

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
VICE REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**Aspectos Fitoquímicos e Contaminação Antrópica por  
Metais nas Bacias Hidrográficas do RIBEIRÃO SANTO  
ANTÔNIO NO MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA-  
GO**

Mestranda: Maria Vilma de Sousa Morais  
Orientador: Dr. Nelson Jorge da Silva Junior  
Co-orientador: Dr. Luiz Fabrício Zara

Goiânia, 2006

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
VICE REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**Aspectos Fitoquímicos e Contaminação Antrópica por Metais nas Bacias  
Hidrográfica do RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO NO MUNICÍPIO DE  
APARECIDA DE GOIÂNIA-GO**

**Maria Vilma de Sousa Morais** Orientador:  
Dr. Nelson Jorge da Silva Junior  
Co-orientador: Dr. Luiz Fabrício Zara

**Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Meio  
Ambiente e Saúde, como  
complementação de créditos necessários  
para obtenção do título de Mestre em  
Ciências Ambientais e Saúde.**

**Goiânia 2006**

*Aos meus queridos pais,  
primeiros e eternos "mestres"  
pelo exemplo de honestidade,  
de fé, amor e espírito de luta. E  
com a certeza, de que muitas  
das vezes, renunciaram seus  
sonhos para realizarem os  
meus.*

*As minhas filhas Andréa, Lorena e Marcela, e aos meus netos Gabriel e Manuela, razão maior do meu esforço , por compreenderem tantos momentos distantes, mas também por dividirem minhas alegrias e tristezas, e nos momentos difíceis, cada uma do seu jeito, dando sua contribuição para que eu sempre pudesse continuar a caminhada.*

*Aos meus irmãos pelas tantos momentos de convivência familiar, pelos sorrisos, lágrimas, amizade, pelas críticas e sugestões que sempre contribuíram na nossa formação de SER HUMANO.*

## **Agradecimentos**

**Ao prof. Dr. Eric Santos Araújo**, pelos ensinamentos, pela compreensão, pelos incentivos de prosseguir na caminhada, e não somente como orientador de uma pesquisa científica, pela prontidão em atender, e acima de tudo pelo lado humano, que dentro da sua sabedoria e com toda sua paciência, nos fez conhecer e apaixonar pela geologia médica, algo desafiante!

**Ao Prof.Dr, Nelson Jorge da Silva Jr.** pelo incentivo, por não me deixar desistir desta etapa e por me fazer entender que mestrado é um projeto que faz parte de nossa vida e não um projeto de vida.

**Ao Dr. Luiz Fabrício Zara**, por aceitar o desafio em participar deste trabalho e pela prontidão em realizar as análises de vegetais.

**Ao Dr. Aparecido Divino da Cruz “Peixoto”**, meu Diretor de Departamento, pela compreensão, incentivo desde o início ao término deste trabalho.

**Ao Welder C. Miranda, Rodolfo José Vitor** à quem posso chamar de “AMIGOS”, pelas palavras de incentivo, por acreditarem no meu esforço, e, por sempre acharem que eu seria capaz de chegar a conclusão desse projeto.

**Ao Anderson e Ricardo**, meus colaboradores, que me auxiliaram voluntariamente, nas coletas das amostras de vegetais, e nas digitações, sem os quais não teria sido possível a conclusão deste trabalho.

**A DEUS**, pela minha fé e pela força interior, que me faz prosseguir nos momentos mais inacreditáveis da minha vida!

*“Eu sou aquela mulher;  
a quem o tempo muito ensinou.  
Ensinou amar a vida.  
Não desistir da luta.  
Recomeçar na derrota.  
Renunciar as palavras  
e pensamentos negativos.  
Acreditar nos valores humanos.  
Ser otimista.”*

*Cora Coralina*

# SUMÁRIO

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE FOTOS**

**RESUMO**

**ABSTRACT**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
Objetivo Geral	12
2.1.2. Objetivos específicos	12
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>13</b>
3.1. Associação dos Elementos Químicos	13
3.2. Aspectos Fitoquímicos	14
3.2.1. Nutrição Vegetal	15
3.2.2. Alface	17
3.2.3. Couve	17
3.3. Biodisponibilidade dos Elementos Químicos	19
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO</b>	<b>20</b>
4.1. Localização/Histórico	20
4.2. Clima	24
4.3. Hidrografia	25
4.4. Geologia	26
4.5. Latossolos	29
4.6. Vegetação predominante	30
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.</b>	<b>32</b>
5.1. Determinação de Parâmetros para da Área de Estudo	32
5.2. Elaboração do Mapa de Amostragem	32
5.3. Sistemática de Numeração de Amostras	32

## VIII

5.4.	Coleta de Amostra	33
5.4.1.	Sedimentos de Corrente	33
5.4.2.	Amostra de vegetais	35
5.5.	Procedimentos para Analise	39
5.5.1.	Espectrometria	39
5.5.2.	Procedimentos de Digestão de Sedimento de Corrente	39
<b>6.</b>	<b>Resultados e discussões</b>	<b>31</b>
6.1.	Sedimento de Corrente analisados por AA (absorção Atômica)	
6.1.1.	Ação biológica dos elementos: Cr e Mn	36
6.1.2.	Ação biológica dos elementos: Ni, As e Co	39
6.2.	Sedimentos de corrente analisados por ICP	42
6.2.1.	Ação biológica dos elementos: Au, Cd, Ba, La e Li	50
6.2.2.	Ação biológica dos elementos: Mg, Ni, k e Zn	54
6.2.3.	Ação biológica dos elementos: Rb, Tl, e Cs	61
6.2.4.	Ação biológica dos elementos: Cr, Sb e V	63
6.2.5.	Ação biológica dos elementos: Fe e Th	68
6.1.2	Nutrição Vegetal	
6.1.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	
	Procedimentos de Digestão das amostras	
6.1.4.	Tratamento de Dados e Apresentação de Resultados	
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	
7.1.1.	Análise das Amostras por sedimento de corrente	
7.1.2.	Análise Alface/couve	
<b>8 .</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	
<b>9 .</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	
10 .	ANEXOS	

## LISTA DE TABELA

- TABELA 1** Sumário Estatístico das amostras de sedimentos de corrente analisados por AA.
- TABELA 2** Valores anômalos de 1ª, 2ª e 3ª Ordens para AA.
- TABELA 3** Correlações mais expressivas das análises por AA.
- TABELA 4** Resultados de amostras da 1ª correlação por AA.
- TABELA 5** Resultados de amostras da 2ª correlação por AA
- TABELA 6** Sumário Estatístico das amostras de sedimentos de corrente analisados por ICP.
- TABELA 7** Valores anômalos de 1ª, 2ª e 3ª Ordens para ICP.
- TABELA 8** Principais associações geoquímicas e seus índices de correlação.
- TABELA 9** Resultados de amostras da 1ª correlação por ICP.
- TABELA 10** Resultados de amostras da 2ª correlação por ICP.
- TABELA 11** Resultados de amostras da 3ª correlação por ICP.
- TABELA 12** Resultados de amostras da 4ª correlação por ICP.
- TABELA 13** Resultados de amostras da 5ª correlação por ICP.
- TABELA 14** Sumário Estatístico das amostras de Alface/folha analisados por ICP.
- TABELA 15** Sumário Estatístico das amostras de Alface/caule analisados por ICP.
- TABELA 16** Sumário Estatístico das amostras de Couve analisados por ICP.

**LISTA DE FIGURAS**

- FIGURA 1** Mapa de Localização da Área de Trabalho
- FIGURA 2** Imagem de satélite da Área de Trabalho
- FIGURA 3** Mapa da Bacia do Ribeirão Santo Antonio
- FIGURA 4** Mapa geológico da área de estudo
- FIGURA 5** Matriz de Correlação dos sedimentos de corrente analisados por AA.
- FIGURA 6** Mapa de Distribuição do Mn / AA.
- FIGURA 7** Mapa de Distribuição de Cr / AA.
- FIGURA 8** Mapa de Distribuição de Ni / AA.
- FIGURA 9** Mapa de Distribuição de As / AA.
- FIGURA 10** Mapa de Distribuição do Co / AA.
- FIGURA 11** Matriz de correlação de sedimento de corrente analisados por ICP.
- FIGURA 12** Mapa de Distribuição de Au / ICP
- FIGURA 13** Mapa de Distribuição de Cd / ICP
- FIGURA 14** Mapa de Distribuição de Ba / ICP
- FIGURA 15** Mapa de Distribuição de La / ICP
- FIGURA 16** Mapa de Distribuição de Li / ICP
- FIGURA 17** Mapa de Distribuição de Mg / ICP
- FIGURA 18** Mapa de Distribuição de Ni / ICP
- FIGURA 19** Mapa de Distribuição de K / ICP
- FIGURA 20** Mapa de Distribuição de Zn / ICP
- FIGURA 21** Mapa de Distribuição de Rb / ICP
- FIGURA 22** Mapa de Distribuição de Tl / ICP
- FIGURA 23** Mapa de Distribuição de Cs / ICP
- FIGURA 24** Mapa de Distribuição de Cr / ICP
- FIGURA 25** Mapa de Distribuição de Sb / ICP
- FIGURA 26** Mapa de Distribuição de V / ICP
- FIGURA 27** Mapa de Distribuição de Fe / ICP

**FIGURA 28** Mapa de Distribuição de Th / ICP

XI

## **LISTA DE FOTOS**

**FOTO 1** Coleta de sedimentos de corrente

**FOTO 2** Detalhe da preparação de sedimento de corrente para evitar material grosseiro

**FOTO 3** Chácara dos Pássaros

**FOTO 4** Chácara Santa Maria

**FOTO 5** Chácara dos Palmeiras

**FOTO 6** Coleta de Material Vegetal

**FOTO 7** Detalhe de Amostragem

**LISTA DE SIGLAS**

<b>AA</b>	Absorção Atômica
<b>AGIM</b>	Agência Goiana de desenvolvimento Industrial e Mineral
<b>ANVISA</b>	Agência Nacional de vigilância Sanitária
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>CPRM</b>	Serviço Geológico do Brasil
<b>FUNASA</b>	Fundação Nacional de Saúde
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamento Global
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>ICP/EAS</b>	Espectroscopia de Emissão Ótica com Plasma de Argônio Induzido - ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy); □
<b>MCAS</b>	Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde
<b>MPS</b>	Mapping and Processing Sistem, Geosoft
<b>MS</b>	Ministério da Saúde
<b>ONG´S</b>	Organizações não governamentais
<b>PGAGEM</b>	Programa Nacional de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica
<b>PNI</b>	Programa Nacional de Imunização
<b>SOD</b>	Super Óxido Desmutase
<b>SEPLAN</b>	Secretaria de Planejamento
<b>UCB</b>	Universidade Católica de Brasília
<b>UCG</b>	Universidade Católica de goiás
<b>UNICAMP</b>	Universidade de Campinas
<b>VI</b>	Valor de intervenção
<b>VP</b>	Valor de Prevenção
<b>VRQ</b>	Valor de Referência de Qualidade

**RESUMO**

O presente trabalho, teve como objetivo analisar a concentração de elementos químicos em amostras de Sedimento de Corrente de drenagens da Bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antonio, na região de Aparecida de Goiânia, no entorno de Goiânia – GO, bem como Alface e Couve, para levantamento de possíveis contaminações ambientais, antrópicas, ou naturais, e sua relação com a saúde humana. Foram coletadas 16 amostras de sedimento de corrente analisadas por (AA), 07 amostras analisadas por (ICP), 09 amostras de Alface (ICP) e 09 de Couve também analisadas por (ICP), totalizando 41 amostras.

Após análise dos resultados das concentrações dos elementos químicos, foram confeccionadas as matrizes de correlação dos mesmos. Em seguida foram definidas as associações geoquímicas e feitos os mapas de distribuição dos elementos químicos selecionados.

Os resultados obtidos mostram elevadas concentrações de Au, Cd, Ba, La, Li, Mg, Ni, K, Zn, Rb, Tl, Cs, Cr, Sb, Fe, Th, Mn, As, Co, elementos químicos atribuídos a contaminação natural e a componentes antrópicos. Isso advém da área em estudo ser amplamente povoada e com grande utilização para irrigação das hortaliças e etc., expondo a população a possibilidade do risco de contaminação.

A partir dos estudos estatísticos foram produzidos 22 mapas de distribuição dos elementos selecionados e pesquisado sobre a sua ação biológica, o que demonstrou que tanto o excesso quanto a carência de um elemento químico no ser vivo pode causar distúrbios neurológicos, psíquicos, carcinogênicos ou até levar à morte.

**ABSTRACT**

The current work aims to analyze the concentration of chemical elements in samples of sediment in the draining chain of the Ribeirão Santo Antônio's watershed in the region of Aparecida de Goiânia - in the area surrounding Goiânia-GO, and also analyze the Lettuce and Borecole grown there, to investigate the possibility of environmental, anthropic and natural contaminations; establishing a correlation with human being's health.

Sixteen samples of chain sediment were analyzed by (AA) and seven samples by (ICP); nine samples of Lettuce were analyzed by (ICP) and nine samples of Borecole also analyzed by (ICP), adding up forty-one samples.

After analyzing the results of the concentrations of the chemical elements, matrices of correlation were generated from these results. Subsequently, geochemical associations were defined; and the maps of distribution of the selected chemical elements were made according to the biological action of each element that was found.

The results show high concentrations of Au, Cd, Ba, La, Li, Mg, Ni, K, Zn, Rb, Tl, Cs, Cr, Sb, Fe, Th, Mn, As, Co which are chemical elements related to natural contamination and anthropic components. This accrues because the area in study is widely populated and the immense misuse of the water for irrigation of greens and so on; exposing the population to risk of contamination.





No Planeta Terra, dois terços da superfície, ou 71%, é coberto por água. De toda a água existente na Terra, apenas 2,5% é doce, sendo que 70% estão nas geleiras polares assim restando 0,75% para dividir entre 6 bilhões de humanos. Estes 0,75% de água são classificados como superficial e subterrânea. Esta última encontra-se armazenada no subsolo, em rochas chamadas de aquíferos, perfazendo 97% de toda a água disponível, em condições de ser explorada, física e economicamente, pelo homem. As águas superficiais estão distribuídas em bacias hidrográficas (rios, lagos, etc) e representam apenas 3% das reservas de água doce (REBOUÇAS, 2002).

A presença de alguns produtos químicos industriais e agrícolas (agrotóxicos) podem impedir a purificação natural da água (reciclagem) e, nesse caso, só a construção de sofisticados sistemas de tratamento permitiriam a retenção de compostos químicos nocivos à saúde humana, aos peixes e à vegetação. Além destes, a presença de elementos químicos em ambientes geológico (rochas) dependendo de suas concentrações podem dar conseqüência gerando anomalias naturais.

A área de estudo está inserida no bioma do Cerrado. Este é o segundo bioma em extensão da América do Sul, com alta diversidade de espécies, estimada em 1/3 da biota brasileira, sua biodiversidade é superada apenas pela Amazônia.

Segundo Arruda (2001), a área nuclear do cerrado está distribuída, principalmente, pelo Planalto Central Brasileiro, nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, parte de Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal, abrangendo 196.776.853ha. Há outras áreas do Cerrado chamadas de periféricas ou ecótonos, que são transições com os biomas Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga.

A partir da década de 1970, com o desenvolvimento de tecnologias que possibilitam uma melhor utilização agrícola dos solos dos cerrados, a região, como um todo passou a atrair grandes investimentos que contribuíram para alterar significativamente o quadro natural. Segundo Pinto (1993), o marco inicial na devastação do Cerrado brasileiro remonta ao século XVIII, momento que a região passou a ser objeto de ocupação, promovendo-se, assim, os primeiros sinais de degradação<sup>1</sup> do meio ambiente nas áreas de exploração dos recursos minerais. Todavia, até a década de 1950 a região do Cerrado permanecia como um imenso vazio demográfico e econômico, situação esta que foi alterada radicalmente

através das ações conduzidas pelo governo federal, como a transferência da capital federal para o interior do país, provocando mudanças radicais nos aspectos físicos, biológicos, culturais e sociais.

Porém com a expansão da agropecuária, da ocupação humana desordenada, utilização do solo agricultável sem as técnicas adequadas de manejo, exploração da flora e fauna, usos de agrotóxicos para lavouras, destruição das matas ciliares, aceleração do processo de erosão e assoreamento dos cursos d'água, entre outros fatores, contribuem para a deterioração e desequilíbrio ambiental fauna, a contaminação por agrotóxicos, até a deposição de resíduos sólidos e despejo de esgoto e águas servidas em seus mananciais.

1 Com base em Carpanezzi (1990), *apud* Rezende, (1992:7) entende-se por meio degradado ou ambiente degradado, *“aquele que após distúrbios teve eliminados, com a vegetação, os seus meios de regeneração biótica. Seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser bastante lento. A ação antrópica é necessária para sua regeneração a curto prazo”*

O cerrado é considerada a mais rica savana do mundo em termos de diversidade florística, especialmente no tocante às espécies lenhosas, havendo uma expressiva variedade de madeiras, gramínias e frutos, tais como a guariroba (*Syagrus oleracea*), a aroeira (*Astroniuim urundeuva*), o angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), o ipê (*Tabebuia sp.*), o caju do campo (*Anavardium humile*), o murici (*Byrsonima basiloba*), a quaresmeira (*Tibouchina condolleana*), a mangaba (*Hancornia speciosa*), a araticum marôlo (*Annona coriacea*), a mamacadela (*Brosimum gaudichadii*), o pequi (*Caryocar brasiliense*), e tantos outros. Existe também grande quantidade de plantas de alto teor medicinal, cujo número de espécies conhecidas chega a mais de 100, conforme asseveram ALHO & MARTINS (1995), a exemplo da arnicas (*Lychnophora ericoides*), douradinha (*Palicourea coriacea*), a barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*).

