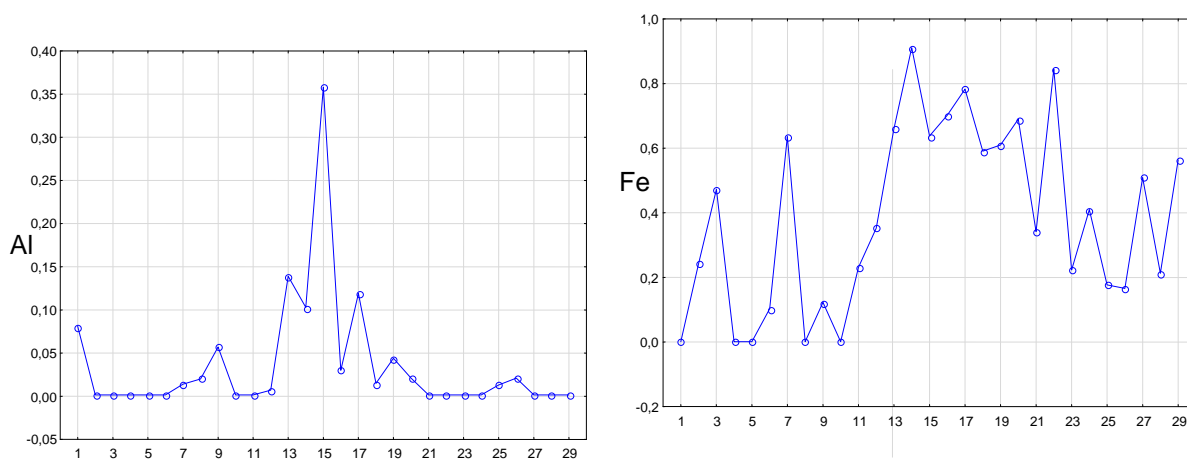
V.R Valores de Referência.

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

Em relação à presença de cátions e ânions nas águas, verificou-se que a maioria dos elementos apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção do equipamento e abaixo das legislações ambientais.

Conforme observado, as concentrações dos metais maiores como Alumínio (Al) e Ferro (Fe) apresentaram resultados acima dos valores permitidos pela legislação em alguns pontos de amostragem de água. (Figura 16). Esses elementos são geogênicos, ou seja, de ocorrência natural na bacia. Os resultados, portanto, apresentam valores que representam a constituição geológica das rochas encontradas na área de estudo. A bacia do rio Corrente possui solos tipo Latossolos Vermelho rico nestes constituintes.

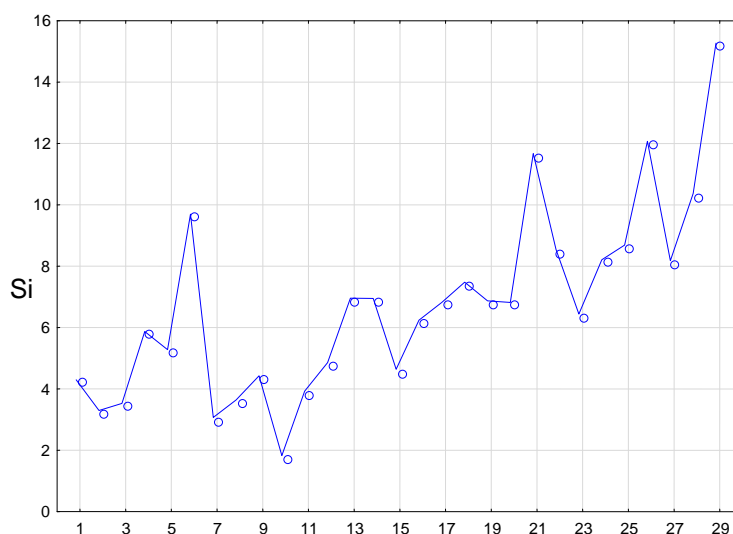
Figura 16 - Distribuição geoquímica dos elementos Al e Fe nas amostras de água da bacia do rio Corrente



Fonte: o autor

Embora não tenha apresentado um valor máximo permitido estabelecido pela legislação, o Silício (Si), também geogênico, apresenta uma tendência de distribuição cumulativa ao longo da bacia (Figura 17).

Figura 17 - Distribuição geoquímica do elemento Si nas amostras de água da bacia do rio Corrente



Fonte: o autor

O valor de referência da Resolução do CONAMA 357/2005 para o elemento níquel (Ni) foi atingido em dois pontos de amostragem. Para esse elemento também é possível atribuir a origem natural proveniente do Grupo São Bento, Formação Serra Geral, que é constituído de rochas básicas, em geral ricas nesses elementos.

O níquel é utilizado principalmente na fabricação de aço inoxidável e como catalisador em algumas reações de hidrogenação, como na fabricação da margarina e manteiga a partir de gorduras líquidas. Também é usado na produção de ligas, baterias alcalinas, moedas, pigmentos inorgânicos, próteses clínicas e dentárias. O níquel atinge a hidrosfera por remoção a partir da atmosfera (deposição seca e úmida), erosão de solos e rochas, lixo municipal e efluentes industriais (CETESB, 2012).

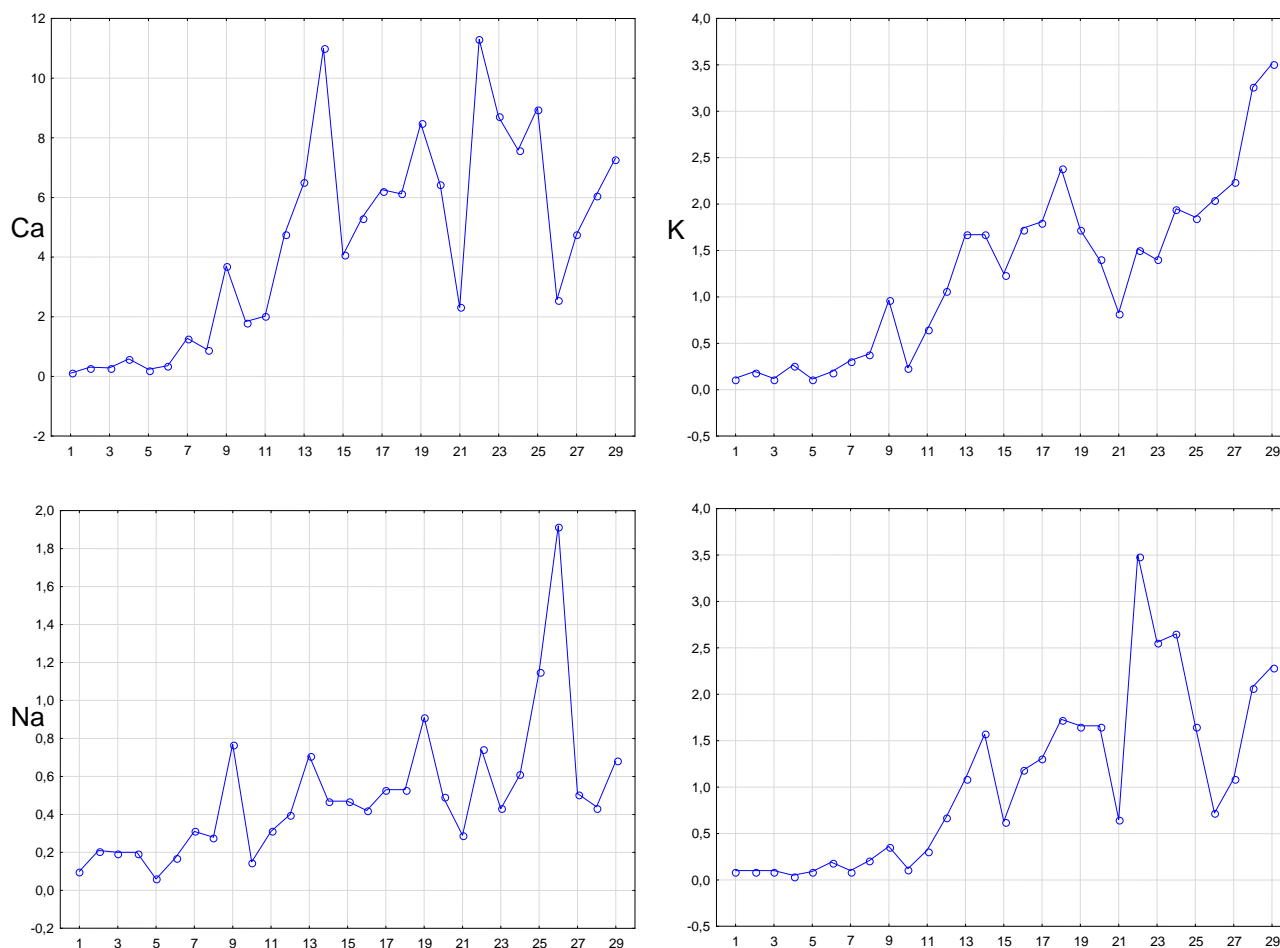
O ponto de amostragem 24, em área de canavial e pastagem em solos arenosos, apresentou resultado acima do permitido para o elemento chumbo (Pb). O valor permitido para este elemento é 0,01 mg/l, o valor encontrado indica um aumento de 260%. O resultado em área agrícola possivelmente tem a contribuição das técnicas utilizadas por esta atividade. É comum o uso de inseticidas que contenham compostos de chumbo em sua composição. O uso de fertilizantes fosfatados também pode contribuir para o aumento desse elemento, uma vez que no geral rochas fosfáticas apresentam impurezas como Cd e Pb. Cerca de 40% do chumbo é usado como metal, 25% em ligas e 35% em compostos químicos (CETESB, 2012). Segundo Prada e

Oliveira (2010) acetato de chumbo são utilizados em inseticidas, impermeabilizantes, verniz e pigmentos.

Na análise dos resultados de água cabe destacar os elementos (Ca), (K), (Mg) e (Na) que além da contribuição geogênica pode ter sua origem no uso do solo da bacia.

Conforme observado no gráfico de distribuição (Figura 18), há um incremento de valores destes elementos de montante a jusante, que corresponde das áreas mais preservadas

Figura 18 - Distribuição geoquímica dos elementos Ca, K, Na e Mg em amostras de água da bacia do rio Corrente

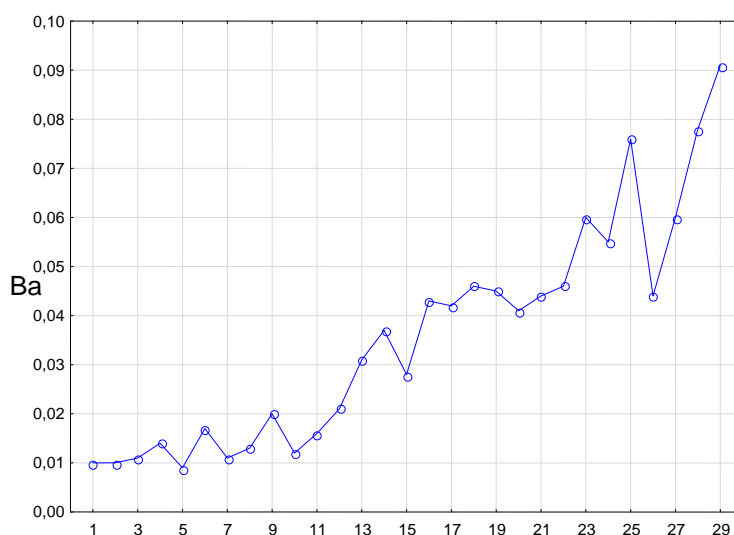


Fonte: o autor

Resultado semelhante é observado também na distribuição geoquímica do bário ao longo da bacia do rio corrente (Figura 19) que há uma tendência de acúmulo

crecente deste elemento das nascentes a foz do rio, podendo haver uma contribuição antrópica de usos de defensivos em atividades agrícolas que se concentram a jusante das nascentes, além da contribuição geogênica esperada.

Figura 19 - Distribuição geoquímica do elemento Ba em amostras de água da bacia do rio Corrente



Fonte: o autor

Atualmente a correção do solo é realizada com uso de calcário, seja ele dolomítico, ou calcítico. Recentemente os silicatos de cálcio e magnésio são utilizados como corretivos de solo aumentando a produtividade das culturas (PEREIRA, 2004).

No Brasil, a agricultura é praticada predominantemente em solos que se encontram parte em estado degradado e, também, em outros casos, em estágio avançado de alteração intempérica, com predominância de óxidos de ferro e alumínio. A maioria desses solos é ácida, pobres em nutrientes minerais (P, K, Ca, Mg) e de permeabilidade elevada. Para alcançar patamares de produção e produtividade, milhares de toneladas de fertilizantes industriais de alta solubilidade são aplicados anualmente aos solos brasileiros (DNPM, 2001)

Sabendo que a bacia do rio Corrente sofre grande interferência de atividades agrícolas, que utilizam regularmente destas substâncias em fertilizantes e processos de calagem, é possível atribuir os resultados dos elementos Ca, K, Mg em amostras de água a tais práticas.

O Bário é um elemento raro nas águas naturais, em teores de 0,0007 a 0,9 mg/L. As principais fontes naturais são: intemperismo e erosão de depósitos naturais, normalmente veios, onde ocorre na forma de barita (Ba SO₄), ou feldspatos ricos em Ba. Entre as atividades humanas que introduzem bário no meio ambiente, podemos citar: Perfuração de poços, onde é empregado em lamas de perfuração; produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e defensivos agrícolas (Zimbres, 2002).

4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SEDIMENTO

A partir dos resultados analíticos de sedimentos obtidos, também foi elaborado o sumário estatístico (Tabela 9), considerando somente os elementos que apresentaram resultados acima dos limites de detecção do equipamento analítico.

Os resultados das análises químicas das amostras de sedimento podem ser observados na Tabela a seguir (Tabela 10).

Em relação aos elementos químicos nos sedimentos, verificou-se que grande parte dos elementos presentes apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção do equipamento e que a maioria dos elementos apresentaram concentrações abaixo da legislação ambiental.

Os resultados das amostras de sedimento de corrente foram analisados tendo como referência a Resolução do CONAMA 344/2004. Com base na referida legislação, foram observados valores acima do limiar estabelecido para os elementos cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni) e Chumbo (Pb).

O ponto de amostragem 3.1 e 4.1 com predomínio de terras agrícolas e pastagens apresentaram respectivamente os resultados de 71 e 186 ppm de Cromo (Cr), enquanto que o valor estabelecido pelo CONAMA (2004) para esse elemento é de 37,3ppm. Valores acima do CONAMA, também, foi encontrado no ponto 19 (40 ppm) em um ambiente de coleta com predomínio de mata de galeria e veredas e no ponto 10 (55ppm) em área com veredas fragmentadas por pastagens, silvicultura a montante e plantação de soja a jusante.

A estes resultados podem ser atribuído além da contribuição natural a contribuição antrópica proveniente de atividades industriais e uso agrícola de fungicidas. De acordo com Moraes (2010) a intensa utilização de agroquímicos contendo anidrito crômico, ácido crômico, óxido crômico e trióxido de cromo; utilizados no plantio de grãos podem contribuir com a presença de tal metal.

A indústria metalúrgica consome 85% da produção mundial de cromo, sendo utilizado principalmente para a produção de ligas de ferro-cromo, com menor destaque está o uso na indústria química, cujo consumo atinge 8% da produção mundial de cromita, sendo utilizado na manufatura de pigmentos, no curtimento de couros e peles, na indústria de tecidos e na eletroplastia. Compostos de cromo são também usados em fungicidas e em diversos processos químicos industriais. (DNPM, 2001)

Os valores encontrados para o elemento Cobre (Cu), que é um elemento geogênico da bacia, também são elevados. No ponto de amostragem 10 foi encontrado um ambiente com predomínio de silvicultura, cultivo de soja e pastagem e um resultado de 173,8 ppm de Cu. Em dois outros pontos os resultados também foram acima dos 35,7 ppm permitidos pela legislação. O ponto 3.1 apresentou 41,9 ppm e o ponto 4 apresentou resultado de 46 ppm, ambos estão em áreas com predomínio de agricultura e pastagem.

O valor de referência da Resolução do CONAMA para o elemento níquel (Ni) em sedimentos é de 18 ppm, os pontos de amostragem 3.1 e 10 superam esse limiar apresentando respectivamente resultados de 21,4 e 24,2 ppm. O níquel também é um constituinte natural na bacia.

O ponto de amostragem 3.1 também apresentou resultado alarmante para concentração de Chumbo (Pb). Foi encontrado o valor de 186,3 ppm e a legislação atribui como valor máximo permitido 35 ppm.

Ramalho et al. (2000), afirma que a aplicação de agroquímicos aos solos e culturas podem causar degradação química a partir do acúmulo de elementos e/ou compostos tóxicos em níveis indesejáveis. Segundo ele, os metais fazem parte dos componentes ativos de vários agrotóxicos, destacando sais de Zinco, Arsenatos de Cobre e de Chumbo, além de compostos organo-metálicos. Cabe ainda ressaltar que

fertilizantes e corretivos de solos também podem ter impurezas, sendo comum ocorrer chumbo associado aos fosfatos e calcários.

Tabela 9 - Sumário estatístico para amostras de sedimentos

Elemento	X	Mín	Máx	S
Ag	0,097	0,010	1,290	0,220
Al (%)	0,719	0,100	2,240	0,561
As	2,100	1,000	4,000	0,994
Ba	29,030	6,000	65,000	15,864
Be	0,236	0,100	0,500	0,110
Bi	1,961	0,080	6,150	1,983
Ca (%)	0,052	0,010	0,550	0,096
Cd	0,027	0,010	0,140	0,034
Ce	9,981	2,560	23,180	4,926
Co	5,152	0,800	20,400	3,606
Cr	32,182	10,000	186,000	29,997
Cs	0,188	0,060	0,510	0,092
Cu	23,070	1,400	173,800	29,749
Fe (%)	2,522	0,690	8,090	1,326
Ga	3,394	0,600	11,300	2,418
Hf	0,257	0,060	0,660	0,156
Hg	0,027	0,010	0,200	0,041
In	0,038	0,020	0,070	0,017
K (%)	0,037	0,010	0,150	0,032
La	5,112	1,300	12,800	2,855
Li	4,318	1,000	60,000	12,457
Mg (%)	0,031	0,010	0,070	0,019
Mn	275,879	82,000	530,000	108,359
Mo	0,720	0,090	3,230	0,770
Nb	0,502	0,070	1,370	0,331
Ni	8,473	2,200	24,200	4,852
P	108,000	53,000	269,000	56,952
Pb	13,306	3,400	186,300	31,281
Rb	2,523	0,400	8,800	1,954
Sb	0,131	0,060	0,440	0,080
Sc	3,579	0,400	10,000	2,533
Sn	1,097	0,400	3,200	0,614
Sr	4,494	1,100	43,000	7,204
Ta	0,135	0,060	0,300	0,101
Te	1,429	0,090	3,120	1,093
Th	1,452	0,300	3,900	0,864
Ti (%)	0,232	0,010	0,650	0,170
Tl	0,139	0,020	1,400	0,265
U	0,290	0,080	0,630	0,125
V	90,848	6,000	486,000	90,520
W	1,415	0,200	5,100	1,491
Y	2,890	0,640	10,430	2,077
Zn	17,000	3,000	70,000	15,850
Zr	7,909	1,500	21,300	4,436

X = Média Aritmética; Mín = Valor Mínimo; Máx = Valor Máximo; S = Desvio Padrão.