A fauna do cerrado é bastante expressiva, contando com animais de grande porte, como a anta (*Tapirus terrestris*) e a capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) que vivem associados as matas ciliares e veredas, devido aos seus hábitos associados a ambientes aquáticos, alimentando-se das gramíneas que crescem próximos aos rios. O tatu (*Dasypus novemcinctus*), o tamanduá bandeira (*Mimercocophago tridactyla*), o veado campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachiurus*) e aves como a ema (*Rhea americana*), a siriema (*Cariama cristata*), a arara vermelha (*Ara macao*), o papagaio verdadeiro (*Amazona aestiva*), o tucanuçu (*Ramphastos toco*) e centenas de outras espécies. É importante ainda salientar o alto grau de endemismos da fauna de invertebrados (ALHO & MARTINS, 1995).

Esta enorme riqueza biótica, o equilíbrio deste sistema é de fundamental importância para os demais ecossistemas brasileiros, uma vez que se conecta com estes através de corredores de migração e de uma complexa rede hidrográfica. Pois como se não bastasse, é no cerrado que se encontram as nascentes de três grandes bacias hidrográficas brasileiras: Tocantins – Araguaia, São Francisco e Paraná.

Diante deste exposto, este trabalho tem por finalidade analisar a contaminação dos metais pesados em sedimentos de corrente, e fazer um levantamento sobre as causas e as conseqüências desses metais na saúde da população humana da região ribeirinha e entorno, bem como a contaminação em

vegetais bioindicadores (alface/couve) produzidos nas suas proximidades, dando ênfase a novas tendências relacionadas com a geologia médica e geoquímica ambiental.

A relação entre a geologia e a medicina é antiga. Hipócrates, por exemplo, já descrevia a intoxicação em mineiros por chumbo, por volta de 375 a.C. Georgius Agrícola, no último capítulo do seu livro *De Re Metallica*, descreveu algumas doenças entre mineiros, no século XVI. Apesar dessa ligação, a denominação de geologia médica foi criada recentemente. Há alguns anos, essa especialidade era tratada como geomedicina (CORTECCI, 2002).

Porém no início do século XX, recebe a recente denominação de geologia médica, uma das áreas das Geociências em franco desenvolvimento em todo mundo. Por definição, é a ciência que estuda os fatores naturais e geológicos e as características do meio físico que podem afetar a saúde do homem, dos animais e de vegetais.

A especialidade estuda, ainda, a exposição excessiva ou a deficiência de elementos e minerais; a inalação de poeiras minerais provenientes de emissões vulcânicas; o transporte, as modificações e a concentração de compostos orgânicos; a exposição a micróbios, entre outras complicações na saúde relacionadas às condições geológicas.

"No mundo e no Brasil, a geologia médica está ganhando forças nos últimos anos. Agora, ela não é mais uma especialidade da Geoquímica ou das Geociências apenas, mas um campo de pesquisa interdisciplinar no qual atuam geólogos, médicos, biólogos, toxicologistas, dentistas, entre outros", afirma o pesquisador Bernardino Figueiredo, do Instituto de Geociência da Unicamp (FAPESP, 2003).

A proposta mais abrangente atualmente em discussão, na opinião do pesquisador Bernardino Figueiredo, é a do Programa Nacional de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM). O programa, que tem atuação multi-institucional e interdisciplinar.

A CPRM instituiu o Programa Nacional de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM), cujo principal objetivo é fornecer subsídios à saúde pública em todo território nacional, por meio da análise da água, solo e sedimentos de fundo de rios e lagos, e caso alguma substância ou elemento químico seja identificado em quantidades nocivas, seus efeitos na população

local são avaliados por intermédio de diagnóstico clínico e de análises laboratoriais (sangue, urina e cabelo, análise bioquímicas etc...).

O Brasil apresenta, hoje, 6,6 milhões de trabalhadores potencialmente expostos à sílica. Desses, 500 mil estão ligados à mineração e ao garimpo; 2,3 milhões à indústria de transformação e 3,8 milhões à construção civil. Estes dados apontam para a importância dos estudos da geologia médica na prevenção de doenças e manutenção da saúde (FAPESP, 2003 ).

O consumo de águas com muito ou pouco iodo, por exemplo, produz efeitos adversos à saúde. A geologia médica não se restringe às ações antrópicas, aos problemas causados pela poluição do ar. Ela vai além e investiga as causas naturais, os fatores geológicos que podem afetar a saúde humana, e que não estão visíveis para a sociedade.

Outro exemplo é o flúor, encontrado naturalmente na água. O excesso da substância causa a fluorose, uma doença que provoca alteração nos dentes, podendo inclusive gerar a sua perda. Dependendo do nível de intoxicação, pode ocasionar, ainda, a deformação de ossos e o envelhecimento precoce. Um retrato extremo desse problema vem da Índia. Cerca de um terço dos 1.200 habitantes da cidade de Jhurana Khurd, no centro do estado de Rajasthan, tem as costas curvadas e os dentes estragados. Além disso, todos aparentam bem mais idade do que têm. Tudo consequência do consumo de água com excesso de flúor, conforme estudos realizados naquele país (CORTECCI, 2002).

Com seu conhecimento científico específico, o geoquímico identifica as quantidades que um determinado elemento está contido em diferentes materiais, como solos, sedimentos, rochas, água, plantas etc., podendo em certas ocasiões estabelecer um diagnóstico caracterizando em alguns casos um processo epidemiológico.

A ocupação desordenada dos espaços causa desmatamento, erosão e extinção de espécies. Os grandes aglomerados urbanos, que viabilizam as relações econômicas da sociedade industrial, são grandes consumidores de energia e recursos em geral, mas devido às dificuldades na reciclagem de seus resíduos, causam poluição. A agricultura intensiva, que se viabiliza pelo uso de pesticidas e fertilizantes e as atividades de mineração, também geram poluição ambiental.

É necessário que os efeitos dessas atividades sejam monitorados para que sejam respeitados os limites aceitáveis de interferência sobre a qualidade ambiental.

A poluição dos corpos d'água é gerada principalmente por lançamentos de efluentes domésticos e industriais, pelas atividades de mineração, pela agricultura com a utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas, como ainda pela pecuária, com os excrementos dos animais.

Vários países do mundo (Canadá, Suécia, Finlândia, China e Estados Unidos, entre outros) vêm realizando pesquisas científicas tentando estabelecer a relação entre os teores dos elementos químicos na água, no solo, nos sedimentos e nas poeiras, e nas plantas, com a incidência de doenças endêmicas nos seres vivos.

A Geoquímica Ambiental gera conhecimentos sobre a distribuição real e dos mecanismos de dispersão dos elementos químicos no meio ambiente, que são fundamentais para as pesquisas geomédicas e epidemiológicas. Estudos geoquímicos são utilizados para identificar anomalias positivas e negativas de elementos traço no ambiente, em áreas com problemas de saúde, caracterizando o campo da Geologia Médica, que tem um papel importante para as decisões no âmbito da saúde pública relacionadas com áreas de risco ambiental, a fim de reduzir a exposição da população aos elementos químicos considerados tóxicos para o homem.

A biodisponibilidade dos elementos químicos para os organismos animais e vegetais e indiretamente para o homem é condicionada pela composição química das águas e solos e pelas propriedades específicas dos elementos. Análises comparadas de metais em água, sedimentos de rios e animais podem variar consideravelmente o ambiente para outro (CORTECCI, 2002) indicando que riscos a saúde em um determinado território podem derivar de modificações ambientais.

(DUARTE e PASQUAL 2000), detectaram o risco de exposição humana através de amostras de solo, plantas, cabelo humanos comprovando a existência de poluição em São Paulo, em quatro rodovias através da presença de metais pesados provenientes de poluição emitida pela queima de combustível automotor.

Na maioria das vezes a avaliação da presença de poluentes no ambiente é feita através de metodologias que empregam recursos químicos, físicos ou físico-químicos, através do uso de aparelhos, em muitos casos bastante sofisticados e caros.

Além das análises realizadas nos sedimentos de corrente, um tópico foi abordado sobre a fitoquímica analisando alfaces e couves. Avaliar o comportamento do poluente no ambiente, ou seja, monitorar a sua ação através de organismos vivos é um tópico relativamente novo nas ciências ambientais, que tem sido chamado de **biomonitoramento** ou **bioindicação**.

Embora o número de publicações nessa área tenha crescido enormemente nos últimos anos (Pimenta, 2000), existe uma grande confusão na terminologia. O mais velho relato sobre plantas indicadoras tem mais de 400 anos de idade. Porém, o termo “bio” indicador começou a ser usado mais frequentemente na literatura biológica alemã a partir dos anos 1960.

Um número considerável de espécies vegetais são usadas no monitoramento biológico, onde sintomas visíveis de danos a órgãos e/ou ao organismo como um todo são empregados como critério. A maioria das plantas monitoras, rotineiramente usadas, pertence a este grupo. Um dos motivos para isso é que elas atendem as várias demandas que são feitas a um indicador biológico, como:

- Facilidade na manipulação e tratamento;
- Facilmente padronizáveis;
- As condições que provocam respostas são bem conhecidas;
- Não são caras;
- As respostas são facilmente avaliadas;
- Os efeitos da poluição são óbvios e quantificáveis;
- A uniformidade genética pode ser alcançada;
- E as respostas podem ser avaliadas estatisticamente.

O uso de bioindicadores, é a metodologia adequada para a detecção de efeitos de poluentes atmosféricos sobre organismos. A coleta sistemática de dados relativos a esses efeitos permite a criação de um inventário de respostas à poluição, o que representa um sistema de informação no controle da qualidade do ar, adicionalmente aos inventários de emissões e de concentrações ambientais.

O emprego de bioindicadores, portanto, não pretende e não consegue substituir medições de concentrações ambientais de poluentes através de métodos físico-químicos, mas fornece informações adicionais referentes a efeitos sobre organismos vivos (KLUMPP, 2001).

A padronização das técnicas, desde o cultivo e a exposição das plantas até a medição de efeitos e avaliação dos resultados, é um requisito fundamental para a validade e a aplicabilidade dos dados obtidos. Porém, a grande diversidade de métodos aplicados nos inúmeros estudos conduzidos e publicados em vários países europeus utilizando plantas como bioindicadoras da poluição do ar, não somente inviabiliza a comparação dos dados obtidos, mas também contribui para reduzir a aceitação desse método biológico de controle da qualidade do ar frente às autoridades e à opinião pública.

Por esse motivo, vem sendo feito um esforço para a padronização de métodos de bioindicação, como, por exemplo, para uso de tabaco e couve, plantas indicadoras da presença de ozônio e hidrocarbonetos, respectivamente e para introduzir tais métodos padronizados em nível da União Européia, visando a sua unificação (KLUMPP, 2001).

Em consequência da situação descrita acima, foi criado, em 1999, o projeto "Rede européia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras EUROBIONET,(2000), incluído no programa "LIFE Environment" da União Europeia (EC, 1998), sob a coordenação da Universidade de Hohenheim na Alemanha, tendo como parceria associada os municípios e regiões de Edimburgo e Sheffield (Reino Unido), Copenhague (Dinamarca), Düsseldorf (Alemanha), Grande Nancy e Grande Lyon (França), Klagenfurt (Áustria), Verona (Itália) e Catalunha/Barcelona (Espanha), mais a cidade de Ditzingen (Alemanha), como participantes desta rede de biomonitoramento de qualidade do ar a maior instalada em centros urbanos na Europa. O projeto teve uma duração de três anos, sendo dois anos de exposição de plantas bioindicadoras e um ano para trabalhos preparatórios e avaliação final (EUROBIONET, 2000).

STEIGER (1998) relata que o homem é constituído por 61% de hidrogênio, 25% de oxigênio, 10% de carbono, e 2% de nitrogênio perfazendo um total de 98%. Os 2% restantes estão 8/divididos entre elementos chamados microelementos, oligoelementos ou xenobióticos, tais como cobre, ferro,

magnésio, cálcio, selênio, e outros metais e minerais, que são importantes para o perfeito funcionamento das funções biológicas humanas.

Um desequilíbrio na quantidade destes elementos conduz a desequilíbrios bioquímicos, que se não forem sanados, levarão a desequilíbrios funcionais e em alguns casos a alterações anatômicas, que levarão a manifestação de sintomas de doenças. Cerca de trinta elementos da tabela periódica podem ser tóxicos para os homens (PASCALICCHIO, 2002).

Segundo (CORTECCI, 2002), os elementos traços são mais importantes para a vida que as vitaminas. Contudo, nem todos e nem só os elementos traços são essenciais para a vida, mas sem dúvida são mais numerosos e, em situações, alguns podem ser mais importantes que os elementos mais comuns. As relações entre ambiente e a cadeia alimentar humana são controladas por fatores geológicos (litologia e mineralogia das rochas, o tempo e o clima) e processos geoquímicos relevantes, controladores da transferência dos elementos ao solo, às plantas e aos homens, considerando a passagem “intermediária” pelos animais.

Sabe-se que alguns elementos químicos são macronutrientes essenciais à saúde dos seres vivos, como cálcio, ferro, magnésio, potássio, sódio, cloro, fósforo e o enxofre; outros são micronutrientes essenciais, fazendo parte de complicados sistemas enzimáticos, como por exemplo cobre, zinco, flúor, selênio, cromo, molibdênio e cobalto, porém podem ser tóxicos quando estão presentes no meio ambiente em altas concentrações.

Outros elementos, tais como mercúrio, chumbo, arsênio, bário e cádmio, não são essenciais aos seres vivos do ponto de vista biológico e são considerados muito tóxicos quando estão presentes no meio ambiente, mesmo em baixas concentrações, porque são acumulativos nos organismos dos homens e dos animais (CUNHA et al. 2001).

Os elementos traço são requeridos em pequenas concentrações como componentes essenciais nos processos biológicos. Esses elementos (ferro, iodo, flúor, cobre, manganês, zinco, cobalto, cromo, selênio, molibdênio, estanho, vanádio, níquel etc.) constituem em média 0,01% da composição total do sangue (MAIA, 2004) relata que a quantificação dos elementos químicos pode ser realizada em diversos tipos de amostras, como amostras do meio ambiente, de plantas, peixes, ou de seres humanos.

Em humanos, pode ser realizada utilizando-se sangue, urina e cabelo, que são materiais biológicos capazes de fornecer indicadores disponíveis para o conhecimento da magnitude dos problemas de contaminação ambiental por metais. A escolha da amostra biológica deve ser realizada de acordo com o tipo de problema a ser identificado, o mineral a ser analisado (sua toxicocinética e toxicodinâmica, órgão alvo, etc) e o delineamento do estudo.

(LICHT, 2001), relata que em 1959 já eram conhecidas por Vinogradov as conexões existentes entre a ocorrência de diversos elementos no solo e a vitalidade das plantações e sanidade humana e de animais domésticos. Ele notou uma dependência entre províncias bioquímicas e doenças endêmicas que eram especialmente evidentes em regiões com excesso ou carência de elementos no solo.

Em 1975, WEBB salientou que não haviam dúvidas quanto a existência de padrões de distribuição geográfica na incidência de muitas moléstias. Nesta época já era bem conhecida a importância dos elementos traço na saúde humana e em nutrição (WEBB, 1975 apud LICHT, 2001).

## **2. OBJETIVOS**

### **2 . 1 Objetivo geral**

Realizar análises multielementar em amostras de sedimento de corrente e vegetais bioindicadores (couve/alface), no Ribeirão Santo Antônio e seus afluentes, na região de Aparecida de Goiânia – GO, com a finalidade de, por meio de dosagens de elementos químicos, determinar a abundância e a dispersão dos mesmos nos materiais amostrados, de tal modo que possam ser utilizados como indicadores de contaminação natural ou poluição provocada no meio ambiente, por atividade antrópica, aplicando uma metodologia de interpretação de dados geoquímicos multielementares, e sua relação com a saúde por meio da geologia médica.

### **2 . 2 Objetivos Específicos**

- Realizar análise multielementar nas amostras de sedimentos de corrente por Espectroscopia de Emissão Ótica com Plasma de Argônio Induzido - ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy); □
- Elaborar mapas georeferenciados da distribuição dos elementos químicos selecionados;
- Estabelecer, a partir dos resultados das dosagens, a matriz de correlação para definir as associações geoquímicas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Associações dos elementos

Sob condições naturais, os elementos químicos agrupam-se segundo regras de comportamento e de afinidade que possibilitam predizer a presença de um elemento, quando detectada a presença de outro, com o qual tenha afinidade geoquímica. Esse é um dos princípios que embasam a petrologia, a metalogenia e a geoquímica aplicada à exploração mineral (WARREN e DELAVAUULT, 1958).

Desses relacionamentos de proximidade previsíveis, surgiram conceitos como o dos **elementos farejadores**, apresentado pela primeira vez como “aqueles com propriedade ou propriedades particulares, que fornecem anomalias ou halos mais facilmente utilizáveis que os dos elementos procurados aos quais eles estejam associados” (WARREN e DELAVAUULT, 1958).

Diante do exposto é sabido que as contaminações antrópicas acabam influenciando nos processos geoquímicos, pois vários agentes externos podem contribuir de forma inesperada e até imprevisível na sua composição.

Os ambientes que configuram situações de risco mais marcantes para a saúde e qualidade de vida são aqueles que foram modificados pelo homem (TAMBELLINNI, 1996, DISSANAYAKE E CHANDRAJITH, 1999; PASCALICCHIO, 2002).

No organismo humano são encontrados pelo menos vinte e seis elementos químicos essenciais, dos quais o *Oxigênio, Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio* constituem aproximadamente 96% da massa corpórea, outros elementos como o *Cálcio, Fósforo, Potássio, Enxofre, Sódio, Cloro, Magnésio, Iodo e Ferro* constituem aproximadamente 3,9% da massa corpórea e os elementos restantes - *Alumínio, Boro, Cromo, Cobalto, Cloro, Flúor, Manganês, Molibdênio, Selênio, Silício, Estanho, Vanádio, Zinco*, entre outros são elementos traços encontrados em baixas concentrações e constituem 0,1% da massa corpórea (ROCHA, 2000).

Muitas doenças que afetam o homem possuem um substrato causal condicionante ou desencadeante de caráter ambiental, e podem ocorrer através de contaminações agudas ou crônicas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

Os ambientes modificados apresentam situações de risco que estão relacionadas com o crescente desenvolvimento econômico e industrial, com conseqüente poluição e degradação do meio ambiente (CAMARA, 2001).

### 3 . 2 Aspectos Fitoquímicos

Os vegetais produzem uma vasta diversidade de substâncias, produtos do metabolismo secundário, umas são responsáveis pela cor, outras pelo aroma, e outras se vinculam a interações ecológicas e antrópicas. Hoje em dia a maioria dos vegetais se permitem a uma maior utilização, devido ao isolamento dos princípios ativos. Há uma gama de usos dentre eles, a busca de novos agroquímicos naturais, herbicidas, reguladores de crescimento, além de uso medicinal.

Por meio da Fitoquímica, ciência destinada ao estudo dos componentes químicos das plantas, desde a estrutura química molecular até as propriedades biológicas de cada um dos grupos, é possível isolar, identificar os princípios ativos e contaminações de plantas consideradas importantes, dentro da sua atividade biológica específica, como por exemplo utilizadas na alimentação. Desta forma as investigações feitas em solo também contribuem para elucidar as estruturas químicas e contaminações quer seja ecológicas ou antrópica das mesmas.

Os trabalhos em fitoquímica consistem no levantamento e estudo de componentes químicos, como princípios ativos, odores, pigmentos, moléculas da parede celular. As aplicações destes estudos podem se ramificar para a área médica (através da pesquisa de novas substâncias a serem usadas em medicamentos), assim como para a taxonomia (através do uso pelos botânicos dos caracteres químicos para diferenciar as espécies), como também para a química (através dos estudos das vias metabólicas que originam as diferentes substâncias presentes no vegetais), entre outras aplicações (WIKIPEDIA,ORG 2000).

A avaliação dos níveis de metais pesados em alimentos consumidos é o primeiro passo para a avaliação de riscos à população humana devido à contaminação ambiental por esses metais (NIENCHESKI et al., 2001). Tanto elementos essenciais quanto não essenciais são tóxicos aos organismos vivos, quando presentes em altas concentrações.

Muitos metais pesados podem ser acumulados no organismo vegetal até níveis que podem ser prejudiciais às pessoas que os consomem (GOLDBERG et al., 1983). A presença de metais pesados está associada a riscos em relação à

saúde pública porque estes contaminantes podem acumular-se nos homens se estes organismos forem consumidos (JONES et al. 2000).

O acúmulo de metais pesados deve-se à capacidade limitada destes organismos de metabolizar e depurar contaminantes absorvidos, em comparação com muitas outras espécies (FARRINGTON et al. 1983).

### **3 . 3 Nutrição Vegetal**

Os vegetais necessitam para sua sobrevivência de retirarem do meio ambiente materiais brutos, responsáveis pelas reações bioquímicas que mantêm suas células e seu crescimento, assim como; da água, além de sintetizarem aminoácidos e vitaminas por meio de nutrientes inorgânicos extraídos do meio ambiente.

A absorção desses elementos dentro do vegetal fazem parte do processo bioquímico, assim como a distribuição que acabam fazendo parte do seu desenvolvimento, tornando possível detectar um sem número de elementos químicos na sua fisiologia, inclusive arsênio, ouro, prata etc...que não são elementos considerados necessários à maioria das plantas.

A presença destes elementos é sem dúvida uma preocupação, pois desde o começo do século XIX, segundo (RAVEN 2001), os botânicos e químicos já analisavam vegetais e observavam a presença de elementos absorvidos do ambiente. Até meados da década de 1888, estabeleceu-se, que pelo menos dez dos elementos químicos presentes nas plantas, eram necessários para que seu crescimento pudesse ocorrer normalmente, e na ausência de qualquer um deles as plantas apresentavam anomalias no crescimento ou sintomas de deficiência, e não se reproduziam normalmente. Esses elementos foram apontados como elementos químicos essenciais, minerais essenciais ou nutrientes inorgânicos.

Atualmente são reconhecidos 16 elementos dentre eles Mn, Zn, Cu, Cl, B, Mo e Ni.

Os critérios utilizados são os seguintes:

Se ele é necessário para a planta completar seu ciclo de vida (isto é, para produzir sementes viáveis) e/ou se ele faz parte de alguma molécula ou constituinte da planta que por si mesmo é essencial, como o magnésio, na molécula de clorofila ou o nitrogênio nas proteínas.

Um terceiro critério também utilizado por vários nutricionistas de plantas é se aparecem sintomas de deficiência na ausência do elemento, mesmo que a planta possa ser capaz de produzir sementes (RAVEN, 2002).

Diante disso, é necessário conhecer a capacidade de absorção, acúmulo e distribuição de metais pesados nas espécies escolhidas, para que se possa desenvolver estudos e pesquisas dessa natureza, para que além de suas características naturais, seja também possível a recuperação de solos contaminados por metais pesados, bem como o alerta de consumo pela população humana, que requer a adoção de técnicas para amenizar a biodisponibilidade dos metais

Ainda que existam muitas incertezas, sobre a especificidade dos mecanismos de absorção dos metais pesados, sobretudo daqueles não essenciais, geralmente o teor e o acúmulo do elemento nos tecidos, são funções de sua disponibilidade na solução do solo, e os teores nas raízes e parte aérea aumentam com a elevação da concentração de metais na solução do solo (GUSSARSSON et al. 1995).

Os metais absorvidos sofrem um transporte radial na raiz, fundamentalmente apoplástico, encontrando um primeiro filtro de difusão e de regulação na endoderme. Já no estelo, os metais seguem essencialmente via xilema e, em suas relações com as células vizinhas, podem induzir alterações na diferenciação do próprio sistema vascular, uma vez que, em concentrações menores, alcançam as folhas, podendo alterar a estrutura e a funcionalidade das células fotossintéticas. Espécies ou variedades de uma mesma espécie vegetal, expostas a uma concentração similar de metais pesados, podem diferir na absorção e/ou distribuição interna desses na planta. Isso pode resultar em diferenças na capacidade de retenção do elemento absorvido nas raízes, e/ou variação na carga no xilema (SHAW, 1989).

Outros fatores, tais como estágio de desenvolvimento da planta, tempo de exposição ao metal e as diferentes espécies químicas dos elementos, podem também interferir nesses aspectos, refletindo nos teores dos metais nas diferentes partes da planta (Alloway, 1993). preservando sua integridade e funções primárias, e a baixa translocação para a parte aérea

Neste trabalho, avaliaram-se os teores, acúmulo de metais pesados nas raízes, caule e folhas de alface e folhas de couve, por serem consideradas plantas bioindicadoras, por serem bastante consumidas na alimentação .

### **3 . 4 ALFACE**

A alface, *Lactuca sativa L. (Compositae)* é uma hortaliça de grande consumo no Brasil, com boa adaptabilidade para produzir sob diferentes temperaturas, permite a sua oferta em qualquer época do ano. Segundo GOTO (1998), os gastos com fertilizantes e calcário são de ordem de 30%, mais, que outras hortaliças, que encontram – se na faixa de 20 a 25% do total.

O ciclo de crescimento depende, principalmente, da temperatura ambiente, da variedade cultivada e do sistema de produção. O período de tempo desde a semeadura até a colheita varia de 40 a 70 dias.

Para GOTO (1998), a alface se desenvolve em três etapas: a juvenil, desde o plantio até 30 dias; a de desenvolvimento máximo entre 30 e 50 dias; e a de maturação entre 50 e 70 dias.

Comparando-se a extração das diferentes variedades de alface com a de outras hortaliças, conforme levantamento realizado por (CASTELLANE et al. 1991), observa-se que a Alface tem maior exigência relativa de zinco, intermediária com relação a outros micronutrientes.

### **3 . 5 COUVE**

A couve-flor *Brassica oleraceae L. Cruciferae (Brassicaceae)* é uma inflorescência imatura, branca e túrgida muito sujeita a senescência e a desidratação. Esta inflorescência desenvolve-se sobre um pedúnculo muito curto no meio das folhas, formando um disco abaulado de cor branca ou creme, com 10 a 30 cm de diâmetro, que resulta do concrecimento de ramos e primórdios florais. Ela deve ser colhida quando a cabeça alcançar o desenvolvimento típico da cultivar. Antes que ela perca sua compacidade e comece a se dividir ou que ocorra a abertura das flores, que se formam sobre os numerosos pendões florais.

Após a colheita a couve-flor deve ser mantida com algumas folhas para a proteção da cabeça durante o transporte, que preferencialmente deve ser feito sob refrigeração.

Como em outros produtos altamente perecíveis, a rápida remoção do calor de campo, com pré resfriamento, aumenta a vida útil da couve-flor em mais de um dia. A aplicação de gelo moído em caixas de laminado de madeira, caixas plásticas ou caixas de papelão parafinadas é conveniente para o pré-resfriamento e transporte desta hortaliça.

O manuseio da couve-flor deve ser feito sob umidade relativa alta (>95%) em temperaturas superiores ao ponto de congelamento (-0,8), próximas a 0 °C (KAYS, 1991).

Em ambientes adequados, a vida útil desta hortaliça chega a duas semanas. Uma forma comum de reduzir a transpiração é o envolvimento em filme plástico ARTES & MARTINEZ, (1999); RATTI et al. (1998), como é freqüentemente empregado nos supermercados.

Durante a comercialização no varejo a couve-flor deve ser mantida em balcões refrigerados, onde pode receber periódicas pulverizações com água, para a manutenção do frescor. A manutenção da cor branca da couve-flor é muito importante e durante a fase de transporte. Para isto, elas devem ser mantidas no escuro sob umidade elevada.

Durante o transporte estas condições podem ser obtidas mantendo-se as cabeças protegidas pelas folhas, que podem inclusive serem presas com elásticos (FORBES & CHAPMAN, 1989).

A couve-flor comercializada na forma minimamente processada vem apresentando crescimento considerável em diversos supermercados. O escurecimento freqüentemente observado no produto minimamente processado, é causado pelo manejo inadequado da temperatura e a utilização de cultivares inapropriadas.

Assim como para a couve e o brócolos o uso de tratamentos em água quente pode ser utilizado para diminuir este escurecimento da couve-flor causados por oxidases.

### **3 . 6 Biodisponibilidade dos elementos Químicos**

Por Biodisponibilidade entende-se a porção de uma espécie química que está disponível para ingestão, inalação ou assimilação por um organismo vivo. Normalmente representa uma parte pequena da quantidade inicialmente contida

no material geológico, sendo função da geodisponibilidade, da difusibilidade e da mobilidade da espécie química, além de características do organismo vivo. A biodisponibilidade é o pré-requisito mas não é determinante para causar toxicidade de um elemento, a qual somente pode ser proclamada após documentação de efeitos negativos nas funções biológicas dos organismos receptores (CORTECCI, 2002).

A biodisponibilidade relaciona-se à quantidade e à velocidade de absorção do princípio ativo do medicamento para a corrente sanguínea. Quando dois medicamentos apresentam a mesma biodisponibilidade.

A biodisponibilidade dos metais pesados está diretamente associada aos diferentes valores do pH do solo. Ambientes oxidantes e que estão submetidos a altas taxas de precipitação tendem a apresentar pH ácido, o que favorece a mobilidade desses elementos químicos, enquanto ambientes redutores e de maior profundidade desenvolvem pH mais elevado, dificultando a mobilidade desses elementos químicos (ALLOWAY, 1990, ROBAINA, 1999).

## **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 – Localização / Histórico**

Segundo AGIM - Go 2002, o entorno de Goiânia é composto por 16 (dezesseis) municípios, dos quais nove têm continuidade territorial com o município-núcleo, a aprovação da Lei Municipal 4526, que impedia o parcelamento do solo em Goiânia para fins urbanos, sem infra-estrutura mínima de água tratada, pavimentação e iluminação pública, que vinha ocorrendo desde 1950 e acentuou-se a partir de 1972, fez com que surgissem inúmeros novos loteamentos nos municípios do entorno de Goiânia, uma vez que neles não havia restrições à aprovação dos mesmos.

Dentre esses municípios, o que mais sofreu os reflexos dessa lei foi o de Aparecida de Goiânia, em razão de sua maior proximidade com o município-núcleo e também por sua acessibilidade, posto que ambos são cortados pela BR-153. As empresas imobiliárias, em razão das limitações legais para sua atuação em Goiânia, passaram a investir nos municípios vizinhos, especialmente no município em pauta, já que eles não eram protegidos por legislação específica, além de dispor de terrenos mais baratos.

Como Goiânia, também em Aparecida de Goiânia, já na década de 50, iniciava-se o processo de parcelamento do solo urbano. Porém, no final desta e início da década de 60, este processo acelerou-se em razão da construção da Capital Federal e da abertura e altamento da rodovia Belém-Brasília (BR-153). Como consequência, ocorreram: a aprovação de vários projetos de loteamentos, ao longo da década de 60, e um intenso parcelamento do solo na década seguinte (70); processos esses favorecidos por leis municipais que ampliavam o perímetro urbano, chegando a alcançar quase todo o território do município em questão.

Assim, desde o início dos anos 50, a cidade de Aparecida de Goiânia vem-se expandindo horizontalmente por sobre as inúmeras chácaras existentes, que sofreram um intenso retalhamento, concorrendo, portanto, para a quase extinção da área agricultável do município. Este parcelamento do solo, a partir do núcleo central, espalhou-se por todo município, desordenada e descontinuamente, formando extensos vazios entre os loteamentos, sem as mínimas condições de infra-estrutura. começaram a surgir próximos ao limite municipal com Goiânia, como se fosse

continuidade dos lá existentes, e foram caminhando na direção da sede urbana do município de Aparecida de Goiânia.

O município em pauta foi, entre os que compõem o Aglomerado Urbano, o que mais sofreu os reflexos da expansão de Goiânia, o que resultou numa intensa e descontrolada ocupação do solo, possibilitando, assim, o surgimento de vários núcleos urbanos independentes e a degradação ambiental e comprometimento da qualidade de vida da população, direta e indiretamente afetada pela bacia do Ribeirão Santo Antônio.

A bacia do Ribeirão Santo Antônio, situada neste município de Aparecida de Goiânia, em Goiás, tornou-se área selecionada para estudo, diante do processo de ocupação desordenada do espaço, centrado no desmatamento do Cerrado e transformação em pastagens e destruição da vegetação ripária, associado ao acelerado processo de urbanização da cidade de Aparecida de Goiânia e entorno, o que ocasionou um grande impacto sobre a população do mesmo, em termos da ocorrência e prevalência de contaminações ambientais. Com o desenvolvimento das pesquisas e novas técnicas a CPRM - Serviço Geológico do Brasil iniciou um projeto nacional denominado PGAGEM (Projeto de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica) no qual esta desenvolvendo trabalhos visando problemas de saúde gerados pela poluição hidrogeológica.

Neste sentido a CPRM no Brasil e em suas várias Superintendências, incluindo a do Estado de Goiás esta coletando amostras de água superficial, sedimento de corrente e solo em todo o estado, para análises multielementares, baseado na metodologia apresentada no manual do Pgagem elaborado por vários geoquímicos em workshops.

No Estado de Goiás ARAÚJO, (2001), realizou um trabalho de levantamento de dados em hidrogeoquímica nos rios da região metropolitana de Goiânia, com a coleta de água e sedimentos de corrente analisado através de ICP para 33 elementos químicos. A conclusão deste trabalho mostrou concentrações relativamente altas para Zinco e Chumbo no Ribeirão Santo Antônio.

Com o processo de industrialização e a necessidade de descoberta e síntese de novos produtos, houve por parte do homem, uma descontrolada utilização dos recursos naturais comprometendo a saúde humana e ambiental. Para evitar estes danos, a saúde deve ser tratada de forma integrada com os fatores ambientais e,

principalmente, econômicos, dentro de um modelo de gestão de saúde ambiental na qual a atividade industrial passaria a respeitar os limites de renovação e recomposição dos recursos localizada a 808 m de altitude, em terreno plano, levemente ondulado, o município de renováveis da natureza (BRILHANTE, 1999).

Em 11 de maio de 1922, os senhores Abrão Lourenço de Carvalho, João Batista de Toledo, Antônio Barbosa Sandoval e Aristides Frutuoso, devotos de Nossa Senhora Aparecida, doaram um alqueire de terra para que as famílias vizinhas construíssem uma igreja para a Santa, utilizando-se de materiais doados pela comunidade. Acabava de nascer o povoado de Aparecida, a 15 Km de Goiânia, na micro-região do rio Meia-Ponte (SEPLAN, 2005).

Em 1958 foi elevada a condição de Vila, como distrito de Goiânia e o nome de Vila Aparecida de Goiás, passando a se chamar Goialândia, ainda em 1958, nome que permaneceu até 14 de novembro de 1963, quando se emancipou com o atual nome de Aparecida de Goiânia.