Tabela 10 - Resultados das análises de sedimento (ppm)

	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs
1	0,01	0,14	-	-	-	6	-	0,08	0,02	-	2,56	0,8	14	0,07
2	0,12	0,76	2	-	-	12	-	6,15	-	-	9,92	1,1	13	0,51
3	0,07	0,45	2	-	-	10	-	-	-	-	8,87	0,9	18	0,1
3.1	1,29	0,88	3	-	-	16	0,2	-	0,55	0,14	14,1	2,7	71*	0,16
4	0,06	2,24	4	-	-	42	0,5	-	0,02	0,02	22,99	8,8	36	0,34
4.1	-	0,73	1	-	-	17	0,3	0,31	0,01	0,02	7,16	7,4	186*	0,1
5	0,16	1,61	2	-	-	29	0,3	4,26	0,02	-	16,53	4	25	0,23
6	0,05	1,27	2	-	-	32	0,2	-	0,03	0,02	9,14	6,3	26	0,09
6.1	0,07	1,72	-	-	-	47	0,4	-	0,01	0,02	12,79	6,3	20	0,14
7	0,05	0,96	-	-	-	17	0,3	-	0,01	-	8,56	3,2	22	-
7.1	0,05	0,41	-	-	-	13	0,2	0,94	0,01	-	5,34	3,2	17	0,06
8	0,02	1,54	-	-	-	41	0,4	-	0,05	-	23,18	7,6	24	0,15
9	0,02	0,34	-	-	-	19	0,1	-	0,01	-	6,7	3	21	-
10	0,12	2,13	1	-	-	33	0,4	3,54	0,02	0,03	13,2	20,4	55*	0,2
11	0,04	0,59	-	-	-	9	-	-	0,02	0,01	3,85	3	25	0,1
12	0,05	0,77	-	-	-	25	0,2	0,33	0,05	0,02	9,07	6,4	27	0,22
13	0,08	0,31	3	-	-	15	0,1	-	0,03	-	5,19	3,5	20	0,12
14	0,03	0,69	-	-	-	26	0,3	-	0,06	0,01	8,14	4,5	19	0,24
15	0,05	0,56	-	-	-	44	0,1	-	0,06	-	7,87	5,1	33	0,22
16	0,03	0,77	-	-	-	24	0,3	-	0,07	0,02	10,59	5,7	26	0,19
17	0,08	0,1	-	-	-	17	-	2,41	0,02	-	3,05	2,9	10	0,08
18	0,05	0,66	-	-	-	65	0,3	-	0,08	-	14,1	6,9	36	0,3
19	0,08	0,65	-	-	-	40	0,2	-	0,05	-	9,16	5,2	40*	0,25
19.1	0,06	0,43	-	-	-	54	0,3	-	0,11	0,02	15,86	10,2	32	0,25
20	0,04	0,4	-	-	-	34	0,2	-	0,04	0,01	11,04	7,4	24	0,16
21	0,02	0,43	1	-	-	48	0,2	-	0,04	-	13,54	6,5	33	0,22
22	0,04	0,29	-	-	-	52	0,1	0,73	0,05	-	9,58	5,2	30	0,23
23	0,03	0,25	-	-	-	21	0,1	-	0,03	0,01	6,18	3,1	20	0,16
24	0,07	0,21	-	-	-	17	0,2	1,8	0,01	-	5,41	3	22	0,16
25	0,03	0,76	-	-	-	62	0,3	-	0,06	-	13,36	7,6	24	0,28
26	0,07	0,25	-	-	-	20	0,1	0,46	0,02	-	7,06	2,5	34	0,2
27	0,04	0,2	-	-	-	22	0,2	0,27	0,02	-	5,96	2,3	27	0,16
28	0,11	0,23	-	-	-	29	0,1	4,21	0,03	-	9,33	3,3	32	0,14
V.R			5,9							0,6			37,3	
LD	0,01	0,01	1	0,01	10	5	0,1	0,02	0,01	0,01	0,05	0,1	1	0,05

V.R = Valores de Referência (Resol. CONAMA 344/2004);

LD = Limite de Detecção do equipamento.

* Valores acima do valor de referência.

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

TABELA 10 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SEDIMENTO (continuação)

	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	Hg	In	K	La	Li	Mg	Mn	Mo
1	1,4	1,47	0,7	-	0,08	-	-	-	1,3	-	-	135	0,52
2	3,8	0,89	2,5	-	0,14	0,03	0,05	0,01	7,8	-	-	82	1,56
3	4,4	1,37	1,8	-	0,07	0,01	-	-	6,2	-	-	134	1,73
3.1	41,9*	1,5	2,8	-	0,13	0,2	-	0,03	11,7	60	0,04	221	1,49
4	46*	4,06	8,4	-	0,66	0,01	0,04	0,03	11	3	0,05	375	3,23
4.1	32,2	2,88	4,7	-	0,64	-	0,03	-	3,6	1	0,03	287	1,8
5	28,2	2,52	6,7	-	0,32	-	0,07	0,01	12,8	2	0,02	283	2
6	21,9	2,97	4,2	-	0,36	-	-	0,02	4,1	2	0,02	304	0,32
6.1	28,5	2,7	6,2	-	0,32	-	0,03	0,01	6,6	2	0,01	284	0,21
7	24,1	2,36	5,1	-	0,13	-	-	-	4,5	1	0,01	201	-
7.1	19	2,7	2,9	-	0,23	-	-	-	2,9	-	0,01	290	0,51
8	44,7	4,11	8	-	0,31	0,01	-	0,02	8,3	3	0,05	332	-
9	12,9	1,89	2,2	-	0,1	0,01	-	-	2,4	1	0,01	235	-
10	173,8*	8,09	11,3	-	0,63	0,03	0,04	0,01	4,7	2	0,03	530	0,87
11	14,3	2,58	2,6	-	0,28	0,01	-	0,01	1,7	1	0,01	215	0,3
12	26,1	3,93	3,9	-	0,37	0,02	-	0,03	3,7	1	0,05	352	0,28
13	15,9	1,93	2	-	0,18	-	-	0,03	2,7	-	0,02	176	0,24
14	19,5	2,56	3,7	-	0,23	0,02	-	0,03	3,3	1	0,03	226	0,09
15	11,5	3,07	2	-	0,21	0,02	-	0,09	3,9	2	0,04	357	0,36
16	25,7	2,48	4	-	0,25	0,01	-	0,03	4,5	1	0,03	240	0,21
17	3	0,69	0,6	-	0,06	-	-	0,01	1,6	-	0,01	204	0,14
18	12,1	2,51	2,4	-	0,31	0,01	-	0,15	7,1	2	0,07	382	0,29
19	12,8	2,71	2,3	-	0,25	0,02	-	0,08	4,8	3	0,03	309	0,46
19.1	22,7	2,13	2,9	-	0,16	-	-	0,03	7,2	1	0,03	465	-
20	34,9	3,66	3,5	-	0,44	-	0,02	0,02	4,9	-	0,04	444	-
21	11,1	2,22	2	-	0,3	0,06	-	0,09	7,5	2	0,07	305	0,11
22	8,7	2,02	1,8	-	0,22	0,02	-	0,05	5,1	1	0,06	355	0,34
23	5,2	1,12	1,4	-	0,1	-	-	0,02	3,1	-	0,01	130	-
24	6,8	1,69	1,3	-	0,14	0,01	-	0,02	2,6	-	0,01	197	0,41
25	27,6	3,38	4,1	-	0,33	0,01	0,02	0,03	6,4	2	0,06	479	-
26	7,2	1,7	1,5	-	0,17	0,02	-	0,03	3,1	-	0,01	181	0,43
27	7	1,81	1,3	-	0,22	0,01	-	0,04	2,9	1	0,02	211	0,34
28	6,4	1,53	1,2	-	0,15	0,03	-	0,06	4,7	-	0,04	183	0,47
V.R	35,7					0,17							
LD	0,5	0,01	0,1	0,1	0,05	0,01	0,02	0,01	0,1	1	0,01	5	0,05

V.R = Valores de Referência (Resol. CONAMA 344/2004);

LD = Limite de Detecção do equipamento.

* Valores acima do valor de referência.

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

TABELA 10 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SEDIMENTO (continuação)

	Na	Nb	Ni	P	Pb	Pd	Pt	Rb	Re	S	Sb	Sc
1	-	-	3,3	-	6	-	-	2,1	-	-	0,17	0,4
2	-	0,19	2,7	-	7,8	-	-	8,8	-	-	0,16	2,2
3	-	-	5,3	-	5,9	-	-	0,4	-	-	0,26	1,2
3.1	0,06	-	21,4*	147	186,3*	-	-	1,3	-	-	0,29	1,8
4	-	0,34	15,2	160	16,2	-	-	2,1	-	-	0,44	10
4.1	-	0,66	16,1	69	15,9	-	-	2,7	-	-	0,15	5,4
5	-	1,37	10	108	16,5	-	-	3,4	-	-	0,21	6,7
6	-	-	9,5	88	8,2	-	-	0,4	-	-	0,14	3,6
6.1	-	0,86	11,4	86	9,6	-	-	0,8	-	-	0,15	6,4
7	-	-	7,2	95	11,1	-	-	<0.2	-	-	-	4,1
7.1	-	0,65	6,6	59	7,5	-	-	1,5	-	-	0,11	2,6
8	-	-	9,7	187	12,3	-	-	0,4	-	-	-	9,7
9	-	-	4,6	-	8,1	-	-	<0.2	-	-	-	1,9
10	-	0,58	24,2*	247	6,5	-	-	1,3	-	-	0,12	9,7
11	-	0,11	5,9	-	4,7	-	-	0,7	-	-	0,12	2,3
12	-	0,08	8,3	81	4,6	-	-	2,5	-	-	0,06	4,6
13	-	-	5,3	55	4,4	-	-	1,2	-	-	0,07	1,7
14	-	-	5,5	79	5,4	-	-	1,5	-	-	0,08	3,8
15	-	-	8,1	77	6,5	-	-	3,3	-	-	0,12	2,2
16	-	-	6,9	86	8	-	-	2	-	-	0,1	4,8
17	-	-	2,2	-	3,4	-	-	1	-	-	0,06	0,5
18	-	0,12	10,2	114	6,3	-	-	6,4	-	-	0,11	3,1
19	-	-	9,3	119	6,2	-	-	2,6	-	-	0,1	2,5
19.1	-	-	9,1	269	9,1	-	-	1,5	-	-	0,15	4,2
20	-	0,38	9,2	71	5,2	-	-	2,2	-	-	0,08	3,9
21	-	0,07	10	130	4,3	-	-	4,2	-	-	0,08	2,6
22	-	0,65	8,2	75	4,5	-	-	4,9	-	-	0,08	2,3
23	-	-	4,2	64	3,9	-	-	0,8	-	-	0,08	1,4
24	-	0,64	4,5	53	11,2	-	-	2,6	-	-	0,09	1,7
25	-	0,39	8,3	127	6,1	-	-	3,7	-	-	0,08	5,2
26	-	0,61	6,3	-	15,5	-	-	2,8	-	-	0,1	2
27	-	0,71	5,2	-	7,6	-	-	2,7	-	-	0,09	1,8
28	-	0,62	5,7	54	4,3	-	-	6,4	-	-	0,07	1,8
V.R			18		35							
LD	0,01	0,05	0,5	50	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,01	0,05	0,1

V.R = Valores de Referência (Resol. CONAMA 344/2004);

LD = Limite de Detecção do equipamento.

* Valores acima do valor de referência.