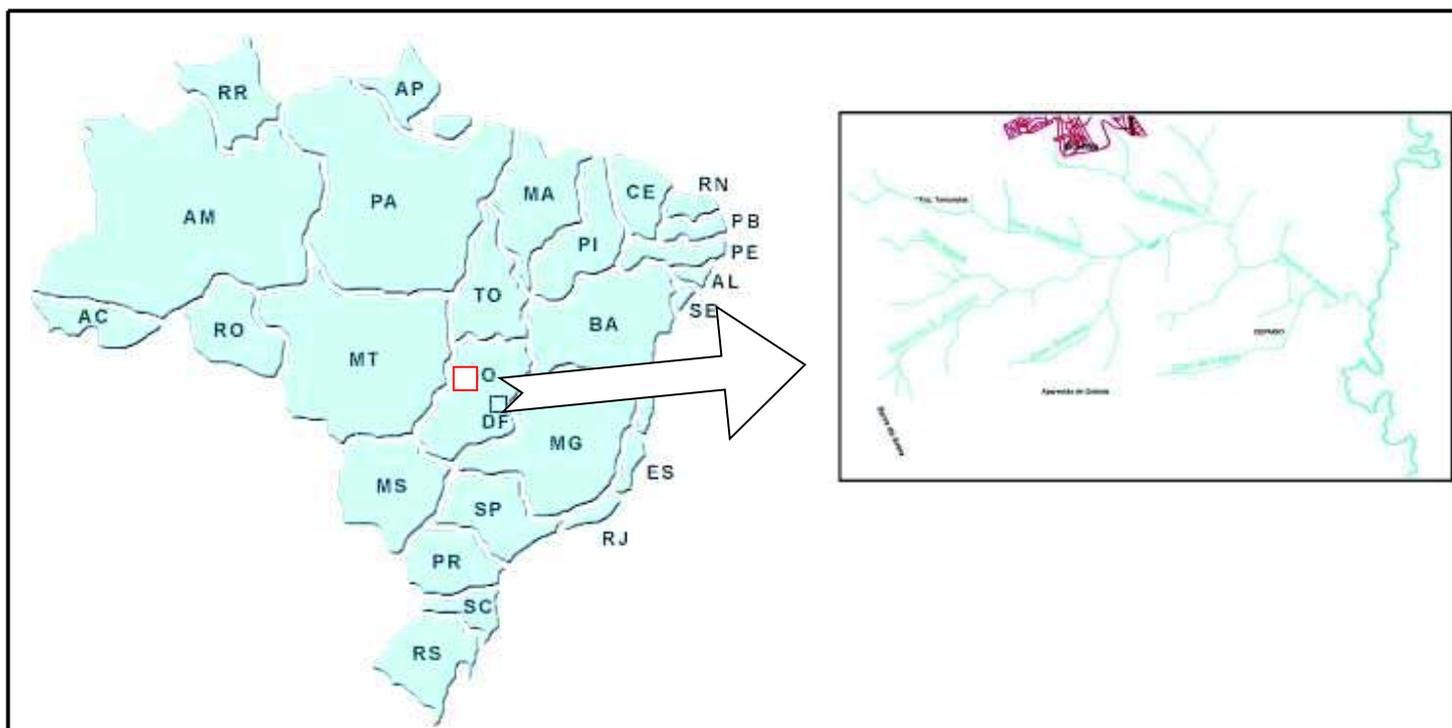
Aparecida de Goiânia, é hoje o terceiro município mais dinâmico do Estado com 289 km<sup>2</sup> e aproximadamente 300.000 hab, é cortado pela BR-153 e diversas rodovias municipais e banhado pelo Rio Meia Ponte, os córregos Santo Antônio, Tamanduá, do Almeida, Salvador e o Ribeirão das Lages, além de pequenos outros ribeirões que brotam em suas terras (SEPLAN, 2005).

Nas últimas décadas houve uma intensificação do processo de degradação dos recursos naturais do cerrado, vinculando-se a fatores que vão desde a destruição da vegetação nativa e a extinção de grande parcela de espécies da fauna, a contaminação por agrotóxicos, até a deposição de resíduos sólidos e despejo de esgoto e águas servidas em seus mananciais.

A sua proximidade com a capital do Estado, tem atraído para o município importantes indústrias, além de vários outros complexos industriais instalados e empreendimentos como: 3JC do Brasil Distribuidora e Logística, Cipa Industrial de Produtos Alimentares, Cristal Alimentos, Arroz Tio Jorge, Grupo Mabel e Brasil Spuma, Arroz Tio Jorge, 3JC do Brasil Distribuidora e Logística, a maior arrecadadora de ICMS do município, formando dois distritos industriais - Dimag e

Daiag e outro denominado Cidade Empresarial, que juntos abrigam centenas de empresas e geram milhares de empregos.

Além de algumas vantagens competitivas, ser o grande mercado consumidor pela proximidade da capital, ter boa infra-estrutura viária, ser um distrito industrial com a segunda melhor infra-estrutura do Estado, e proximidades de áreas de escoamento de produtos, não trazem apenas benefícios, como por exemplo: principais distâncias: Goiânia, 18 Km; Brasília, 224 Km; São Paulo, 881 Km; Rio de Janeiro, 1.293 Km, e possibilidade de utilização da infra-estrutura de serviços da capital, como o aeroporto Santa Genoveva e os acessos pavimentados, o que assegura uma Arrecadação de ICMS: R\$ 49,1 milhões, pois, acaba também contribuindo para o incremento populacional, aumentando a demanda por serviços públicos, ainda assim, é apontado como o segundo município mais rico, e conta como o terceiro maior PIB municipal, atrás apenas de Anápolis e Rio Verde e ainda detém a segunda massa salarial do emprego formal e a terceira receita municipal.



**Figura 3** - Mapa de Situação da Área de Estudo

## 4.2 Clima

Segundo a classificação de KÖPPEN<sup>2</sup> (1931), o clima predominante na região é o “tropical de Savana”, com a concentração da precipitação pluviométrica no Verão. A estação chuvosa começa em outubro e termina em abril, representando 84% do total anual. O trimestre mais chuvoso é de novembro a janeiro, sendo dezembro o mês de maior precipitação do ano. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que, no trimestre mais seco (junho/ julho/ agosto), a precipitação representa somente 2% do total anual.

2- A temperatura média anual varia de 18 °C a 22 °C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com médias superiores a 22 °C. Considera-se o mês de julho o mais frio, com temperaturas médias que variam entre 16° e 18 °C. As temperaturas absolutas mínimas de até 2 °C e máximas de 33 °C são registradas, respectivamente, no Inverno e no início do Verão. Com base em Carpanezi (1990), apud Rezende, 1992:7) entende-se por meio degradado ou ambiente degradado, “aquele que após distúrbios teve eliminados, com a vegetação, os seus meios de regeneração biótica. Seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser bastante lento. A ação antrópica é necessária para sua regeneração a curto prazo”

Köppen, W. 1931. Die Klimagebiete nach Köppens Klassifikation Klimakunde von Südamerika. Handbuch Der Klimatologie band II, Teid G: 242-248.



#### 4 . 4 Geologia

A geologia da região de Aparecida de Goiânia (Figura 5) é representada pelo Grupo Araxá (LACERDA FILHO et al., 1999) com cerca de um bilhão de anos. O grupo Araxá é caracterizado por xistos e quartzitos (FUCK et al., 2000 e PIMENTEL 1995). Os xistos são ricos em muscovita, biotita e clorita, além de quartzo granada e subordinadamente feldspatos e turmalina. Ocupa as áreas rebaixada do relevo e afloram principalmente na forma de lajedos nos principais córregos. Nas demais áreas encontram-se recobertas por mantos de solos. Os quartzitos ocorrem nas áreas topográficas mais elevadas, representadas pela Serra da Areia.

A Depressão Periférica de Goiânia compreende um extenso planalto rebaixado e dissecado, desenvolvido em litologias pré-cambrianas do Complexo Goiano e do Grupo Araxá, sobre as quais agiram os processos de dissecção. A superfície deste planalto é mantida por depósitos de material clástico, o que indica a atuação de uma morfogênese seca, mostrando que o mesmo esteve submetido, no passado, a condições climáticas rigorosas, de semi-acidez (SCISLESWISKI, 1999).

De acordo como os estudos realizados durante o mapeamento da Folha Goiânia (Projeto PLGB, 1999), a evolução do Planalto Central Goiano é muito complexa, e a esculturação de um Pediplano Neo-Pleistocênico sobre o Planalto Rebaixado de Goiânia originou a coalescência de sua superfície topográfica com a das depressões Intermontanas (SCISLESWISKI, 1999).

As direções das fraturas seguem o padrão regional, com ampla similaridade com o modelo observado na região de Goiânia (CAMPOS et al., 2003).

De forma geral, ocorrem três padrões de fraturas de alto ângulo: NS, EW e variando de N40-60E e N50-60W, coerentes com a direção e o sentido da compressão e da tectônica, traduzida pela movimentação de oeste para leste.

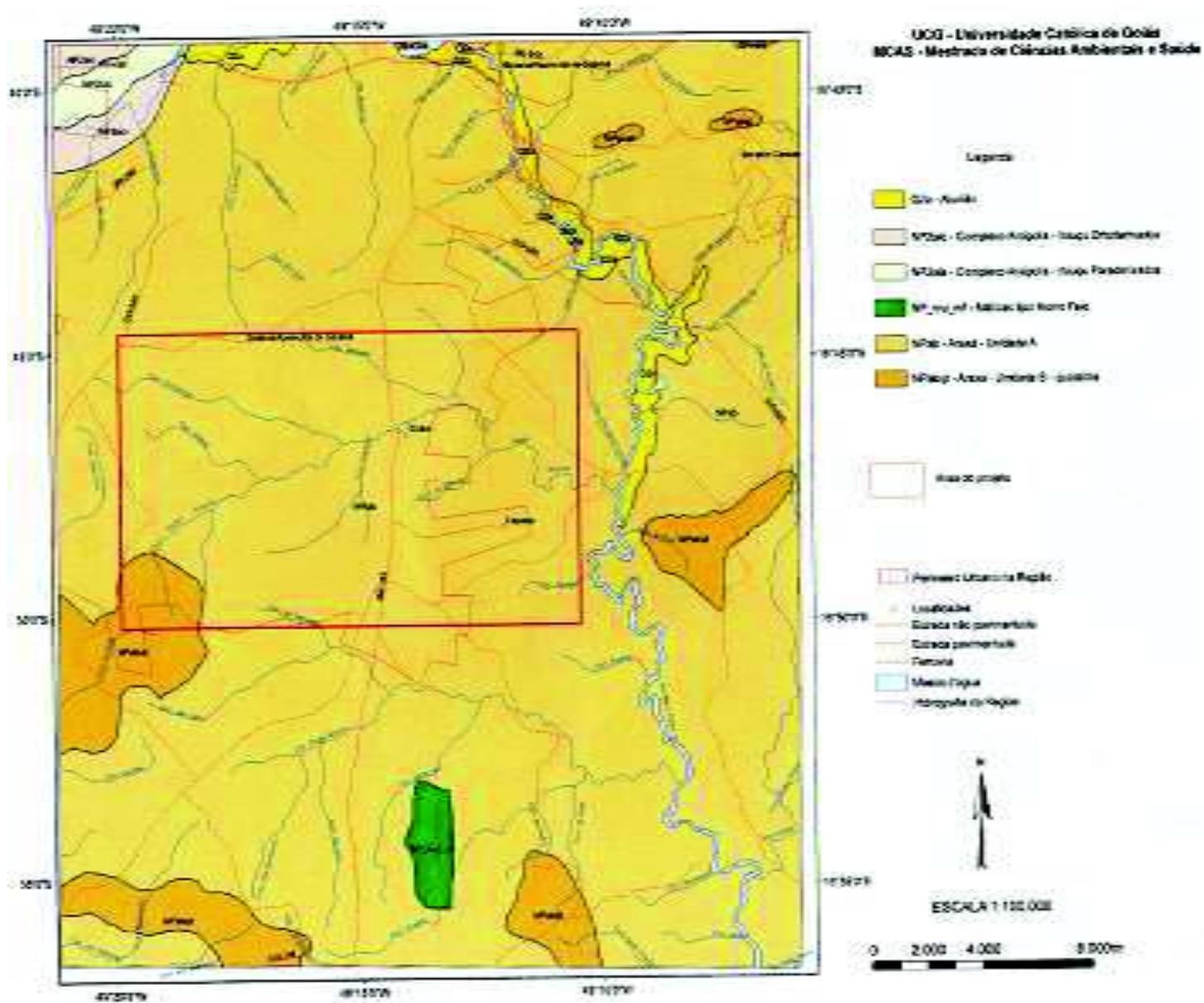


FIGURA – 5 Mapa Geológico da Área de Estudo.

A compartimentação geomorfológica estabelecida para o município foi definida a partir da integração das informações de padrões de relevo, tipos de solos predominantes, densidade de drenagens e hipsometria. Três compartimentos geomorfológicos foram definidos e denominados de; Região da Serra da Areia, Região das Chapadas e Região do Vale do Meia Ponte. A formação das atuais planícies de inundação, que ocorrem principalmente ao longo do rio Meia Ponte, devem-se ao ciclo erosivo de entalhamento no Quaternário.

Os tipos de solos mais freqüentes no Cerrado como nos demais biomas são resultantes de cinco variáveis "interdependentes", denominadas fatores de formação do solo, que são: clima, organismos, material de origem, relevo e tempo. Para compreendermos o comportamento e a distribuição dos solos na paisagem devemos conhecer o ambiente que o cerca (REATTO et al. 1998).

Os solos do Cerrado originam-se de rochas com idades variantes entre 570 milhões e 4,7 bilhões de anos. Cerca de 46% são solos profundos, bem drenados e possuem inclinações menores que 3%. Em sua maioria, esses solos são ricos em argila e óxido de ferro, o que lhes dão a cor avermelhada. Cerca de 90% dos solos são ácidos, de baixa fertilidade e alta concentração de ferro e alumínio (FONSECA, 2003)

O solo, a exemplo da vegetação, também apresenta grande diversidade, expressa por diferenças em suas propriedades e características, que decorrem do ambiente em que foram formados. Vários aspectos levaram á organização de sistemas de classificação dos solos, que tem por objetivo agrupar solos semelhantes em uma mesma classe.

Essa classificação é baseada principalmente, no estudo de suas características morfológicas e físicas (cor textura e estrutura), químicas (fertilidade, acidez e matéria orgânica) e mineralógicas além de outras de igual importância como mudança abrupta de textura teor de matéria orgânica, porosidade e profundidade do solo.

A maior parte do bioma Cerrado é denominada por Latossolos, mas um número significativo de outras classes de solos, faz com que, em associação com condições de clima, se estabeleça grande diversidade de espécies vegetais, seja

do extrato gramíneo, arbustivo ou arbóreo. A vegetação representa então, a melhor expressão dessa grande diversidade de ambientes.

#### **4 . 5 Latossolos**

São solos altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil. A maior parte dos minerais existente nestes solos é secundários, constituintes da fração de argila, por síntese ocorre produto resultante do intemperismo de minerais primários, herdados diretamente da rocha mãe.

As formas de relevo predominantes nos latossolos do bioma Cerradas são residuais de superfície de aplainamento, que conhecemos como chapadas, estas apresentam topografia plana a suave-ondulada.

O manejo inadequado dos latossolos pode causar graves danos ao meio ambiente, os desmatamentos indiscriminados podem levar á formação de sulcos e voçorocas, especialmente nos latossolos com uma textura média, pois neste há uma elevada percolação de água ao longo do perfil.

Já em latossolos argilosos os cuidados com erosão devem ser intensificados, pois estes apresentam uma estrutura granular cujo comportamento hídrico é igual a areia.

Na área, desenvolveram-se quatro classes de solo. Na primeira classe ocorrem latossolo distróficos, vermelho-escuro e roxo distróficos e vermelho-amarelado, os quais se caracterizam por serem profundos, bem drenados, porosos e friáveis.

Na segunda classe, o principal componente é o solo podzólico vermelho-amarelo, eutrófico, menos profundo do que o latossolo, menos drenado, ocorre em litologias diversas, em relevo ondulado suave a forte. Secundariamente, ocorre podzólico vermelho-amarelo distróficos. (ARAÚJO, 1974).

A terceira classe é formada por cambissolo distróficos, em geral pouco desenvolvido, raso, com horizonte bem incipiente.

Na última classe, ocorrem os solos do tipo gley, pouco húmico eutrófico, mal-drenados e pouco permeáveis, com forte gleização, devido aos encharcamentos periódicos (ARAÚJO, 1974).

#### **4 . 6 Vegetação predominante**

A vegetação original remanescente do Cerrado, atualmente não representa nem a metade do total de extensão da original, a área protegida não chega a 10% da original remanescente; e as plantas endêmicas não chegam a 50% do total das espécies (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2003).

Mesmo diante de tanta destruição, ainda assim se consegue descrever onze tipos fitofisionômicos gerais, enquadrados em formação florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca, e cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, parque de Cerrado, palmeiral e vereda) e campestre (campo sujo, campo rupestre e campo limpo), muitos dos quais apresentam subtipos (EITEN,1990,RIBEIRO et al 1983) e (EMBRAPA,1998).

As formações florestais do Cerrado englobam os tipos de vegetação com predominância de espécie arbórea e formação de dossel. A mata ciliar e matas de galeria são fisionomias associadas aos cursos de água que podem ocorrer em terrenos bem ou mal drenados.

A mata seca e o cerradão ocorrem nos interflúvios em terrenos bem drenados. A mata de galeria possui dois subtipos: inundáveis e não inundáveis. A vegetação predominante é o cerrado e o seu alto grau de ocupação populacional faz com que não tenha expressão em agricultura extensiva, predominando a horticultura e a pecuária leiteira. Seus recursos minerais se limitam à extração de cascalho, pedra e areia para o próprio mercado e de Goiânia, com quem se limita em zona totalmente urbanizada (ALMEIDA et al, 2005).

RIZZINI, 1963, caracteriza como cerradão, sendo uma floresta com aspectos xeromórficos, já CAMPOS (1943) diz que "o cerradão é a mata mais rala e fraca " e caracteriza-se pela presença de espécies que ocorrem no Cerrado sentido

restrito e também por espécies de mata. Do ponto de vista fisionômico é uma floresta, mas florísticamente é mais similar a um Cerrado. Em sua maioria, os solos do cerradão são profundos, bem drenados, de média e baixa fertilidade, ligeiramente ácidos, e pertencentes às classes Latossolos vermelho-Escuro, Vermelho- Amarelo ou Latossolos Roxo.

O Cerrado está em processo de transformação desde a década de 40, com a substituição da flora nativa por agriculturas, atividades executadas por multinacionais, com a produção de laticínios juntamente com a pecuária e beneficiamento de grãos. A agricultura, que no início era de subsistência ou voltada para o pequeno produtor rural, se tornou monoculturas de soja e milho, gerando danos ao meio ambiente.

Vistos essas ações agroindustriais e industriais que ocorreram ao decorrer do processo de ocupação do bioma, o qual resultou na parcial destruição deste, notamos a importância das Unidades de Conservação no processo de manutenção e manejo e fragmentos de ecossistema localizados em varias regiões do bioma (FOCKINK, 2004).

## **8.2– Sedimentos de corrente analisados por ICP (Indução de Plasma Acoplado)**

A partir dos resultados das concentrações obtidas por meio das análises por ICP, foram realizados cálculos estatísticos com os elementos selecionados utilizando-se o programa OASIS MONTAJ v. 6.1, com módulo Chimera, onde foram relatados para cada elemento, os valores mínimo ( $X_{\text{mim}}$ ) E máximos ( $X_{\text{max}}$ ) das concentrações , média aritmética ( $X$ ) e desvio padrão ( $S$ ), apresentados na (Tabela 4).

Procedeu-se da mesma maneira com os dados analisados por AA, levando desta feita os dados analisados por ICP, que tiveram como princípio os dados estatísticos. Foram calculados os valores anômalos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens para as amostras analisadas por ICP (Tabela 5).

Através da matriz de correlação considerando o nível de significância de 95%, foi possível determinar as correlações mais elevadas e as respectivas associações geoquímicas (Figura 7) determinando 10 muito fortes e 12 fortes, apresentadas na (Tabela 6).

De modo semelhante foi estudado também o comportamento dos elementos químicos encontrados nas análises dos vegetais, e para ambos os casos foram estudados as ações biológicas dos elementos em destaque nas correlações, conforme demonstrados abaixo, verificando-se também as correlações mais significativas, nas tabela 7, 8 e 9.

**Tabela 4 - Sumário Estatístico das Amostras de Sedimentos de Corrente Analisadas por ICP**

Xmin	Xmax	X	S	1ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	CETESB/2005 solo (mg.kg <sup>-1</sup> peso seco) <sup>1</sup>		
				>X+3S	-(X+2S)- (X+3S)	entre X+S e X+2S	VP	VI	VRQ
0.3	1.1	0.450	0.320	> 1.410	1.090 - 1.410	0.770 a 1.089	-	-	-
0.01	0.002	0.010	0.003	>0.019	0.016 - 0.019	0.0130 a 0.015	1,3	5	<0,5
9.4	20.060	14.140	4.440	>27.460	23.020 - 27.460	18.580 a 23.019	150	700	75
1.8	4.8	3.150	1.070	>6.360	5.290 - 6.360	4.220 a 5.289	25	5	13
22.0	41.4	30.220	8.110	>54.550	46.440 - 54.550	38.330 a 46.439	75	50	40
0.540	1.210	0.760	0.230	>1.450	1.220 - 1.450	0.990 a 1.219	-	-	-
0.790	1.290	1.100	0.170	>1.610	1.440 - 1.610	1.270 a 1.439	-	300	-
5.0	11.0	7.330	3.210	>16.960	13.750 - 10540	6.960 a 13.746	0,5	1	0,05
0.030	0.080	0.050	0.020	>0.110	0.090 - 0.110	0.070 a 0.089	-	-	-
2.3	3.09	3.140	0.710	>5.270	4.560 - 5.270	3.850 a 4.559	-	-	-
2.2	5.9	3.640	1.510	>8.170	6.660 - 8.170	5.150 a 6.659	-	-	-
0.030	0.012	0.060	0.030	>0.150	0.120 - 0.150	0.090 a 0.119	-	-	-
4.5	9.5	6.200	2.050	>12.350	10.300 - 12.350	8.250 a 10.299	30	20	13
0.007	0.010	0.010	0.004	>0.022	0.018 - 0.022	0.014 a 0.017	-	-	-
3.070	8.460	5.780	1.730	>10.970	9.240 - 10.970	7.510 a 9.239	72	10	17
2.6	8.9	5.100	2.210	>11.730	9.520 - 11.730	7.310 a 9.520	-	-	-
0.040	0.110	0.006	0.020	>0.066	0.046 - 0.066	0.026 a 0.045	2	5	<0,5
1.5	2.5	2.140	0.340	>3.160	2.820 - 3.160	2.480 - 2.819	-	-	-
8.9	18.5	12.540	4.110	>24.870	20.760 - 24.870	16.650 - 20.759	300	5000	60
0.3	0.6	0.440	0.110	>0.770	0.660 - 0.770	0.550 - 0.659	15	10	3,5

**Legenda**

**Xmin** – X mínimo

**Xmax** – X Máximo

**$\bar{X}$**  - Média

**S** - desvio

>  $\bar{X} + 3S$  – 1ª ordem

Entre  $\bar{X} + 2S$  e  $\bar{X} + 3S$  - 2ª ordem

Entre  $\bar{X} + S$  e  $\bar{X} + 2S$  - 3ª ordem

**VRQ** - Valor de Referência de Qualidade

**VP** – Valor de Prevenção

**VI** – Valor de Intervenção

**Tabela 5 – Valores Anômalos de 1ª, 2ª e 3ª Ordem para ICP**

Classificação dos elementos segundo níveis e limites de concentração de 1ª (vermelha), 2ª (azul) e 3ª (verde) ordens  
Limites de Sensibilidade (mg/d) - ICP

NUMCAMP	X	Y	Ag	Al	As	Au	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu
CF-S-086	693385	8142059	9.0	1.01	0.5	0.3	20.6	0.2	0.1	0.02	0.01	10.5	4.8	26.5	1.21	9.59
CF-S-087	691069	8143239	6.0	0.83	0.5	0.4	16.6	0.4	0.1	0.01	0.01	11.3	3.5	22.0	0.68	8.59
CF-S-088	690152	8145496	18.0	1.06	0.3	1.1	18.8	0.3	0.1	0.03	0.02	10.5	3.5	41.4	0.97	11.46
CF-S-089	686879	8143294	8.0	0.92	0.6	0.3	11.7	0.2	0.14	0.02	0.01	10.6	3.9	35.1	0.54	8.72
CF-S-090	685710	8144032	8.0	0.78	0.3	0.3	9.4	0.2	0.09	0.02	0.01	6.6	1.8	22.2	0.59	6.68
CF-S-091	682648	8142959	9.0	1.04	0.5	ND	11.3	0.3	0.14	0.03	0.01	8.9	2.5	39.0	0.65	7.77
CF-S-092	682667	8142390	10.0	0.87	0.4	0.3	10.6	0.1	0.08	0.02	0.01	8.4	2.1	25.4	0.72	7.78

NUMCAMP	X	Y	Fe	Ga	Hf	Hg	In	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P
CF-S-086	693385	8142059	1.18	3.9	0.04	11.0	0.02	3.9	5.9	0.11	206.0	0.22	0.001	0.37	8.8	0.019
CF-S-087	691069	8143239	1.14	2.9	0.03	ND	ND	3.8	4.0	0.04	125.0	0.15	0.001	0.43	5.4	0.011
CF-S-088	690152	8145496	1.23	4.2	0.06	6.0	0.02	3.9	5.5	0.12	92.0	0.22	0.001	0.26	9.5	0.014
CF-S-089	686879	8143294	1.29	4.1	0.05	5.0	0.02	3.0	2.2	0.03	125.0	0.24	0.001	0.31	4.7	0.012
CF-S-090	685710	8144032	0.79	2.9	0.04	ND	ND	2.3	2.5	0.04	55.0	0.17	0.001	0.2	4.5	0.007
CF-S-091	682648	8142959	1.17	4.0	0.07	ND	0.02	2.7	2.6	0.05	80.0	0.23	0.001	0.28	5.3	0.008
CF-S-092	682667	8142390	0.96	3.0	0.06	ND	ND	2.4	2.8	0.06	72.0	0.2	0.001	0.28	5.2	0.008

NUMCAMP	X	Y	Pb	K	Rb	Sb	Sc	Sn	Sr	Th	Ti	Tl	U	V	Yt	Zn	Zr
CF-S-086	693385	8142059	5.75	0.08	8.9	0.06	2.5	0.5	1.6	2.2	0.038	0.08	0.6	29.0	3.72	18.0	2.3
CF-S-087	691069	8143239	4.91	0.03	4.3	0.04	2.2	0.4	0.8	2.3	0.027	0.05	0.5	23.0	3.04	10.5	2.3
CF-S-088	690152	8145496	8.46	0.08	7.3	0.11	2.9	0.8	2.4	2.4	0.048	0.06	0.6	36.0	4.41	18.9	3.5
CF-S-089	686879	8143294	7.02	0.03	2.6	0.07	2.8	0.5	1.4	2.5	0.036	0.03	0.5	35.0	2.92	9.9	3.5
CF-S-090	685710	8144032	4.86	0.03	3.8	0.05	1.9	0.8	1.6	1.5	0.025	0.03	0.4	28.0	2.76	8.9	2.2
CF-S-091	682648	8142959	6.41	0.04	3.8	0.08	2.8	0.6	1.8	2.2	0.038	0.04	0.5	36.0	2.76	10.2	3.3
CF-S-092	682667	8142390	3.07	0.06	5.0	0.05	1.8	0.4	1.7	1.9	0.022	0.05	0.4	23.0	2.37	11.4	2.5

Fonte: PGAGEM - 2003

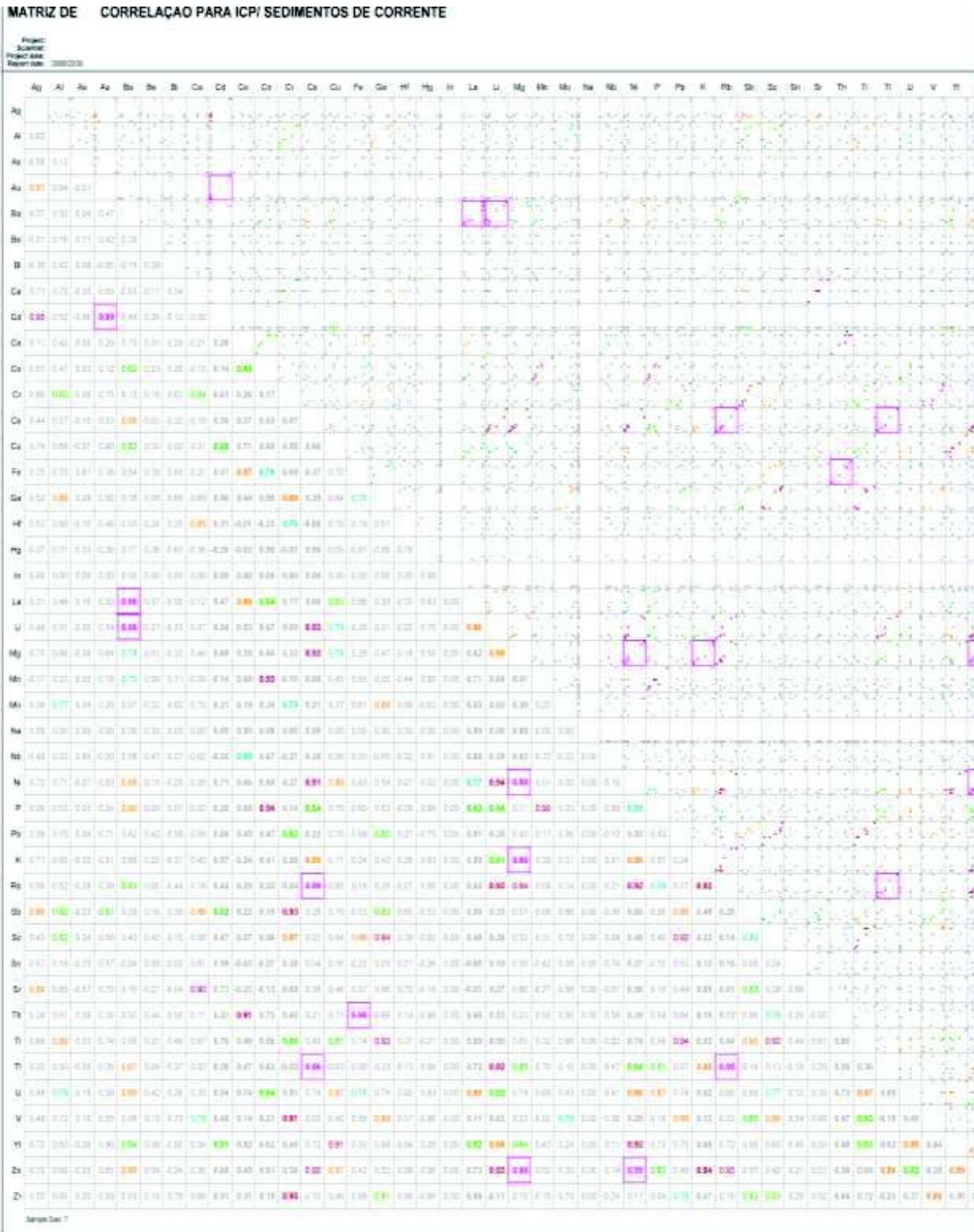


Figura 7 - Correlações muito fortes foram observadas entre o ouro, cádmio,césio e rubídio e níquel, seguindo-se magnésio, bário, lantânio,lítio, tório, potássio e tálio (ICP).

Tabela 6 – Correlações mais Expressivas nas Análises por ( ICP )

<b>Associação / Índice de correlação</b>	<b>Correlações</b>
<b>Muito Forte</b>	
Ouro / Cádmio/	$C_{Au-Cd} = 0,99$
Césio /Rubidio	$C_{Cs - Rb} = 0,99$
Níquel / Zinco	$C_{Ni-Zn} = 0,99$
Magnésio / Níquel	$C_{Mg-Ni} = 0,98$
Magnésio / Zinco	$C_{Mg-Zn} = 0,98$
Bário / Lântanio	$C_{Ba - La} = 0,96$
Bário / Lítio	$C_{Ba - Li} = 0,96$
Césio / Tório	$C_{Cs-Th} = 0,96$
Magnésio / Potássio	$C_{Mg-k} = 0,96$
Rubidio / Tálíio	$C_{Rb-Tl} = 0,95$
<b>Forte</b>	
Lítio / Níquel	$C_{Li- Ni} = 0,94$
Lítio / Potássio	$C_{Li-K} = 0,94$
Cobalto / Magnésio	$C_{Co-Mg} = 0,93$
Cromo / Antimônio	$C_{Cr-Sb} = 0,93$
Césio / Lítio	$C_{Cs-Li} = 0,93$
Lítio / Rubidio	$C_{Li - Rb} = 0,93$
Lítio / Zinco	$C_{Li/Zn} = 0,93$
Césio / Magnésio	$C_{Cs- Mg} = 0,92$
Lítio / Tálíio	$C_{Li/Tl} = 0,92$
Cromo / Vanádio	$C_{Cr-V} = 0,91$
Césio /Níquel	$C_{Cs- Ni} = 0,91$