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

TABELA 10 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SEDIMENTO (continuação)

	Se	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
1	-	0,9	1,1	-	0,09	0,7	0,01	0,07	0,09	6	-	0,64	-	4
2	-	1,1	2	0,3	3,12	1,9	0,02	0,61	0,26	14	1,1	3,88	3	3,9
3	-	0,5	1,2	-	-	1,5	0,02	0,03	0,22	9	0,2	3,15	3	3,3
3.1	-	3,2	43	-	-	2,3	0,04	1,4	0,36	18	2,7	4,82	68	5,8
4	-	1,1	4,9	-	-	3,9	0,65	0,12	0,63	171	3,4	6,48	32	21,3
4.1	-	0,9	1,7	-	0,48	1,8	0,64	0,21	0,29	181	5,1	2,38	30	11,5
5	1	1,8	2,9	0,22	-	3,1	0,35	0,34	0,59	90	1,2	10,43	17	7,1
6	-	0,9	3,7	-	-	1,1	0,28	0,05	0,26	76	-	2,73	19	15,7
6.1	-	2,5	2,3	-	-	1,9	0,27	0,08	0,36	105	-	5,51	22	10,7
7	-	0,4	1,6	-	-	1,5	0,2	-	0,29	74	-	3,13	13	5,9
7.1	-	1,9	1,4	0,06	-	1,1	0,25	0,09	0,17	90	0,4	1,99	14	5,8
8	-	0,5	4,9	-	-	2,3	0,26	-	0,47	190	-	7,09	22	13,3
9	-	-	1,4	-	-	0,8	0,18	-	0,14	52	-	1,5	9	4,1
10	-	2	2	-	-	1,9	0,64	0,07	0,41	486	0,3	3,56	70	17,8
11	-	1,1	1,2	-	-	0,9	0,24	0,03	0,23	80	-	0,99	10	8,5
12	-	0,9	3,2	-	-	1,2	0,35	0,05	0,27	178	-	2,35	20	11,8
13	-	0,9	1,7	-	-	0,8	0,19	0,02	0,16	74	-	1,04	9	4,6
14	-	0,5	2,8	-	-	0,8	0,2	0,04	0,26	100	-	2,09	15	7,4
15	-	1,3	5,6	-	-	0,8	0,15	0,05	0,26	50	-	1,95	9	6,7
16	-	0,6	3,9	-	-	1,2	0,19	0,05	0,37	99	-	2,74	11	8,3
17	-	0,7	1,3	-	-	0,3	0,06	0,03	0,08	23	-	0,67	4	1,5
18	-	1,2	8,6	-	-	1,3	0,17	0,07	0,35	50	-	2,91	12	9,9
19	-	1,2	5,6	-	-	1	0,17	0,05	0,29	46	-	1,9	11	9,7
19.1	-	1	7,9	-	-	1,1	0,12	0,07	0,49	83	-	3,67	16	4
20	-	0,9	3,8	-	-	2,5	0,53	0,05	0,25	211	-	2,65	29	8,9
21	-	0,4	5,3	-	-	1,3	0,18	0,04	0,33	60	-	2,42	12	10,1
22	-	0,8	6,7	0,06	1,68	1,2	0,18	0,06	0,24	57	0,3	1,7	10	6,6
23	-	0,5	2,4	-	-	0,7	0,08	0,02	0,18	30	-	1,06	5	3,4
24	-	1,2	1,5	0,08	2,06	0,8	0,16	0,11	0,2	35	1,3	1,2	6	4,1
25	-	1,1	5,7	-	-	3,7	0,32	0,08	0,35	152	-	4,14	27	9,8
26	-	0,9	2	-	0,6	0,8	0,16	0,13	0,26	30	1,7	1,5	5	4,9
27	-	1,3	2,4	-	0,83	0,8	0,21	0,07	0,19	36	0,3	1,38	5	6
28	-	0,9	2,6	0,09	2,57	0,9	0,17	0,07	0,26	42	0,4	1,71	6	4,6
V.R													123	
LD	1	0,3	0,5	0,05	0,05	0,1	0,01	0,02	0,05	1	0,1	0,05	1	0,5

V.R Valores de Referência (Resol. CONAMA 344/2004);

LD Limite de Detecção do equipamento.

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

4.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO

Considerando somente os elementos que apresentaram resultados acima dos limites de detecção do equipamento analítico também foi elaborado o sumário estatístico a partir dos resultados analíticos de sedimentos obtidos que são apresentados na tabela a seguir (Tabela 11). Os resultados das análises químicas das amostras de solo estão dispostos na Tabela seguinte (Tabela, 12).

Nas amostras de solo também se observou que grande parte dos elementos apresenta concentrações abaixo do limite de detecção do equipamento e todos elementos, exceto o Cromo (Cr), apresenta concentrações abaixo da indicada pela legislação ambiental.

Os resultados das amostras de solos foram analisados tendo como referência a Resolução do CONAMA 420/2009. Com base na referida legislação, conforme mencionado, foi observado valor acima do limiar estabelecido apenas para o elemento Cromo (Cr).

No ponto de amostragem de solo 1 foi encontrado o valor de 81 ppm de Cromo (Cr) enquanto que o valor de referência estabelecido para este elemento é de no máximo 75 ppm. O ponto 1 trata-se de uma área campestre de cerrado preservada dentro dos limites do Parque Nacional das Emas.

Entre as fontes naturais de contaminação ambiental por cromo estão os incêndios florestais e as erupções vulcânicas (SILVA; PEDROZO, 2001). Considerado como maior unidade de conservação dos cerrados no Brasil, o Parque Nacional das Emas é periodicamente atingido por incêndios devastadores (FRANÇA; SETZER, 1999). O PNE é uma área de incêndios recorrentes. Um incêndio atingiu 90 % da área do parque em agosto de 2010. A concentração de cromo encontrada na amostra de solo do parque pode ter relação com os incêndios florestais e/ou a ocorrência natural desse elemento pode estar associado à formação local.

No ponto de amostragem de solo 3 foi verificado o valor de 15ppm de Arsênio (As) que corresponde ao limiar estabelecido como valor de Prevenção pela Resolução CONAMA 420/2009. Uma vez que este ponto encontra-se próximo a cultivos de soja, acredita-se que sua fonte seja oriunda de agrotóxicos utilizados na lavoura.

O arsênio é liberado ao ambiente por fontes naturais (poeiras e vulcões) e antropogênicas, como mineração de metais não ferrosos e fundição, aplicação de agrotóxicos, combustão de carvão e madeira e incineração de lixo (CETESB, 2012).

Tabela 11 - Resultados das análises de solo (ppm)

	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	
AMOSTRAS	1	-	13,3	13	-	-	0,1	0,84	-	-	23,73	0,9	
	2	-	2,43	5	-	6	-	0,17	0,03	0,02	15,22	0,5	
	3	-	6,02	15	-	-	-	0,1	0,91	-	-	16,67	0,6
	4	-	8,64	9	-	-	-	-	0,8	-	-	18,37	0,5
	4.1	-	9,22	9	-	-	-	-	0,97	0,03	-	19,95	0,4
	5	-	1,04	-	-	-	44	-	-	-	0,01	9,02	2,3
	6	-	1,72	2	-	-	-	-	0,06	-	-	46,32	1,5
	7	-	2,28	-	-	-	-	-	-	-	-	16,07	1,6
	8	-	1,87	-	-	-	7	-	-	0,01	0,01	14,73	0,8
	9	-	1,02	-	-	-	-	-	-	0,01	-	13,96	1,7
	10	-	2,45	-	-	-	11	0,2	0,04	0,02	-	26,12	2
11	-	1,49	-	-	-	8	0,1	-	0,01	-	16,43	2,6	
LD V.R.	2		15			150				1,3		25	
LD	0,01	0,01	1	0,1	10	5	0,1	0,02	0,01	0,01	0,05	0,1	

V.R Valores de Referência (Valores de Prevenção Resol. CONAMA 420/2009);

LD Limite de Detecção do equipamento,

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

TABELA 12 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO (continuação)

	Cr	Cs	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	Hg	In	K	La	Li	Mg	
AMOSTRAS	1	81*	0,26	19,6	6,49	39,9	-	1,72	-	0,16	0,02	4,5	2	-
	2	30	0,18	6,3	3,49	8,7	-	0,12	0,02	0,04	0,02	2,6	-	-
	3	63	0,35	14,8	6,07	30,8	-	0,87	-	0,16	0,01	4,7	-	-
	4	67	0,20	9,1	6,61	26,2	-	1,2	0,05	0,12	0,01	3,4	-	-
	4.1	71	0,35	9,7	5,08	28,4	-	1,03	0,03	0,12	0,02	4,8	-	0,01
	5	25	0,09	9,8	2,61	3,8	-	0,17	0,04	-	-	2,1	-	-
	6	48	0,29	11,8	4,74	9,8	-	0,74	0,02	0,04	-	16	-	-
	7	23	0,24	16,1	3,96	8,4	-	0,41	0,05	0,03	-	6,2	-	0,01
	8	27	0,50	11,9	2,49	5,9	-	0,27	0,04	0,02	0,02	6,1	1	0,02
	9	47	0,48	16,5	3,61	4	-	0,23	0,04	-	0,02	4,8	-	0,01
	10	42	0,68	25,5	5,33	12,7	-	0,58	0,02	0,06	0,02	8	6	0,02
11	35	0,53	21,3	3,61	7,8	-	0,47	0,03	0,03	0,02	6,5	-	0,02	
LD V.R.	75		60,00					0,5						
LD	1	0,05	0,5	0,01	0,1	0,1	0,05	0,01	0,02	0,01	0,1	1	0,01	

TABELA 12 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO (continuação)

		Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Pd	Pt	Rb	Re	S	Sb
AMOSTRAS	1	71	3,81	-	0,82	10,3	203	12	-	-	2,7	-	-	1,37
	2	105	0,51	-	0,4	2,9	236	5,9	-	-	1,1	-	0,01	0,32
	3	63	2,74	-	1,07	3,9	376	6,9	-	-	1,1	-	0,03	1,09
	4	91	1,27	-	0,64	4,3	231	8,8	-	-	0,4	-	-	0,77
	4.1	71	1,55	-	0,52	3,8	250	8,4	-	-	2,1	-	0,02	0,82
	5	378	-	-	0,27	3,5	66	5,6	-	-	-	-	-	0,09
	6	196	-	-	0,95	4,7	142	11,8	-	-	0,5	-	-	0,18
	7	250	-	-	0,36	5,4	95	8,6	-	-	0,6	-	-	0,07
	8	147	-	-	0,24	4,1	126	9	-	-	1,2	-	-	0,09
	9	194	-	-	0,56	6,1	154	6,8	-	-	1,7	-	-	0,08
	10	274	-	-	0,46	5,6	144	12,7	-	-	1,7	-	-	0,11
11	199	-	-	0,18	5,1	99	9,4	-	-	1,6	-	-	0,08	
V.R.			30			30		72						2
LD		5	0,05	0,01	0,05	0,5	50	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,01	0,05

V.R Valores de Referência (Valores de Prevenção Resol. CONAMA 420/2009);

LD Limite de Detecção do equipamento,

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

TABELA 12 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLO (continuação)

		Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
AMOSTRAS	1	16,8	-	6,9	0,7	-	0,09	18,7	0,05	-	1,39	198	0,3	0,99	9	63,1
	2	4,7	-	1,5	1,9	-	-	4,8	0,03	0,03	0,6	78	1,1	0,62	3	5,1
	3	15,6	-	4,8	1,1	-	0,1	13,2	0,05	0,1	1,36	173	0,5	0,99	5	28
	4	10,8	-	4,2	0,6	-	-	13,5	0,06	0,08	1,06	182	0,3	0,65	1	54,9
	4.1	12,3	-	5,2	3	-	-	15,6	0,04	0,07	1,04	143	0,5	0,85	4	47,1
	5	3,8	-	0,8	0,8	-	-	1,6	0,1	0,16	0,39	84	0,1	0,93	4	6,6
	6	11,4	-	1,5	0,7	-	-	5,9	0,12	0,09	0,89	182	3,6	7,78	4	37,2
	7	9,8	-	1,1	0,7	-	-	2,3	0,12	0,06	0,52	128	1,1	5,24	5	15
	8	7	-	1,2	1,2	-	-	2,1	0,07	0,08	0,44	114	-	3,33	5	13,3
	9	5,6	-	0,9	1,1	-	-	1,7	0,11	0,05	0,34	117	0,2	2,15	6	7,4
	10	19,3	-	1,6	2,2	-	-	4,3	0,12	0,11	0,81	188	0,2	4,41	7	24,3
11	11,9	-	1,5	1,7	-	-	2,6	0,11	0,07	0,86	139	0,5	3,93	8	18,9	
V.R.			5													
LD		0,1	1	0,3	0,5	0,05	0,05	0,1	0,01	0,02	0,05	1	0,1	0,05	1	0,5

V.R Valores de Referência (Valores de Prevenção Resol. CONAMA 420/2009);

LD Limite de Detecção do equipamento,

- Valores abaixo do limite de detecção do equipamento.

Tabela 12 - Sumário estatístico para amostra de solos (ppm)

Elemento	X	Mín	Máx	S
Al (%)	4,294	1,020	13,350	4,054
As	8,833	2,000	15,000	4,834
Ba	15,200	6,000	44,000	16,208
Be	0,125	0,100	0,200	0,050
Bi	0,541	0,040	0,970	0,428
Ca (%)	0,018	0,010	0,030	0,010
Cd	0,013	0,010	0,020	0,006
Ce	19,716	9,020	46,320	9,500
Co	1,283	0,400	2,600	0,766
Cr	46,583	23,000	81,000	19,783
Cs	0,346	0,090	0,680	0,171
Cu	14,367	6,300	25,500	5,683
Fe (%)	4,508	2,490	6,610	1,429
Ga	15,533	3,800	39,900	12,314
Hf	0,651	0,120	1,720	0,484
Hg	0,034	0,020	0,050	0,012
In	0,078	0,020	0,160	0,056
K (%)	0,018	0,010	0,020	0,004
La	5,808	2,100	16,000	3,621
Li	3,000	1,000	6,000	2,646
Mg (%)	0,015	0,010	0,020	0,005
Mn	169,917	63,000	378,000	97,523
Mo	1,976	0,510	3,810	1,302
Nb	0,539	0,180	1,070	0,284
Ni	4,975	2,900	10,300	1,919
P	176,833	66,000	376,000	86,642
Pb	8,825	5,600	12,700	2,361
Rb	1,336	0,400	2,700	0,709
S (%)	0,020	0,010	0,030	0,010
Sb	0,423	0,070	1,370	0,464
Sc	10,750	3,800	19,300	4,897
Sn	2,600	0,800	6,900	2,081
Sr	1,308	0,600	3,000	0,746
Te	0,095	0,090	0,100	0,007
Th	7,192	1,600	18,700	6,232
Ti (%)	0,082	0,030	0,120	0,035
Tl	0,082	0,030	0,160	0,034
U	0,808	0,340	1,390	0,360
V	143,833	78,000	198,000	40,952
W	0,764	0,100	3,600	0,999
Y	2,656	0,620	7,780	2,302
Zn	5,083	1,000	9,000	2,193
Zr	26,742	5,100	63,100	19,712

X = Média Aritmética; Mín = Valor Mínimo; Máx = Valor Máximo; S = Desvio Padrão.

4.4 RESULTADOS DOS ÍNDICES DE GEOACUMULAÇÃO (IGEO)

4.4.1 IGEO DOS RESULTADOS DE SEDIMENTO

Para o cálculo do Índice de Geoacumulação dos sedimentos de corrente, foi utilizado como *background* valor referencial de média mundial para metais associados a sedimentos argilosos (folhelho padrão), bem como o valor de referência local da amostra em área mais preservada da pesquisa.

O folhelho padrão é uma referência muito utilizada e difundida nos estudos ambientais, é uma referência média definida para uma área muito mais abrangente do que uma bacia. Considerando a particularidade da área de estudo, sendo um recorte menor em que são encontradas áreas preservadas por unidade de conservação que se pressupõe que apresente os níveis de *background* mais próximos da realidade sem interferência antrópica, optou-se por calcular também o Igeo tendo um *background* local da bacia.

Assim, para montagem da tabela 13 os valores mostrados correspondem apenas àqueles com índice calculados para os elementos considerados perigosos para a saúde humana e/ou que exibiram teores elevados tendo como referência a média mundial para metais associados ao folhelho padrão.

Os valores adquiridos para a geoacumulação do sedimento na bacia do Corrente por meio da referência mundial, variaram entre as classes 0 e 1 do Igeo, que corresponde a intensidade “praticamente não poluído” e “pouco a moderadamente poluído”, respectivamente (Tabela 13).

Para a montagem da tabela 14 foi utilizado como *background* para o cálculo do Igeo a amostra de sedimento 1 que corresponde ao ponto amostral dentro dos limites do PNE no rio Jacuba, área mais preservada da bacia. Os valores mostrados nesta tabela correspondem apenas àqueles com índice calculados, os elementos e/ou pontos que apresentaram resultados abaixo do limite de detecção foram descartados.

Os valores adquiridos para a geoacumulação do sedimento na bacia do Corrente, tendo como *background* a amostra 1, variaram entre as classes 0 e 6, correspondendo às

intensidades “praticamente não poluído” e “muito fortemente poluído”, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 13 - Resultados Igeo - Sedimento de corrente - Referência Mundial

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	
AMOSTRAS	1	-	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	-
	2	0,1	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
	3	0,1	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	3.1	0,1	-6,3	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0
	4	0,1	-12,5	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
	4.1	0,0	-12,5	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	5	0,1	-	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	6	0,1	-12,5	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	6.1	-	-12,5	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	7	-	-	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	7.1	-	-	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	8	-	-	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
	9	-	-	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	10	0,0	-11,2	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0
	11	-	-14,8	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	12	-	-12,5	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
	13	0,1	-	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	14	-	-14,8	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	15	-	-	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	16	-	-12,5	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	17	-	-	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	18	-	-	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	19	-	-	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	19.1	-	-12,5	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	20	-	-14,8	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
	21	0,0	-	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0
	22	-	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	23	-	-14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
24	-	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	
25	-	-	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	
26	-	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	
27	-	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	
28	-	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	

Tabela 14 - Resultados Igeo - Sedimento de Corrente - Referência Local

	1	Al	Ba	Bi	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	La	Mo	Ni
	2	-1,9	0,4	21,8	0,9	0,1	0,2	0,9	-0,1	1,3	1,5	0,8	0,3
	3	-5,5	0,4	-	0,8	-0,1	0,2	1,0	0,2	0,8	1,3	1,0	0,5
	3,1	-0,9	0,4	-	1,0	1,2	0,3	2,6	0,3	1,4	1,8	0,7	0,9
	4	5,5	0,6	-	1,2	2,6	0,2	2,6	0,9	2,9	1,8	2,2	0,8
	4,1	-2,2	0,5	-14,1	0,7	2,4	0,4	2,4	0,7	2,1	0,9	1,1	0,8
	5	3,3	0,5	17,4	1,1	1,7	0,2	2,3	0,6	2,6	1,9	1,3	0,7
	6	1,6	0,6	-	0,8	2,2	0,2	2,1	0,7	2,0	1,0	-2,1	0,7
	6,1	3,7	0,6	-	1,0	2,2	0,2	2,3	0,6	2,5	1,4	-2,9	0,7
	7	-0,3	0,5	-	0,8	1,4	0,2	2,2	0,6	2,2	1,1	-	0,6
	7,1	-6,1	0,4	-0,7	0,6	1,4	0,2	2,0	0,6	1,5	0,8	-1,2	0,5
	8	3,0	0,6	-	1,2	2,4	0,2	2,6	0,9	2,9	1,6	-	0,7
	9	-7,4	0,5	-	0,7	1,3	0,2	1,8	0,4	1,1	0,6	-	0,4
	10	5,2	0,6	15,2	1,0	3,6	0,3	3,5	1,4	3,3	1,1	-0,3	0,9
	11	-3,6	0,4	-	0,5	1,3	0,2	1,8	0,6	1,3	0,4	-2,2	0,5
	12	-1,8	0,5	-13,3	0,8	2,2	0,2	2,2	0,9	1,9	1,0	-2,4	0,6
	13	-8,0	0,4	-	0,6	1,5	0,2	1,9	0,4	1,0	0,7	-2,6	0,5
	14	-2,5	0,5	-	0,8	1,8	0,2	2,0	0,6	1,8	0,9	-4,5	0,5
	15	-4,0	0,6	-	0,8	2,0	0,2	1,7	0,7	1,0	1,0	-1,9	0,6
	16	-1,8	0,5	-	0,9	2,1	0,2	2,2	0,6	1,9	1,1	-2,9	0,6
	17	-15,8	0,5	10,6	0,4	1,3	0,2	0,8	-0,2	-0,7	0,3	-3,6	0,2
	18	-2,9	0,7	-	1,0	2,3	0,2	1,7	0,6	1,2	1,5	-2,3	0,7
	19	-3,0	0,6	-	0,8	2,0	0,3	1,8	0,7	1,1	1,2	-1,4	0,6
	19,1	-5,8	0,6	-	1,0	2,8	0,2	2,1	0,5	1,5	1,5	-	0,6
	20	-6,3	0,6	-	0,9	2,4	0,2	2,4	0,8	1,7	1,2	-	0,6
	21	-5,8	0,6	-	1,0	2,3	0,2	1,7	0,5	1,0	1,5	-4,1	0,7
	22	-8,5	0,6	-3,8	0,8	2,0	0,2	1,5	0,5	0,8	1,2	-2,0	0,6
	23	-9,5	0,5	-	0,7	1,4	0,2	1,1	0,1	0,5	0,8	-	0,4
	24	-10,7	0,5	7,1	0,6	1,3	0,2	1,3	0,3	0,4	0,7	-1,6	0,4
	25	-1,9	0,7	-	1,0	2,4	0,2	2,3	0,8	1,9	1,4	-	0,6
	26	-9,5	0,5	-9,3	0,7	1,1	0,2	1,4	0,3	0,6	0,8	-1,6	0,5
	27	-11,1	0,5	-15,7	0,7	1,0	0,2	1,3	0,4	0,4	0,8	-2,0	0,5
	28	-10,1	0,5	17,3	0,8	1,4	0,2	1,3	0,3	0,3	1,1	-1,4	0,5