**Tabela 7 - Sumário Estatístico das amostras de Alfafa/Folha Analisadas por ICP**

	1ª Ordem			2ª ordem			3ª ordem			CETESB/2005			
	Xmin	Xmax	X	S	> X + 3S	-(X+2S) - (X+3S)	entre X+S e X+2S	VP	VI	VRQ	VP	VI	VRQ
Al	53,6	661,2	251,2	201,1	854,5	653,4 - 854,5	252,3 - 653,3	-	200	-	-	-	-
Cu	0,00	0,4	0,09	0,16	0,57	0,41 - 0,57	0,25 - 0,40	60	2000	35	-	-	-
Fe	26,08	1771,5	296,03	414,8	>1540,43	1125,63 - 1540,43	710,83 - 1125,62	-	300	-	-	-	-
Li	0,00	0,42	0,11	0,14	>0,53	0,39 - 0,53	0,25 - 0,38	-	-	-	-	-	-
Mg	88,7	157	118,3	24,2	>190,9	166,7 - 190,9	142,5 - 166,6	-	-	-	-	-	-
Mn	1,04	14,3	5,31	3,53	>15,9	12,37 - 15,9	8,84 - 12,36	-	400	-	-	-	-
Zn		9,4	0,8	2,3	>7,7	5,4 - 7,7	3,1 - 5,3	300	5000	60	-	-	-
Au	0,00	0,72	0,19	0,22	>0,85	0,63 - 0,85	41 - 0,62	-	-	-	-	-	-
Ga	0,00	2,8	0,72	0,94	>3,54	2,6 - 3,54	1,66 - 2,5	-	-	-	-	-	-
La	0,00	0,24	0,17	0,16	>0,65	0,49 - 0,65	0,33 - 0,48	-	-	-	-	-	-
Nb	0,00	7,1	0,13	0,26	>0,91	0,65 - 0,91	0,39 - 0,64	-	-	-	-	-	-
W	0,00	0,8	0,2	0,39	>1,37	0,98 - 1,37	0,59 - 0,97	-	-	-	-	-	-
Y	0,00	0,2	0,03	0,06	>0,21	0,15 - 0,21	0,09 - 0,14	-	-	-	-	-	-
Zr	0,00	0,3	0,03	0,096	>0,318	0,222 - 0,318	0,126 - 0,221	-	-	-	-	-	-
Ag	0,00	0,01	0,006	0,02	>0,066	0,046 - 0,066	0,026 - 0,045	2	50	0,25	-	-	-
Ba	0,03	2,83	1,2	0,85	>3,75	2,9 - 3,75	2,05 - 2,8	150	700	75	-	-	-
Pb	0,00	0,79	0,25	0,36	>1,33	0,97 - 1,33	0,61 - 0,96	72	10	17	-	-	-
Sb	0,00	0,05	0,07	0,23	>0,76	0,53 - 0,76	0,3 - 0,52	2	5	< 0,5	-	-	-
Sr	0,00	1,56	0,73	0,59	>2,5	1,91 - 2,5	1,32 - 1,90	-	-	-	-	-	-
Ta	0,00	0,8	0,27	0,29	>1,14	0,85 - 1,14	0,56 - 0,84	-	-	-	-	-	-
Te	0,00	0,9	0,22	0,59	>1,99	1,4 - 1,99	0,81 - 1,3	-	-	-	-	-	-
Ti	0,00	7,1	2,25	2,3	>9,15	6,85 - 9,15	4,55 - 6,84	-	-	-	-	-	-
V	0,00	2,9	0,3	0,72	>2,46	1,74 - 2,46	1,02 - 1,73	-	-	-	-	-	-
K	1333,0	4447	2643	961,71	>5528,13	4566,42 - 5528,13	3604,7 - 4566,41	-	-	-	-	-	-
Na	10,6	43,5	24,55	11,26	>58,33	47,07 - 58,33	35,81 - 47,06	-	-	-	-	-	-
Ca	265,5	7302,4	1028,87	2143,55	>7459,52	5315,97 - 7459,52	3172,4 - 5315,96	-	-	-	-	-	-

**Legenda**

- Xmin - X mínimo
- Xmax - X Máximo
- X̄ - Média
- S - desvio
- > X̄ + 3S - 1ª ordem
- Entre X̄ + 2S e X̄ + 3S - 2ª ordem
- Entre X̄ + S e X̄ + 2S - 3ª ordem
- VRQ - Valor de Referência de Qualidade
- VP - Valor de Prevenção
- VI - Valor de Intervenção

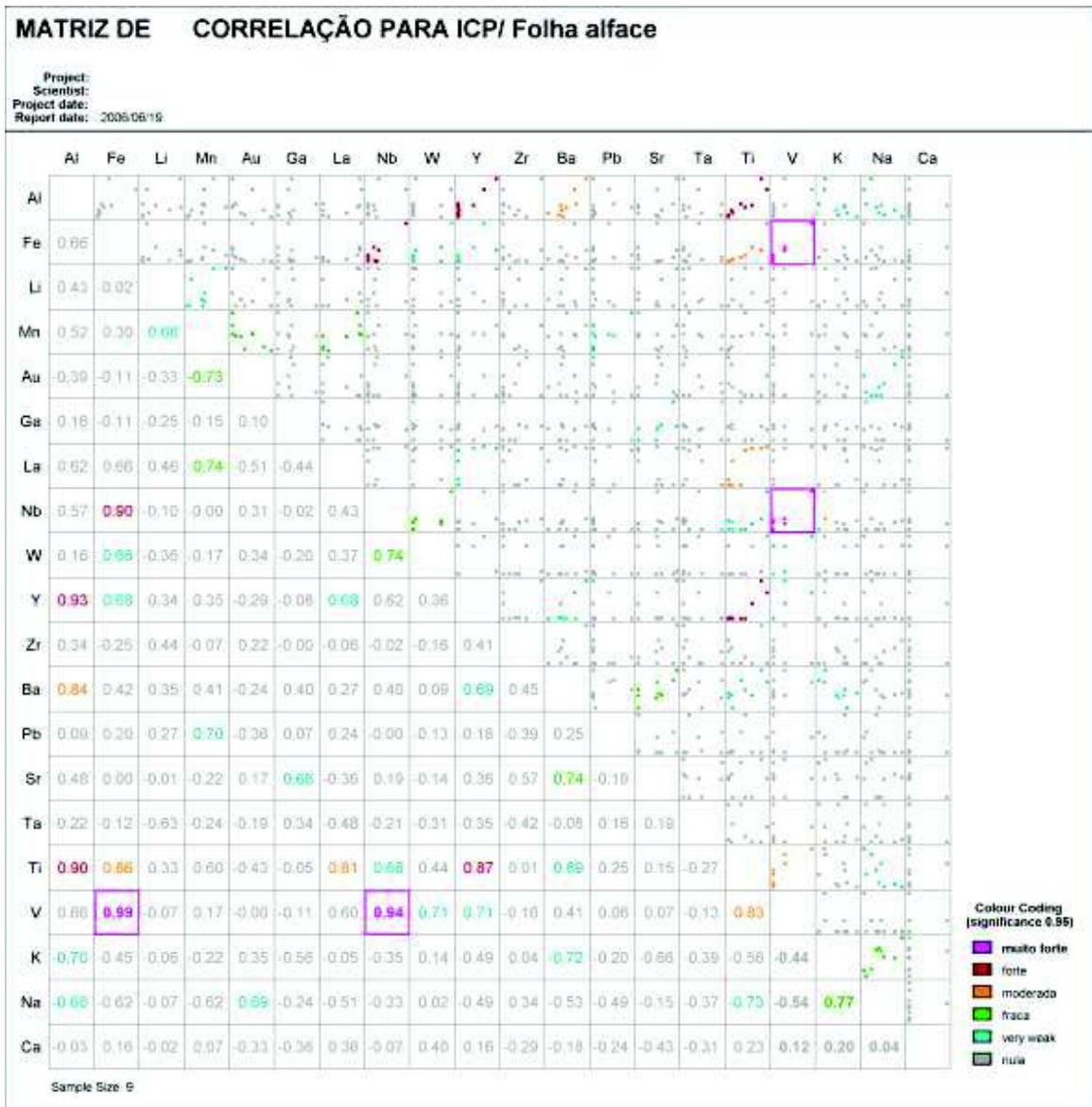


Figura 8 – correlações muito fortes foram observadas entre vanádio, ferro e níbio, seguidas de alumínio, ítrio, titânio e lantânio.

**Tabela 8 - Sumário Estatístico das Amostras de alface-caule Analisadas por ICP**

	1ª Ordem					2ª ordem		3ª ordem	CETESB/2005 solo (mg.kg <sup>-1</sup> peso seco) <sup>1</sup>		
	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X	S	> X + 3S	-(X+2S)- (X+3S)	entre X+S e X+2S	VP	VI	VRQ	
Al	0,00	661,2	130,3	182,0	>676	494 - 676	312,24 - 493	-	-	-	
Cu	0,00	0,45	0,06	0,12	>0,42	0,3 - 0,42	0,18 - 0,41	-	-	-	
Fe	0,00	1771	1,38	1,83	>6,87	5,04 - 6,87	3,21 - 5,03	-	300	-	
Li	0,00	0,4	0,14	0,13	>0,53	0,4 - 0,53	0,27 - 0,3	-	-	-	
Mg	56,1	157	67,35	9,09	>94,62	85,53 - 94,62	76,44 - 85,52	-	-	-	
Mn	0,00	14,3	0,7	0,86	>3,28	2,42 - 3,28	1,56 - 2,41	-	400	-	
Zn	0,00	20,2	10,99	13,16	>50,47	37,31 - 50,47	24,15 - 37,30	300	5000	60	
Au	0,00	0,95	0,21	0,27	>1,02	0,75 - 1,02	0,48 - 0,74	-	-	-	
Ga	0,00	2,7	0,72	0,8	>3,12	2,32 - 3,12	1,52 - 2,31	-	-	-	
La	0,00	0,5	0,19	0,17	>0,7	0,53 - 0,7	0,36 - 0,52	-	-	-	
Nb	0,00	1,1	0,05	0,16	>0,53	0,37 - 0,53	0,21 - 0,36	-	-	-	
W	0,00	0,8	0,12	0,18	>0,66	0,48 - 0,66	0,3 - 0,47	-	-	-	
Y	0,00	0,1	0,01	0,04	>0,13	0,09 - 0,13	0,05 - 0,08	-	-	-	
Zr	0,00	0,3	0,03	0,08	>0,27	0,19 - 0,27	0,11 - 0,18	-	-	-	
Ag	0,00	0,01	0,01	0,03	>0,1	0,07 - 0,1	0,04 - 0,06	2	50	0,25	
Ba	0,00	2,8	0,13	0,15	>0,58	0,43 - 0,58	0,28 - 0,42	150	700	75	
Pb	0,00	0,8	0,03	0,1	>0,33	0,23 - 0,33	0,13 - 0,22	72	10	17	
Sb	0,00	0,05	0,01	0,02	>0,07	0,05 - 0,07	0,03 - 0,04	2	5	< 0,5	
Sr	0,00	1,6	0,02	0,04	>0,14	0,1 - 0,14	0,06 - 0,09	-	-	-	
Ta	0,00	0,8	0,26	0,27	>1,07	0,8 - 1,07	0,53 - 0,7	-	-	-	
Te	0,00	0,9	0,04	0,12	>0,4	0,28 - 0,4	0,16 - 0,27	-	-	-	
Ti	0,00	7,1	-	-	-	-	-	-	-	-	
V	0,00	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	
K	1333,0	4447	2895	728,8 6	>5081,82	4352,96 - 5081,82	3624,1 - 4352,95	-	-	-	
Na	10,6	112,2	92,82	13,73	>134,01	120,28 - 134,01	106,55 - 120,27	-	-	-	
Ca	82,5	7302	131,1	27,82	>214,51	186,69 - 214,51	158,87 - 186,68	-	-	-	

**Legenda**X<sub>min</sub> – X mínimoX<sub>max</sub> – X Máximo $\bar{X}$  - Média

S - desvio

>  $\bar{X}$  + 3S – 1ª ordemEntre  $\bar{X}$  +2S e  $\bar{X}$  +3S - 2ª ordemEntre  $\bar{X}$  +S e  $\bar{X}$  +2S - 3ª ordem

VRQ - Valor de Referência de Qualidade

VP – Valor de Prevenção

VI – Valor de Intervenção

Tabela 9 - Sumário Estatístico das Amostras de Couve Analisadas por ICP

	1º Ordem			2º ordem			3º ordem			CETESB/2005 solo (mg.kg <sup>-1</sup> peso seco) <sup>1</sup>
	X	S	> X + 3S	-(X+2S)- (X+3S)	> X + 3S	> X + 3S	entre X+S e X+2S	VP	VI	
Fe	12,59	0,1	>50,36	37,77 - 50,36	>50,36	25,18 - 37,76	-	300	5000	60
Li	0,1	0,1	>0,4	0,3 - 0,4	>0,4	0,2 - 0,2	-	-	-	-
Mg	64,22	3,4	>74,42	71,02 - 74,02	>74,42	67,62 - 71,01	-	-	-	-
Mn	3,33	0,84	>5,85	5,01 - 5,85	>5,85	4,17 - 5,00	-	400	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	300	5000	60
Au	0,22	0,22	>0,88	0,66 - 0,88	>0,88	0,44 - 0,65	-	-	-	-
Ga	0,68	0,67	>2,69	2,02 - 2,69	>2,69	1,35 - 2,01	-	-	-	-
La	0,29	0,19	>0,86	0,67 - 0,86	>0,86	0,48 - 0,66	-	-	-	-
Nb	0,06	0,15	>0,51	0,36 - 0,51	>0,51	0,21 - 0,35	-	-	-	-
W	0,3	0,28	>1,14	0,86 - 1,14	>1,14	0,58 - 0,85	-	-	-	-
Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zr	0,05	0,1	>0,35	0,25 - 0,35	>0,35	0,15 - 0,24	-	-	-	-
Ag	-	-	-	-	-	-	-	2	50	0,25
Ba	1,71	0,66	>3,69	3,03 - 3,69	>3,69	2,37 - 3,02	-	150	700	75
Pb	0,15	0,38	>1,29	0,91 - 1,29	>1,29	0,53 - 0,90	-	72	10	17
Sb	-	-	-	-	-	-	-	2	5	<0,5
Sr	-	0,8	>0,8	1,6 - 0,8	>0,8	0,8 - 1,5	-	-	-	-
Ta	0,29	0,38	>1,43	1,05 - 1,43	>1,43	0,67 - 1,04	-	-	-	-
Te	0,02	0,05	>0,17	0,12 - 0,17	>0,17	0,07 - 0,11	-	-	-	-
Ti	0,05	0,14	>0,47	0,33 - 0,47	>0,47	0,19 - 0,32	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	1745,4	367,22	>2847,06	2479,84 - 2479,06	>2847,06	2112,62 - 2479,83	-	-	-	-
Na	76,58	15,63	>123,47	107,84 - 123,47	>123,47	92,21 - 107,83	-	-	-	-
Ca	116,97	34,56	>220,65	186,09 - 220,65	>220,65	151,53 - 186,08	-	-	-	-

## Legenda

Xmin - X mínimo

Xmax - X Máximo

X - Média

S - desvio

&gt; X + 3S - 1ª ordem

Entre X + 2S e X + 3S - 2ª ordem

Entre X + S e X + 2S - 3ª ordem

VRQ - Valor de Referência de

qualidade

VP - Valor de Prevenção

VI - Valor de Intervenção

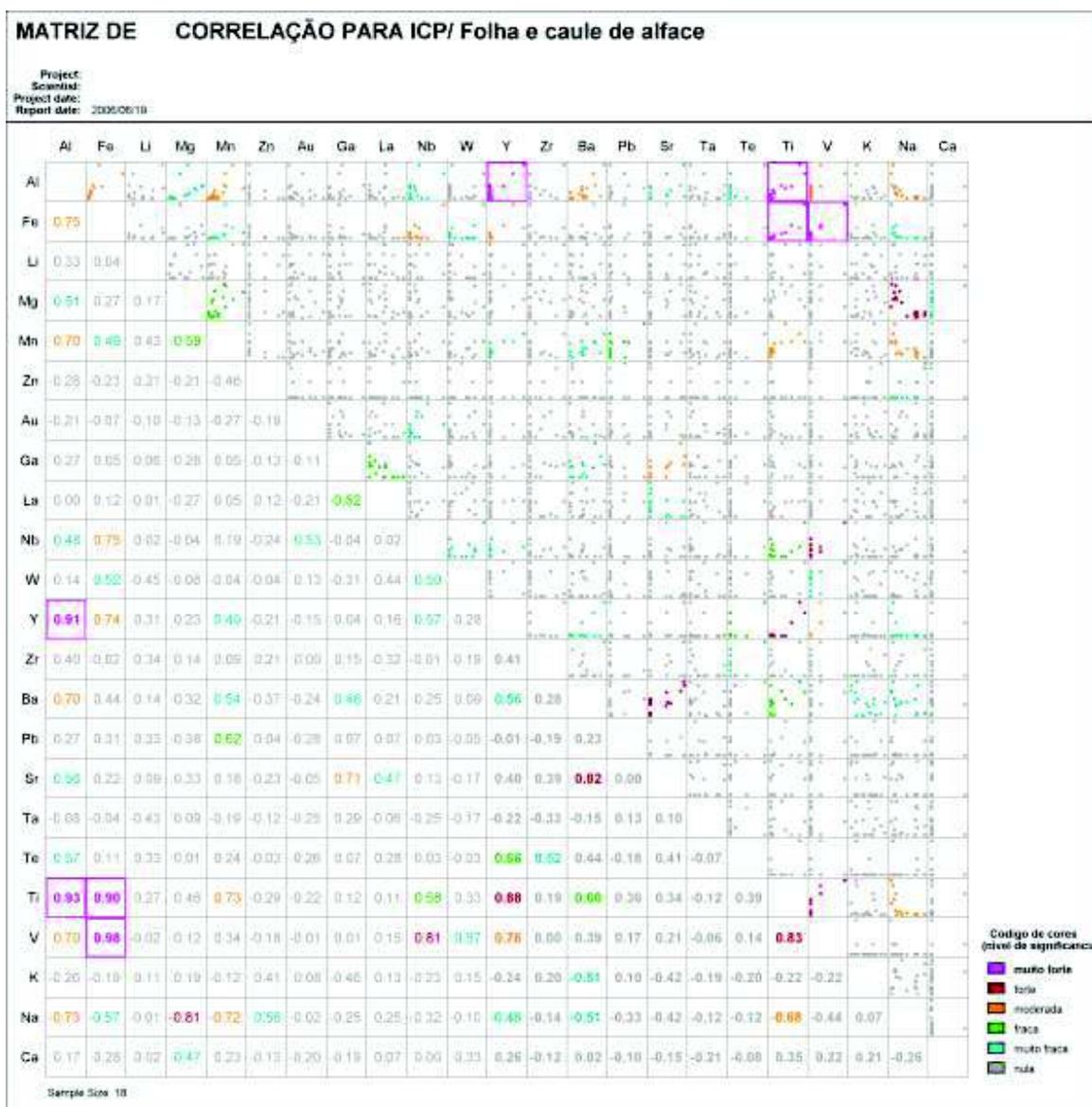


Figura 9 – Matriz de correlação muito fortes foram observadas entre alumínio e ítrio, alumínio e titânio, ferro e titânio, ferro e vanádio seguidos de bário e estrôncio.