AMOSTRAS

Tabela 14 - Resultados Igeo - Sedimento de Corrente – Referência Local (continuação)

	Pb	Rb	Sc	Sn	Sr	Te	Th	Tl	V	Y	Zr
2	0,3	1,0	1,9	0,1	0,6	12,2	0,9	-6,8	0,4	2,0	0,3
3	0,3	-0,4	0,4	-0,7	0,2	-	0,6	-48,2	0,4	1,7	0,3
3,1	0,8	0,1	1,4	1,2	3,3	-	1,1	4,6	0,5	2,4	0,4
4	0,4	0,3	5,5	0,1	1,4	-	1,9	-29,1	0,8	2,8	0,7
4,1	0,4	0,5	4,1	-0,1	0,5	-7,8	0,8	-21,4	0,8	1,3	0,6
5	0,4	0,6	4,6	0,6	0,9	-	1,6	-14,8	0,7	3,5	0,5
6	0,3	-0,4	3,1	-0,1	1,1	-	0,1	-41,2	0,7	1,5	0,7
6,1	0,4	-0,1	4,5	1,0	0,7	-	0,9	-34,7	0,7	2,6	0,6
7	0,4	-	3,4	-1,0	0,4	-	0,6	-	0,7	1,7	0,4
7,1	0,3	0,2	2,3	0,7	0,3	-	0,1	-33,1	0,7	1,0	0,4
8	0,4	-0,4	5,5	-0,7	1,4	-	1,1	-	0,8	2,9	0,6
9	0,3	-	1,5	-	0,3	-	-0,3	-	0,6	0,6	0,3
10	0,3	0,1	5,5	0,7	0,6	-	0,9	-36,5	1,0	1,9	0,7
11	0,2	-0,2	2,0	0,1	0,2	-	-0,1	-48,2	0,7	0,0	0,5
12	0,2	0,4	3,7	-0,1	1,0	-	0,3	-41,2	0,8	1,3	0,6
13	0,2	0,1	1,3	-0,1	0,5	-	-0,3	-53,8	0,7	0,1	0,4
14	0,3	0,2	3,2	-0,7	0,9	-	-0,3	-44,2	0,7	1,1	0,5
15	0,3	0,5	1,9	0,3	1,5	-	-0,3	-41,2	0,6	1,0	0,5
16	0,3	0,3	3,8	-0,5	1,2	-	0,3	-41,2	0,7	1,5	0,5
17	0,2	0,0	-1,7	-0,4	0,2	-	-1,7	-48,2	0,5	-0,6	0,1
18	0,3	0,9	2,7	0,2	1,9	-	0,4	-36,5	0,6	1,6	0,6
19	0,3	0,4	2,2	0,2	1,5	-	0,0	-41,2	0,6	1,0	0,5
19,1	0,4	0,2	3,5	0,0	1,8	-	0,1	-36,5	0,7	2,0	0,3
20	0,3	0,4	3,3	-0,1	1,2	-	1,3	-41,2	0,9	1,5	0,5
21	0,2	0,7	2,3	-1,0	1,5	-	0,4	-44,2	0,7	1,3	0,6
22	0,2	0,7	2,0	-0,2	1,7	5,5	0,3	-38,7	0,6	0,8	0,5
23	0,2	-0,1	0,8	-0,7	0,8	-	-0,5	-53,8	0,5	0,1	0,3
24	0,4	0,4	1,3	0,2	0,4	7,7	-0,3	-30,3	0,6	0,3	0,3
25	0,3	0,6	4,0	0,1	1,5	-	1,8	-34,7	0,8	2,1	0,5
26	0,4	0,5	1,7	-0,1	0,6	-5,5	-0,3	-28,0	0,5	0,6	0,4
27	0,3	0,5	1,4	0,3	0,8	-2,0	-0,3	-36,5	0,6	0,5	0,4
28	0,2	0,9	1,4	-0,1	0,8	10,1	-0,1	-36,5	0,6	0,8	0,4

Apresentaram Igeo > 5 os metais Alumínio (Al), Bismuto (Bi), Escândio (Sc), Tálcio (Tl) e o semi-metal Telúrio (Te) que correspondem a última classe do Igeo - “muito fortemente poluído”.

Cobalto (Co), Cobre (Cu), Gálio (Ga) e Ítrio (Y) apresentaram índices de 2 a 3 e 3 a 4 que correspondem as classes “moderado a fortemente poluído” e “fortemente poluído”.

Cabe ressaltar que os elementos Al, Bi, Sc, Tl, Te e Y representam a geologia regional, sendo portanto elementos geogênicos da bacia.

4.4.2 IGeo DOS RESULTADOS DE SOLOS

Foi utilizado como *background* para o cálculo do Igeo a amostra de solo 1 que corresponde ao ponto amostral dentro dos limites do PNE, em área preservada de cerrado.

Os valores adquiridos para a geoacumulação do solo na bacia do Corrente, em sua maioria ficaram abaixo de 1, o que correspondem às classes “pouco a moderadamente poluído” e “praticamente não poluído”. Assim, para montagem da tabela 15 os valores mostrados correspondem apenas aqueles com índice calculado maior que 1, que corresponde a intensidade de poluição “moderadamente poluído”, objetivando destacar os pontos de maior relevância.

Tabela 15 - Resultados Igeo - Solo

		Co	Sr	W	Y
AMOSTRAS	2	-0,7	0,9	0,3	-0,5
	3	-0,5	0,1	-2,2	0,0
	4	-0,7	-0,7	-3,9	-0,4
	4.1	-1,0	1,5	-2,2	-0,2
	5	0,9	-0,3	-7,4	-0,1
	6	0,4	-0,5	4,1	2,0
	7	0,5	-0,5	0,3	1,6
	8	-0,2	0,3	-	1,2
	9	0,6	0,1	-5,2	0,7
	10	0,7	1,1	-5,2	1,4
	11	1,0	0,7	-2,2	1,3

Apenas os elementos Cobalto (Co), Estrôncio (Sr), Ítrio (Y) e Tungstênio (W) apresentaram índices de geoacumulação maior igual a 1. Os três primeiros apresentaram pontos classificados como “moderadamente poluído”. Dentre os valores adquiridos o de Tungstênio na amostra 6 foi o mais representativo atingindo a classe “forte a muito fortemente poluído”. Os elementos em destaque no Igeo das amostras de solo também estão associados a contribuição da geologia regional.

4.5 RESULTADOS DAS MATRIZES DE CORRELAÇÃO

Correlação é uma medida de similaridade entre duas variáveis. A correlação pode ser positiva, quando as duas variáveis crescem em conjunto ou negativa, quando se tem o comportamento inverso. Também a correlação pode ser nula. Essa ferramenta estatística é muito utilizada para estudar os tipos de associações geoquímicas, que podemos correlacionar com a geologia da área estudada.

Para o cálculo das matrizes de correlação foram considerados apenas os elementos que tiveram a maioria das amostras com resultados acima do limite de detecção do equipamento. Elementos em que o número de amostras com resultados abaixo do limite de detecção do equipamento superaram trinta por cento do número total de amostras analisadas foram descartados.

4.5.1 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS DE ÁGUA

Os resultados obtidos na matriz de correlação das análises químicas das amostras de água estão dispostos na Tabela a seguir (Tabela, 16), ordenados de forma a mostrar apenas as correlações com significância $p < 0,05$ com destaque para as fortes correlações ($0,8 \leq R \leq 1$), em negrito e as correlações medianas ($0,6 \leq R \leq 0,8$), destacadas em sublinhado.

Tabela 16 - Matriz de correlação - resultados de água

	Ba	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Si
Ba	1,00							
Ca	<u>0,72</u>	1,00						
Fe	-	<u>0,64</u>	1,00					
K	0,91	<u>0,71</u>	-	1,00				
Mg	<u>0,79</u>	0,90	0,52	<u>0,74</u>	1,00			
Mn	-	0,52	-	-	0,57	1,00		
Na	0,50	-	-	0,55	-	-	1,00	
Si	<u>0,78</u>	-	-	<u>0,71</u>	0,54	-	0,51	1,00

Os principais cátions presentes nas águas do rio Corrente, são Si, Ca, K, seguidos de Mg, Na e Fe. Estes cátions apresentam fortes correlações positivas entre si, indicando provavelmente uma mesma fonte, que deve ser a geologia da região.

Foram estabelecidas as seguintes associações geoquímicas mais significativas para as amostras de água: Ba-Ca-K-Mg-Si e Fe-Ca-K-Mg – que refletem a geologia da bacia (contribuição geogênica) - são elementos móveis, transportados em solução, resultante do intemperismo das rochas. A associação Ba-Ca-Mg refletem a contribuição de calcários que pode ser da formação Marília, ou do uso agrícola, Mg-Si provém de formações de areias impuras.

4.5.2 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS DE SEDIMENTO

Os resultados obtidos na matriz de correlação das análises químicas das amostras de sedimento estão dispostos na Tabela a seguir (Tabela 17), ordenados de forma a mostrar apenas as correlações com significância $p < 0,05$, com destaque para as fortes correlações ($0,8 \leq R \leq 1$), em negrito e as correlações medianas ($0,6 \leq R \leq 0,8$), destacadas sublinhadas.

Foram estabelecidas as seguintes associações geoquímicas mais significativas para as amostras de sedimento:

Ba-Ca-Mn-Sr – associação comum em rochas de composição calcárias – reflete a contribuição da formação marília e/ou a influência de processos de calagem na agricultura.

Ce-La-Th-U-Y – associação típica de rochas alcalinas ou granitoides;

Co-Cr-Ni-Fe-V – reflete rochas ricas em minerais máficos (rochas máficas e ultramáficas) – tais como os basaltos e riolitos presentes na litologia da formação Serra Geral;

Também foi encontrado associações de: Al-Ga-Hf-Sc-Zr - possuem afinidades geoquímicas com rochas de características ácidas.