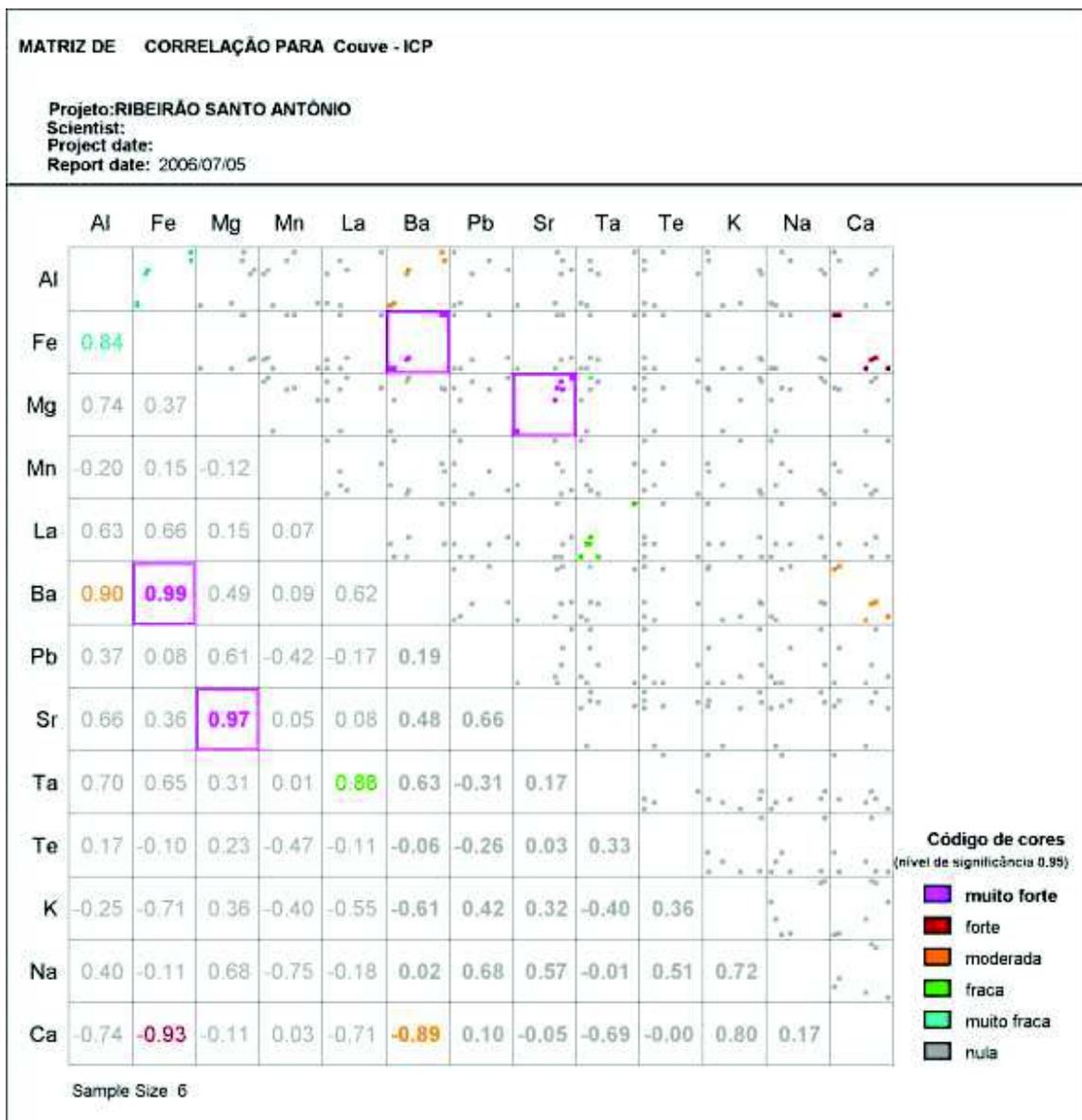


Figura10 – correlações muito fortes foram observadas entre ferro e bário, magnésio e estrôncio, seguidos de alumínio, bário

No que se refere aos vegetais , considerou-se a mesma metodologia do ponto de vista analítico e as amostras de alface /folhas, alface/ caule e couve foram denominadas pelo laboratório da UCB respectivamente como:

Grupo 1 Folhas de Alface, grupo 2 caules de Alface e Grupo 3 couve, considerações estas, inseridas imediatamente abaixo no texto:

Entre as folhas de alface e o caule , existem diferenças significativas para os seguintes elementos: Al, Fe,Mg,Mn,Zn,Y,Ba,Pb,Sr,,Ti, Na.

Os demais apresentaram teores que estão abaixo do limite de sensibilidade.

Nas folhas observou-se teores maiores de Al,Fe,Mg,Mn,Y,Ba,Pb,Sr, e Ti, já para caule os teores maiores apresentados foram para os elementos de Zn e Na.

Para a análise de correlação entre Alface folha/Alface Caule e Couve os resultados são diferentes:

Al - caule e folhas se assemelham

Fe - para os tres os resultados foram diferentes

Mg-idem

Y- idem

B- Caule e folhas são semelhantes

Ba- Caule e folhas se assemelham

Bi- Caule e folhas se assemelham

Mo- Caule e folhas se assemelham

Sr- caule e folhas se assemelham

Ti- os tres se assemelham

K- Caule e folhas de alface se assemelham

Na- Caule da alface e couve se assemelham

Ca- Caule e folhas de alface se assemelham.

Na Análise dos componentes principais: com 35% da variância, não foi possível distinguir uma relação entre o ponto do rio e o teor de metais,entretanto existe uma separação entre teores metálicos das folhas e do caule das alfaces .

Os valores relativos a caule parecem mais homogêneos em relação aos apresentados pelas folhas, nos levando a crer, que existe uma indicação de que os caules das alfaces apresentam de forma mais confiável o teor metálico.

As folhas apresentam mais heterogeneidade. Para esta análise foram utilizados os metais: Al, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Zn, Au, Ga, La, Nb, W, Y, Zr, Ag, Ba, Pb, Sb, Sr, Ta, Te, K, Na e Ca.

## 9. DISCUSSÕES

No que se refere às concentrações de elementos nos limites estabelecidos, os valores estatisticamente significativos, estão representados, porém podem não está relacionados aos padrões da literatura consultada (CETESB,2005). Uma amostra pode apresentar um valor de 1ª ordem em relação às demais amostras, e este valor está abaixo dos considerados prejudiciais à qualidade do referencial. Para comparação em magnitude destes dados em aplicações práticas e para auxílio na interpretação dos resultados obtidos, foram relacionados também com os Valores de Referência de Qualidade (VRQ), Valores de Prevenção (VP), e Valores de Intervenção (VI), Máximos Permitidos para uso humano, CETESB (2005) definidos pela portaria de Decisão da Diretoria nº195-2005 - E, de 23 de novembro de 2005, que dispõe sobre a aprovação dos Valores orientados para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, em substituição aos valores orientados de 2001, e da outras providências, visto que foram que os únicos parâmetros em referência encontrados que se adequaram aos objetivos propostos no trabalho.

Podemos observar que para os sedimentos analisados por AA, os elementos correlacionam-se em diferentes níveis , e apresentam correlações muito fortes, fortes, moderadas, fracas, muito fracas e nulas.

Através da matriz, (Figura 6) foi possível determinar as correlações mais significativas em ordem crescente:  $C_{As-Co} = 0,82$ ,  $C_{Ni-Cr} = 0,84$ ,  $C_{As-Ni} = 0,86$ ,  $C_{As-Cr} = 0,86$ ,  $C_{Ni-Mn} = 0,88$ ,  $C_{Ni-Co} = 0,89$ .

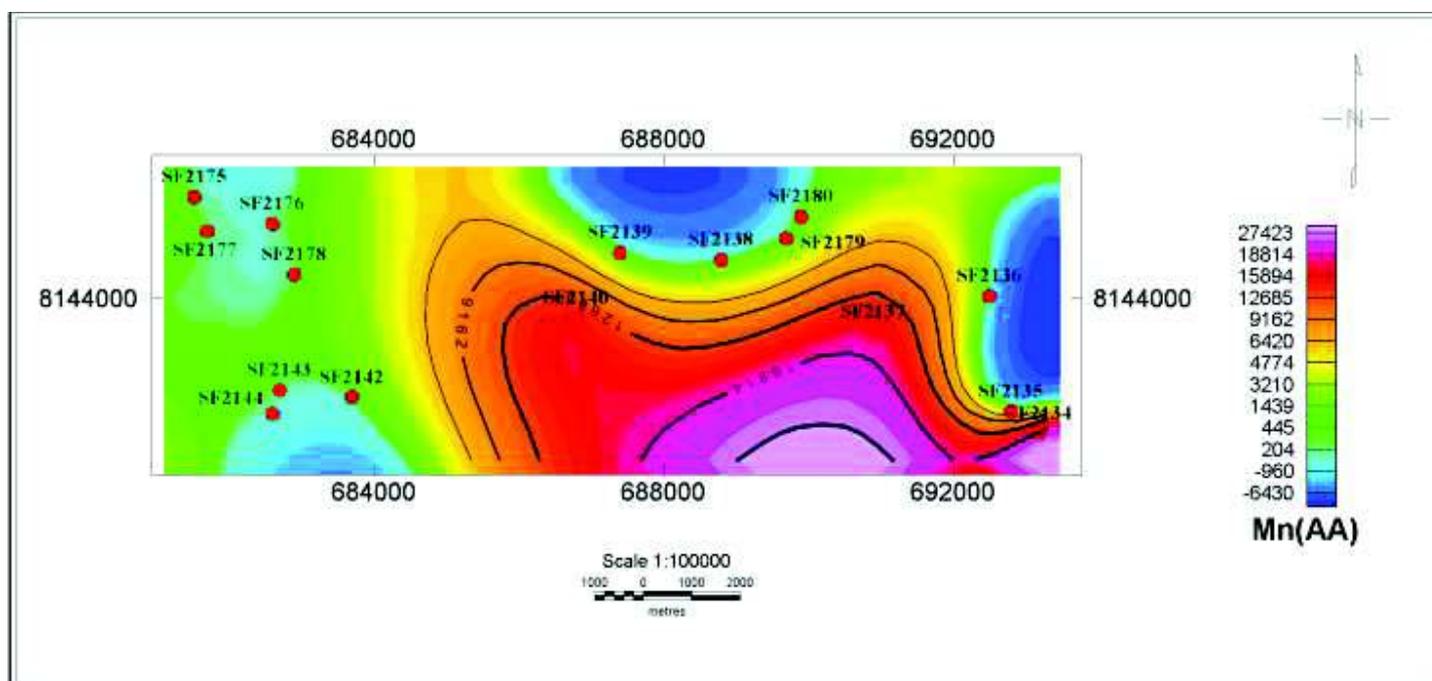
As associações mais importantes a partir da matriz de correlação e que mostraram maiores índices de significância foram:Cr-Mn e Ni-As-Co.

A primeira associação Cr-Mn (Figuras 11 e 12), mostra uma concentração mais elevada na parte centro-leste da área, influenciada pelas amostra SF-2134

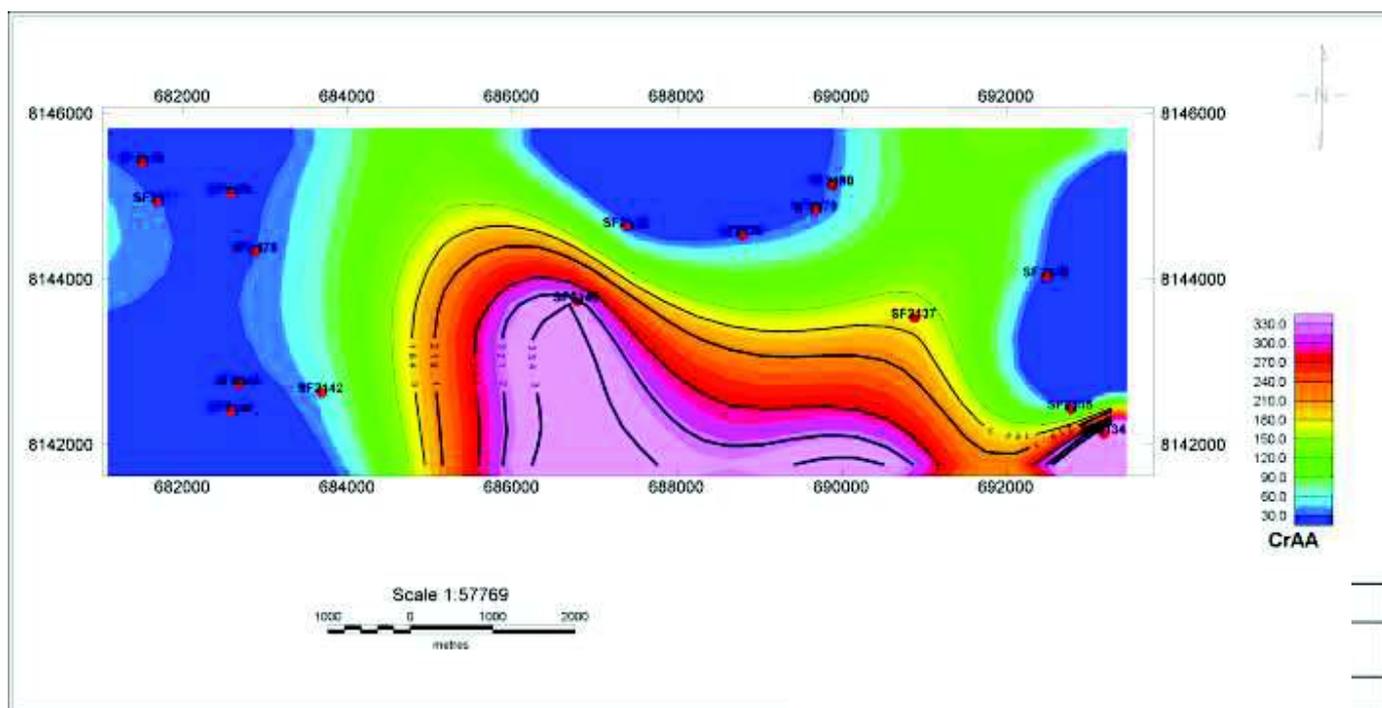
(córrego da Lagoa), SF-2137(córrego da Bananeira) e SF-2140(córrego Granada), destacando-se as amostras SF- 2137e SF- 2140. O restante das mostras apresentam baixas concentrações, embora estando bem próximas (Tabela10).

**Tabela 10 - Resultados das Amostras da 1ª Associação AA**

<b>Código da amostra</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>
SF – 2137	180	31
SF – 2140	350	16000



**Figura 11 – Mapa de distribuição do Mn (manganês) em Sedimentos de Corrente**



**Figura12 – Mapa de distribuição do Cr (cromo) em Sedimentos de Corrente**

### **Ação biológica dos elementos analisados:**

#### **CROMO**

Cromo trivalente é elemento essencial para os homens e os animais e tem função biológica com os complexos organo-metálicos envolvidos na síntese de insulina e no controle dos índices de colesterol e de triglicérides no sangue. O consumo de alimentos refinados, principalmente de açúcar, agrava essa deficiência, pois além de apresentarem um teor muito baixo em cromo, aumentam o consumo e as perdas do organismo (CORTECCI,2002).

Sua importância se evidencia tanto no controle da diabetes quanto no controle da hipoglicemia, pois normaliza as taxas da insulina no sangue. O cromo é importante na manutenção da glicemia, ele faz parte do fator de tolerância à glicose que auxilia no transporte plasmático da insulina, permitindo a sua melhor fixação nos receptores celulares da insulina, facilitando a sua ação. No hipoglicêmico, o cromo auxilia a normalização das taxas de insulina e glicose no plasma aliviando os sintomas da hipoglicemia (CORTECCI,2002).

Durante os períodos de *stress* físico, o organismo aumenta a excreção urinária de cromo, contribuindo para criar ou agravar a deficiência em cromo, porém o diabético insulino dependente, tem uma excreção de cromo três vezes maior que o indivíduo normal.

A deficiência de cromo também é associada ao aumento das patologias cardíacas, pois causa aumento do colesterol e diminuição do HDL-colesterol, hipertensão arterial, arritmias e obesidade, neuropatia periférica e encefalopatia.

No homem a deficiência de cromo causa diminuição do número de espermatozóides e da fertilidade (CORTECCI,2002).

O excesso de cromo é tóxico e no caso particular do cromo (VI) pode ser mutagênico a nível celular, com o cromo podendo reagir com o DNA, induzindo erros “de leitura” durante a duplicação da cadeia nucleotídica do ácido nucleico. A exposição a pós de cromo pode ser responsável de patologias de tumores no pulmão

A porção diária para animais e homens é de 50-200 mg. Um adulto contém cerca de 6 mg de cromo (CORTECCI,2002).

## **MANGANÊS**

O manganês é sem dúvida um elemento essencial para uma grande variedade de animais, que o contém em enzimas organo-metálicas biologicamente fundamentais à vida. No homem, ainda não foram verificadas síndromes de deficiência de manganês. Uma pessoa adulta contém normalmente 10-20 mg de manganês, situado principalmente nos ossos, no fígado e nos rins. O índice de assimilação é de aproximadamente 3% do contido nos alimentos (CORTECCI,2002).

Os dados da literatura concernente à carência em manganês nos humanos são raros (salvo em casos acidentais durante uma nutrição artificial), somente se pode reportar às observações de laboratório em animais: pode-se descrever distúrbios tais como atrofia dos tendões, malformação dos ossículos do ouvido interno, anomalias da função reprodutora, retardamento do crescimento, distúrbios

neurrológicos, perturbações na coagulação do sangue e tecido ósseo.(CORTECCI,2002).