Na matriz de correlação observa-se que as razões mais significativas ocorrem entre: Al e Ga (0,95), V e Cu (0,95), Fe e V (0,95) e Ga e Sc (0,96), razões estas que estão associadas a geologia da bacia.

4.5.3 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS DE SOLO

Os resultados obtidos na matriz de correlação das análises químicas das amostras de solo estão dispostos na Tabela a seguir (Tabela, 18), ordenados de forma a mostrar apenas as correlações com significância $p < 0,05$, com destaque para as fortes correlações ($0,8 \leq R \leq 1$), em negrito e as correlações medianas ($0,6 \leq R \leq 0,8$), destacadas em sublinhado.

As razões mais significativas encontradas nas amostras de solo foram: Al-Ga (0,95); Al-Sn (0,97); Al-Th (0,96); Ga-In (0,98); Ga-Sb (0,97); Ga-Sn (0,99); Ga-Th (0,98); In-Sn (0,96); In-Th (0,96) e Th-Sn (0,98). Todas estas associações estão relacionadas com a geologia da bacia.

Tabela 17 - Matriz de correlação - resultados de sedimento

	Ag	Al	Ba	Ca	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Ga	Hf	La	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sc	Sn	Sr	Th	Ti	Tl	U	V	Y	Zr	
Ag	1,00																												
Al	-	1,00																											
Ba	-	-	1,00																										
Ca	-	-	<u>0,71</u>	1,00																									
Ce	-	<u>0,77</u>	<u>0,61</u>	-	1,00																								
Co	-	<u>0,69</u>	0,51	-	0,52	1,00																							
Cr	-	-	0,54	-	-	<u>0,75</u>	1,00																						
Cs	-	-	-	-	-	-	-	1,00																					
Cu	-	<u>0,72</u>	-	-	-	0,92	<u>0,64</u>	-	1,00																				
Fe	-	<u>0,75</u>	-	-	0,52	0,94	<u>0,71</u>	-	0,92	1,00																			
Ga	-	0,95	-	-	<u>0,74</u>	<u>0,78</u>	-	-	0,84	0,85	1,00																		
Hf	-	<u>0,79</u>	0,50	-	<u>0,67</u>	0,83	<u>0,67</u>	-	<u>0,72</u>	0,85	<u>0,79</u>	1,00																	
La	-	<u>0,65</u>	-	-	0,87	-	-	0,56	-	-	0,55	-	1,00																
Mn	-	0,52	<u>0,77</u>	0,50	0,55	0,84	<u>0,65</u>	-	<u>0,64</u>	0,81	<u>0,60</u>	0,80	-	1,00															
Mo	0,52	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>0,66</u>	-	1,00														
Ni	-	<u>0,79</u>	0,50	-	<u>0,62</u>	0,94	0,84	-	0,88	0,92	0,83	0,88	-	<u>0,79</u>	-	1,00													
Pb	-	0,54	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-	-	0,54	-	0,53	-	1,00												
Rb	-	-	-	-	-	-	-	<u>0,74</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00											
Sc	-	0,93	-	-	0,85	<u>0,74</u>	-	-	<u>0,74</u>	0,80	0,96	0,82	<u>0,63</u>	<u>0,64</u>	-	<u>0,79</u>	0,51	-	1,00										
Sn	<u>0,63</u>	-	-	-	-	-	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	0,52	-	-	-	1,00									
Sr	-	-	0,94	<u>0,79</u>	0,55	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>0,62</u>	-	-	-	-	-	-	1,00								
Th	-	<u>0,69</u>	-	-	<u>0,79</u>	-	-	-	-	-	<u>0,66</u>	<u>0,65</u>	0,80	0,54	0,56	0,50	-	-	<u>0,74</u>	-	-	1,00							
Ti	-	<u>0,73</u>	-	-	0,59	<u>0,79</u>	0,59	-	<u>0,74</u>	0,83	<u>0,79</u>	0,94	-	<u>0,77</u>	-	0,82	-	-	0,80	-	-	<u>0,65</u>	1,00						
Tl	<u>0,60</u>	-	-	-	-	-	-	<u>0,70</u>	-	-	-	-	-	-	0,52	-	-	<u>0,65</u>	-	-	-	-	-	1,00					
U	-	0,85	-	-	0,91	0,52	0,50	-	-	0,55	<u>0,79</u>	<u>0,72</u>	0,87	0,51	0,58	<u>0,67</u>	<u>0,64</u>	-	0,87	-	-	<u>0,79</u>	<u>0,65</u>	-	1,00				
V	-	<u>0,69</u>	-	-	-	0,93	0,59	-	0,95	0,95	0,84	0,80	-	<u>0,74</u>	-	0,85	-	-	<u>0,78</u>	-	-	-	0,83	-	-	1,00			
Y	-	<u>0,76</u>	-	-	0,83	-	-	-	-	-	<u>0,71</u>	-	0,91	-	0,58	-	<u>0,66</u>	-	<u>0,75</u>	-	-	0,80	-	-	0,88	-	1,00		
Zr	-	0,83	0,50	-	<u>0,71</u>	<u>0,78</u>	<u>0,64</u>	-	<u>0,65</u>	0,81	<u>0,79</u>	0,93	-	<u>0,72</u>	-	0,84	-	-	0,82	-	-	0,57	0,81	-	<u>0,71</u>	<u>0,70</u>	-	1,00	

Tabela 18 - Matriz de correlação - resultados de solo

	Al	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Ga	Hg	In	K	La	Mn	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Sc	Sn	Sr	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr						
Al	1,00																																				
Ce	-	1,00																																			
Co	-	-	1,00																																		
Cr	0,87	-	-	1,00																																	
Cs	-	-	-	-	1,00																																
Cu	-	-	-	-	<u>0,74</u>	1,00																															
Fe	0,80	-	-	0,89	-	-	1,00																														
Ga	0,95	-	-	0,90	-	-	0,88	1,00																													
Hg	-	-	-	-0,50	-	-	-	-0,56	1,00																												
In	0,89	-	-	0,87	-	-	0,89	0,98	-0,58	1,00																											
K	-	-	-	-	<u>0,61</u>	-	-	-	-	-	1,00																										
La	-	0,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00																									
Mn	<u>-0,65</u>	-	0,82	<u>-0,66</u>	-	-	-0,56	<u>-0,68</u>	-	<u>-0,70</u>	-	-	1,00																								
Nb	0,53	0,56	-	<u>0,77</u>	-	-	<u>0,74</u>	<u>0,68</u>	<u>-0,60</u>	<u>0,72</u>	-	-	-0,54	1,00																							
Ni	<u>0,64</u>	-	-	0,59	-	<u>0,60</u>	-	0,54	-	-	-	-	-	-	1,00																						
P	0,51	-	-0,74	<u>0,62</u>	-	-	<u>0,63</u>	0,68	-0,56	<u>0,78</u>	-	-	<u>-0,79</u>	<u>0,71</u>	-	1,00																					
Pb	-	0,73	-	-	-	<u>0,62</u>	-	-	-	-	-	<u>0,65</u>	-	-	0,59	-	1,00																				
Rb	-	-	-	-	0,52	<u>0,65</u>	-	-	-0,55	-	0,80	-	-	-	<u>0,77</u>	-	-	1,00																			
Sb	0,93	-	-0,61	0,87	-	-	<u>0,79</u>	0,97	-0,58	0,96	-	-	<u>-0,72</u>	<u>0,69</u>	-	<u>0,74</u>	-	-	1,00																		
Sc	0,52	-	-	0,59	-	<u>0,72</u>	<u>0,76</u>	<u>0,66</u>	-0,58	<u>0,67</u>	-	-	-	-	0,52	-	<u>0,76</u>	0,50	0,50	1,00																	
Sn	0,97	-	-0,54	0,90	-	-	0,83	0,99	-0,55	0,96	-	-	<u>-0,70</u>	<u>0,64</u>	0,58	<u>0,65</u>	-	-	0,98	0,59	1,00																
Sr	-	-	-	-	<u>0,62</u>	-	-	-	-	-	<u>0,65</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00															
Th	0,96	-	<u>-0,60</u>	0,92	-	-	0,88	0,98	-0,53	0,96	-	-	<u>-0,71</u>	<u>0,71</u>	0,50	<u>0,68</u>	-	-	0,97	0,57	0,98	-	1,00														
Ti	-	-	0,82	-	-	-	-	-0,57	-	-0,58	0,55	<u>0,76</u>	-	-	<u>-0,71</u>	-	-	<u>-0,68</u>	-	<u>-0,60</u>	-	<u>-0,61</u>	1,00														
Tl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,52	-	<u>0,66</u>	-	-0,54	-	-	<u>-0,63</u>	-	-	-	-	-	1,00													
U	0,80	-	-	0,84	-	-	0,88	0,92	<u>-0,68</u>	0,93	-	-	<u>-0,64</u>	<u>0,72</u>	-	<u>0,67</u>	-	-	0,87	<u>0,77</u>	0,90	-	0,90	-	1,00												
V	<u>0,62</u>	<u>0,63</u>	-	<u>0,77</u>	-	0,50	0,87	0,71	-	<u>0,70</u>	-	-	-	<u>0,66</u>	0,54	-	<u>0,79</u>	-	0,57	0,89	<u>0,66</u>	-	<u>0,69</u>	-	0,80	1,00											
W	-	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00										
Y	-	<u>0,70</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,91	-	-	-	-	0,57	-	-0,52	-	-	-	-	<u>0,75</u>	-	-	-	1,00									
Zn	-	-	-	-	0,55	0,84	-	0,17	-	-	0,51	-	-	-	<u>0,72</u>	-	-	0,82	-	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00			
Zr	0,87	-	-	0,87	-	-	0,86	0,84	-	<u>0,79</u>	-	-	-0,52	<u>0,60</u>	0,59	-	<u>0,62</u>	-	<u>0,76</u>	<u>0,63</u>	0,84	-	0,88	-	0,82	0,85	-	-	-	-	-	-	-	1,00			

CAPITULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os teores de metais pesados encontrados na bacia estudada demanda atenção tendo em vista que boa parte deles superam os limites de prevenção estabelecidos pela resolução do CONAMA. Foram encontrados valores acima do recomendado pela legislação nos elementos: Alumínio (Al), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Chumbo (Pb), em amostras de água; Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni) e chumbo (Pb) em amostras de sedimento; Arsênio (As) e Cromo (Cr) em amostras de solo.

No geral os resultados mostraram que a dispersão de elementos tem como principal contribuição o substrato rochoso. Porém a proximidade de pontos de amostragem que apresentaram resultados preocupantes com áreas que são intensamente utilizadas por atividades agrosilvopastoris sugere que a origem dos elementos analisados pode ser de tais atividades.

Os resultados dos cálculos do Igeo tendo como referência a média mundial do folhelho apresentaram resultados inferiores quando comparados com os resultados dos índices que teve como referência de background um ponto em área preservada da bacia. No entanto acredita-se que o resultado do índice com a referência local da bacia seja mais fidedigno refletindo melhor o dinamismo da bacia.

Nas análises das diferentes classes de amostras, notou-se que na área da bacia hidrográfica os sedimentos de corrente são mais “ricos” em metais do que os solos. Os sedimentos de corrente refletem a qualidade das águas de forma cumulativa e contínua. Os elementos traços, que em geral estão presentes na água em baixíssimas concentrações, podem se acumular nos sedimentos em elevados teores.

Em ambientes aquáticos, os íons podem estar distribuídos entre as fases solúveis na água, coloidal, material em suspensão e uma grande proporção é incorporada aos sedimentos de fundo. De um modo geral, os sedimentos tem alta capacidade de reter os elementos químicos. Essa capacidade de retenção 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 pouco móveis a muito pouco

móveis em ambientes com pH entre 5 e 8, que geralmente é o pH da água superficial, sem interferência antrópica.

O levantamento geoquímico é um importante estudo na caracterização da qualidade ambiental de uma bacia. As concentrações dos elementos químicos em amostras de solos, de águas fluviais e de sedimentos ativos de corrente, indicaram variações naturais ou antrópicas, cujos resultados podem ser aplicados como ferramentas para o planejamento de ações de saneamento, saúde pública e diagnóstico ambiental das atividades agropecuárias e da ocupação do solo urbano e rural.

REFERÊNCIAS

- ALVES S. R.; SILVA, J. J. O. **Avaliação de ambientes contaminados por agrotóxicos.** In: PERES, F.; MOREIRA, J. C. (Org.). *É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente.* Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003. p. 137-156.
- BAGGIO, Hernando; HORN, Adolf. Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em sedimento de corrente no rio do Formoso, município de Buritizeiro – MG. **Geonomos**, n.16, v. 2, p. 91-98, 2008.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Revista IG-USP**, Caderno Ciências da Terra. São Paulo, n.13, 1971.
- _____. **Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico.** Trad. de Olga Cruz. R. RAÍGA: Curitiba, n. 3, 2003. p. 141-152
- BORGES, L. O. S. **Avaliação de metais em água e sedimento na bacia do Rio Piacó no município de Anápolis, Goiás.** Goiânia, 2009. 65p. Tese (Dissertação de Mestrado). Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, UEG- Universidade Estadual de Goiás, 2009.
- CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica.** 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/laboratorios/109-informacoes-toxicologicas>> Acesso em 19 mar. 2013
- CPRM-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Manual Técnico da Área de Geoquímica, Versão 6.0.** 2009.
- CORTECCI, G. **Geologia e Saúde.** Tradução Wilson Scarpelli. PGAGEM. São Paulo. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geosaude.pdf>. Acesso em outubro de 2010.
- DIAS, Janise; SANTOS, Leonardo. **A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural.** Confins, n. 1, 2. sem. 2007. Disponível em: <http://confins.revues.org/document10.html>>. Acesso em: 03 ago. 2011.
- DNPM. **Balanco Mineral 2001.** Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001>> Acessado em 19 mar. 2013
- ESRI ArcGIS for Windows. **ArcMap Version 9.3.** License Type ArcInfo. [S.I] ESRI – Enviromental Systems Research Institute, 2008. 1 CD-ROM.
- FERGUSSON, J. E. **The heavy elements.** Pergamon Press: Oxford, 1991. 641p.
- GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás: Relatório Final.** Goiânia,

2005. 81 p.:il. Disponível em: < <http://www.sieg.go.gov.br/downloads/geomorfologia.pdf>> Acesso em 31 mai. 2012.

_____. **Mapa de Solos 1:250.000 do Plano diretor da Bacia do rio Paranaíba em Goiás.** Goiânia, 2005. Disponível em: < <http://www.sieg.go.gov.br/>> Acesso em 31 mai. 2012.

HAKANSON, L. **An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: a sedimentological approach.** WaterResearch, 1980.

IBAMA. **Conservação da biodiversidade na região do entorno do Parque Nacional das Emas (Área piloto I: PROLEGAL - programa de revisão, regularização e monitoramento das áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente) .** 2008. Disponível em < www.ibama.gov.br > Acessado em 01 mar. 2012.

IBGE. **Censo Demográfico 2010.** 2010. Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/amostra/> > Acessado em 29 Abr. 2012.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra. 2ª Edição.** Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: < www.ibge.gov.br > Acessado em 13 Mar 2013.

_____. **Manual Técnico de Pedologia. 2. Ed.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: < www.ibge.gov.br > Acessado em 24 Ago 2012.

LAYBAUER, L. **Análise das transferências de metais pesados em águas e sedimentos fluviais na região das minas do Camaquã, RS.** Porto Alegre, 1995. 163f. Tese (Dissertação de Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995.

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, 2001.

LIN, N-F.; TANG, J.; BIAN, J-M. **O ambiente geoquímico e os problemas de saúde na China.** Environmental Geochemistry and Health. n.26, p. 81 - 88. Kluwer Academic Publisher. Printed in Netherlands. 2004. Acesso em: 20/01/2013. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/pgagem/puerto/china_tradu.pdf

LINS, C. A. C. *et al.* **Manual técnico PGAGEM – Brasil.** São Paulo: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. 28p.

MAGALHÃES, M.N., LIMA, A.C.P. **Noções de Probabilidade e Estatística.** São Paulo, Editora da USP, 2002. 392 p. (5a ed.).

MIRLEAN, N.; TELLES, R. M.; DUARTE, G. M. O que é geoquímica da paisagem? **Geosul**, v.21, n.41, 2006.

MONTEIRO, C. A. **Geossistema: a história de uma procura.** São Paulo:Contexto, 2000.

- MOORE, David S. **The Basic Practice of Statistics**. New York, Freeman, 2007.120p.
- MORAES, A. C. R.. **Geografia: pequena historia crítica**. São Paulo: Hucitec, 1991.
- MORAES, P. P. F. **Análise geoquímica-ambiental dos solos de veredas da Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil**. 2010. 203p. Tese (Dissertação de Mestrado). UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2010.
- MOREIRA, R. C. A.; BOAVENTURA, G. R.; OLIVEIRA, E. C. **Referência Geoquímica Regional para interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do lago Paranoá-DF**. Química Nova, v. 26, n. 6, p. 812-820, mar. 2003. <Disponível em: <http://www.scielo.br/>> Acesso em: 31 jan 2013.
- MOREIRA, Maria Luiza Osório (Org.); MORETON, Luiz Carlos; ARAÚJO, Vantederlei Antônio de; LACERDA FILHO, Joffre Valmório de; COSTA, Heitor Faria da. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Escala 1:500.000**. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.
- MELO, D. R. **As Veredas nos planaltos do Noroeste Mineiro: caracterizações pedológicas e os aspectos morfológicos e evolutivos**. Rio Claro, 1992. 219 f. Tese (Dissertação de Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.
- MÜLLER, G. **Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins**. Veränderungen seit, Umschau, 1979.
- NUNES, J. O. R; SANT'ANNA NETO, J. L; TOMMASELLI, J. T. G; AMORIM, M. C. C. T; PERUSI, M. C. A influência dos métodos científicos na Geografia Física. **Revista Terra Livre**, Presidente Prudente (Associação dos Geógrafos Brasileiros), Ano 22, v. 2, n. 27, Jul-Dez/2006. p. 119-130.
- PEREIRA, H. S. *et al.* Silicon sources for Rice crops. **Scientia Agraria**, v. 61, n. 05, p. 522-528, 2004. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162004000500010&script=sci_arttext > Acessado em 22 mar. 2013.
- PRADA, S. M. & OLIVEIRA, C. E. S. **A importância do chumbo na história**. 2010. Disponível em < http://www.crq4.org.br/?p=texto.php&c=a_importancia_do_chumbo_na_historia> Acessado em 19 mar. 2013.
- PRADO FILHO, J. F. **Ciências do Ambiente: Ecologia, Degradação e Proteção Ambiental**. Ouro Preto: UFOP-Depto. de Engenharia Gerencial e Econômica,1992.
- RAMALHO, J. F. G. P. et al. **Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos**. Pesq. Agropec. Bras., v. 35, n. 7, p. 1289-1303, jul. 2000. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v35n7/1289.pdf> > Acessado em 19 mar. 2013.

ROUGERIE, Gabriel. **Geografia das paisagens**, São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1971.

SILVA, C. S. da; PEDROZO, M. de F. M. **Ecotoxicologia do Cromo e seus Compostos**. Cadernos de Referência Ambiental, v. 5 – Salvador: CRA, 2001. Disponível em: < <http://www.intertox.com.br/index.php/biblioteca-digital/category/5-publicacoes-interrisk>> Acessado em 19 mar. 2013.

SISTEMA ESTADUAL DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DO ESTADO DE GOIÁS – SIEG. Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás – SEPLAN. Base cartográfica e mapas temáticos do Estado de Goiás: Arquivos SIGs (shapefiles) – base cartográfica, geologia, geomorfologia, solo. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>>. Acessado em 8 jun 2012.

SUERTEGARAY, D. M. A; NUNES, J. O. R. A natureza da geografia física na geografia. **Revista Terra Livre**, São Paulo (Associação dos Geógrafos Brasileiros), nº 17, 2º semestre/2001.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 97.

_____. **Paisagem e Ecologia: Inter-fácies**, Ibilce. São José do Rio Preto:UNESP, 1982. n.76. 55p.

TUREKIAN, K. K.; WEDEPOHL, K. H. **Distribution of the Elements in some major units of the Earth's crust**. Geological Society of America, Bulletin 72: 175-192. 1961. Disponível em: < <http://earthref.org/ERR/926/>>. Acessado em 10 abr 2013.

VIANA, V. M. F. C. **Estudo Hidrogeoquímico das Veredas do Rio do Formoso no Município de Buritizeiros, Minas Gerais**. 2006. 107p. Tese (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Instituto de Geociências, 2006.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. CARVALHO-FILHO, Luiz Mendez. Sistema de Informação geográfica: uma proposta metodológica. In.: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo, 1993. **Anais...** São Paulo: EDUSP, 1993. p.609-628.

YONGMING, H. *et al.* **Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China**. Science of the total environment, 2005.

ZIMBRES, Eurico. **Guia avançado sobre as águas subterrâneas**. 2002. Disponível em: < <http://www.meioambiente.pro.br/>>. Acessado em 10 ago 2013.