O excesso de manganês parece contribuir para casos de oclusões coronárias e em artrite reumatóide; foram encontrados altos teores de manganês no sangue de pacientes com essas sintomatologias. Envenenamento por manganês ocorre por aspiração, em trabalhadores de atividades industriais específicas, podendo causar distúrbios neurrológicos e psiquiátricos (CORTECCI,2002).

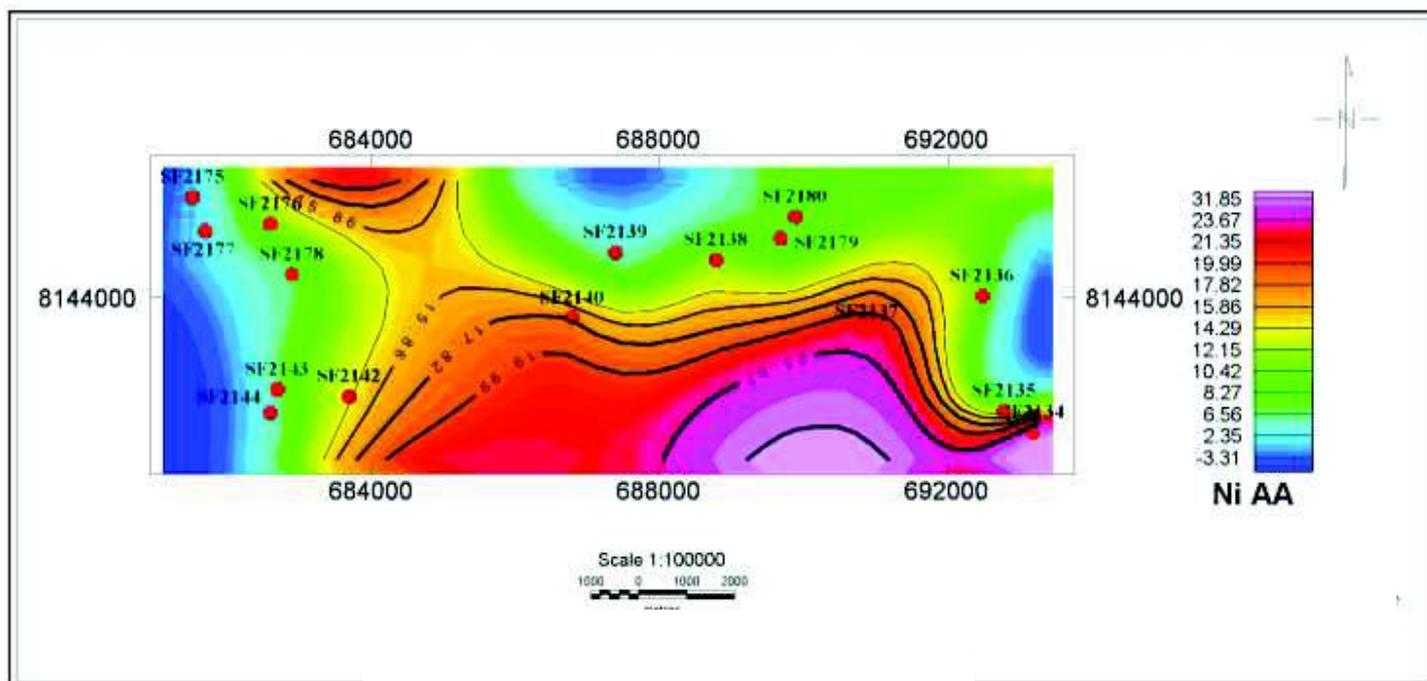
O manganês é um constituinte das enzimas superóxido dismutase mitocondrial (SOD) que é responsável pela correta metabolização dos radicais livres nas mitocôndrias. A deficiência da SOD causa um aumento dos radicais livres, importante na síntese da dopamina que é um importante neurotransmissor, e na síntese do colesterol. Os sintomas da deficiência de manganês são: perda de peso, fadiga, falta de resistência física, lento crescimento das unhas e dos cabelos, tom levemente avermelhado dos cabelos, metabolismo dos ossos e das cartilagens prejudicado, dermatite fugaz, alteração da tolerância à glicose e alteração da síntese de insulina, redução da fertilidade, reações alérgicas e inflamatórias aumentadas. Favorece também o aumento da susceptibilidade do organismo às crises convulsivas.

Segundo (CORTECCI, 2002) o manganês pode afetar as respostas imunes humoral e celular o excesso de manganês parece contribuir para casos de oclusões coronárias e em artrite reumatóide; foram encontrados altos teores de manganês no sangue de pacientes com essas sintomatologias. O envenenamento por manganês ocorre por aspiração, principalmente em trabalhadores de atividades industriais específicas, podendo causar distúrbios neurrológicos e psiquiátricos.

A segunda associação representada pelos elementos Ni-As-Co, (Figuras 13, 14 e 15), evidenciam o resultado equivalente à correlação forte, assumindo uma tendência de distribuição na região centro-leste (SE) da área, indicados pelas amostras SF – 2134 (córrego da Lagoa), SF – 2135 (Cepaigo) e SF 2137 (córrego da Bananeira), cujos resultados de análises são apresentados na tabela abaixo. :

**Tabela 11 - Resultados das Amostras da 2ª Associação AA**

Código da amostra	Ni	As	Co
SF - 2134	29000	9000	12000
SF - 2135	8000	0,900	4000
SF - 2137	23000	5000	10000

**Figura 13 – Mapa de distribuição do Ni ( Níquel ) em Sedimentos de Corrente**

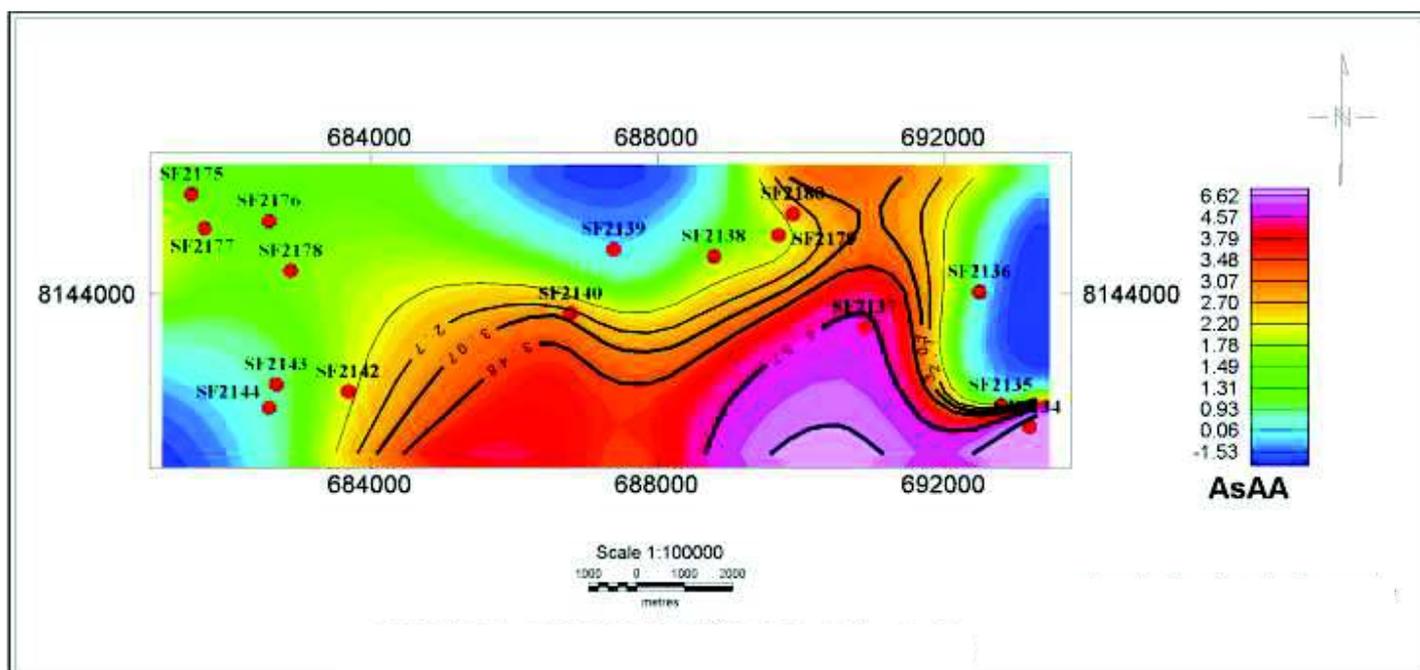


Figura 14 – Mapa de distribuição do As (Arsênio) em Sedimentos de Corrente

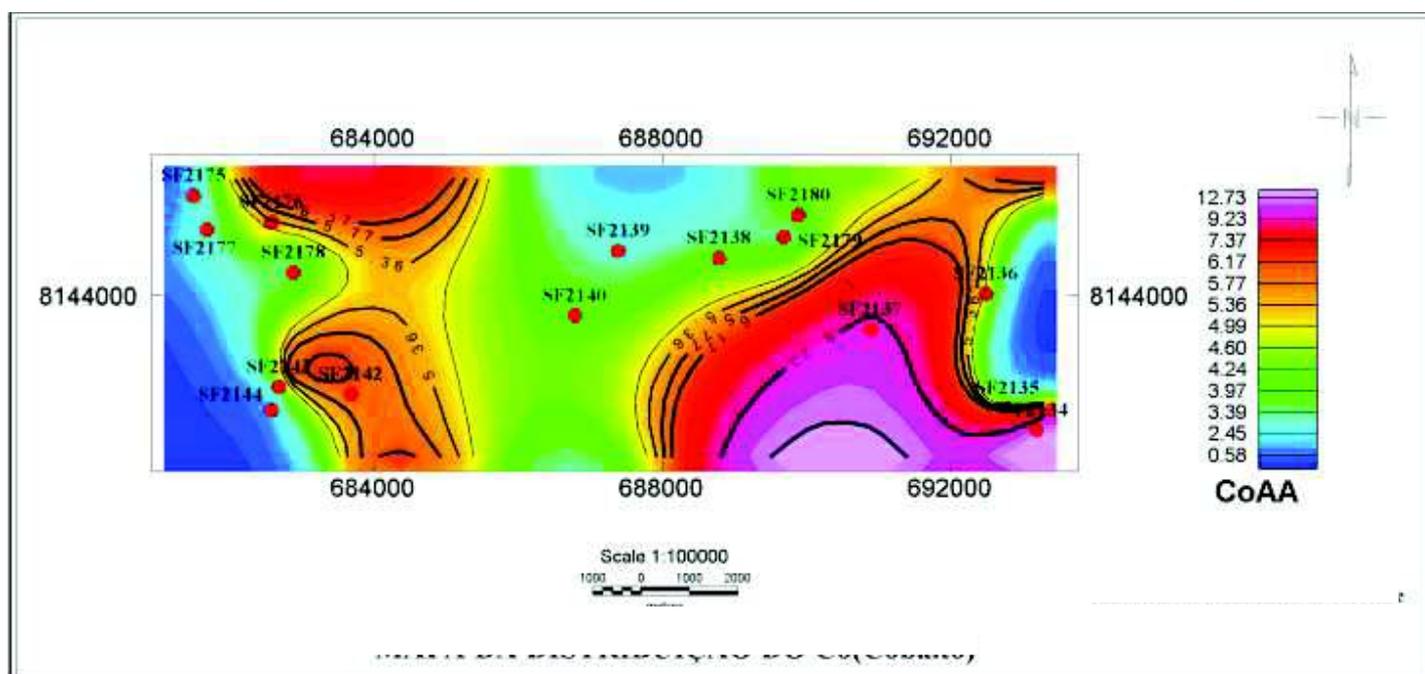


Figura 15 – Mapa de distribuição do Co (Cobalto) em Sedimentos de Corrente

## **Ação biológica dos elementos:**

### **NIQUEL**

O níquel e os seus compostos não aparentam ser tóxicos. mas, em quantidades pequenas tem sido classificado como um elemento importante ao desenvolvimento, pois inibe a ação da enzima superóxido dismutase que participa no processo de metabolização dos radicais livres.

Em doses elevadas é tóxico podendo causar: irritação gastro intestinal com náuseas, vômitos e diminuição do apetite; alterações neurológicas: dor de cabeça, vertigem; alterações musculares: fraqueza muscular; alterações cardíacas: palpitações; alergia: dermatite, rinite crônica, asma e outros estados alérgicos.

O excesso de níquel pode chegar a ter conseqüências graves como necrose e carcinoma do fígado e câncer de pulmão. Em doses elevadas é tóxico podendo causar: irritação gastro intestinal com náuseas, vômitos e diminuição do apetite; alterações neurológicas: dor de cabeça, vertigem; alterações musculares: fraqueza muscular; alterações cardíacas: palpitações; alergia: dermatite, rinite crônica, insônia, asma e outros estados alérgicos.

O excesso de níquel pode chegar a ter conseqüências graves como necrose e carcinoma do fígado e câncer de pulmão. Está freqüentemente associado a lesões cutâneas (Dermatite de contato por exemplo); distúrbios renais e hepáticos, infertilidade, neoplasias (câncer) pulmonares, apatia, cefaléias, insônia, diarreia, náuseas e em fumantes (aumento discreto).

Em algumas espécies animais, a deficiência provoca desorganização estrutural e alteração das propriedades das membranas celulares, também está ligado ao baixo nível de glicose no sangue, crescimento ósseo anormal, alteração do metabolismo do cálcio, vitamina B12 e nutrientes energéticos.

As possíveis contaminações do níquel podem ser minimizadas através do tratamento, eliminação da fonte de contaminação, aumento da ingesta de fibras e suplementação com selênio, zinco, L-cisteína, D,L metionina e terapia anti-oxidante.

## ARSÊNIO

Seu nome vem do grego e significa "macho" (os gregos achavam que os metais tinham sexo); foi citado pela primeira vez em 1250. Sua presença, em pequenas quantidades, era considerada um poderoso estímulo para a saúde (TEIXEIRA,2003).

A toxicidade do arsênico depende do seu estado químico. Enquanto o arsênico metálico e o sulfureto de arsênico são praticamente inertes, o gás  $AsH_3$  é extremamente tóxico. Os mais importantes minerais que contêm arsênico são a arsenopirita ( $FeAs_2.FeSz$ ) o falso ouro-pigmento ( $As_2S_3$ ) e a lollingita ( $FeAsz$ ).

De um modo geral, os compostos de arsênico são perigosos, principalmente devido aos seus efeitos irritantes na pele. Por exemplo, o manuseamento de trióxido de arsênico industrial deve ser feito com máscaras especiais. A toxicidade destes compostos é principalmente devida à ingestão e não à inalação embora deva haver cuidados de ventilação em ambientes industriais que usem compostos de arsênico.

O arsênico é usado como inibidor da ferrugem em anticongelantes, na fabricação do vidro, como preservativo na curtição do couro e na preservação da madeira, como herbicida ou como inseticida. Deposita-se nos tecidos, especialmente os cabelos e unhas. Nos cabelos de Napoleão foi encontrada grande quantidade de arsênico, sugerindo a possibilidade de o imperador francês ter sido assassinado com esse veneno (TEIXEIRA, 2003).

É antagonista do cálcio, enxofre, selênio e zinco, reduzindo o teor desses elementos no organismo e sendo igualmente reduzido por eles quando estão aumentados.

Entretanto, o arsênico é um dos mais conhecidos venenos e foi usado com finalidades criminosas desde a Antigüidade. Também já acarretou grande número de envenenamentos acidentais, como ocorreu em Manchester em 1900, quando vários milhares de pessoas morreram após tomar cerveja contaminada por arsênico. Outras vítimas foram crianças nas quais se usaram talcos com alto teor de arsênico, o que às vezes acontece nas minas de talco. A arsina ( $AsH_3$ ) é um gás penetrante que contamina operários da indústria metalúrgica acidentalmente.

É um elemento extremamente perigoso à saúde pública, é carcinógeno, sendo que a ingestão de 100 mg envenena seriamente o organismo humano, suas principais fontes antrópicas são: inseticidas, herbicidas e resíduos industriais.

Como fonte natural, pode ser encontrado em minério de Manganês. Meia hora depois do envenenamento agudo, a pessoa queixa-se de constrição na garganta, dificuldade de engolir e desconforto no estômago que se transforma em dor violenta seguida de diarreia intensa, às vezes com sangue. Segue-se estado de coma e morte.

Já o envenenamento crônico, que ocorre em virtude do contato com papéis de parede, corantes, água, leite ou alimentos, acarreta prostração, perda de apetite, ardor na ponta da língua, secreção catarral, inflamação do fígado e erupções na pele de várias formas, com descamação das mãos e dos pés, que se tornam muito sensíveis. Surgem idéias altamente pessimistas, com a sensação de que nenhuma salvação será possível (TEIXEIRA, 2003).

A toxicidade do arsênico pode causar hálito e suor com odor de alho, desconforto físico, anemia com leucopenia moderada e eosinofilia,.

Sua toxicidade também pode estar relacionada com:

- Problemas digestivos: anorexia, náuseas, vômitos, constipação ou diarreia;
- Circulatórios: vasodilatação leve com aumento da permeabilidade capilar podendo causar nos casos mais graves uma necrose de extremidades conhecida como a doença dos pés pretos;
- Cardíacos: lesão do miocárdio com prolongamento do intervalo QT e ondas T anormais;
- Neurológicos: neuropatia periférica com formigamento e sensação de agulhadas em mãos e pés;
- Musculares: câibras e fraqueza em pernas e pés podendo haver dificuldade para andar nos casos mais graves;
- Dermatológicos: hiperpigmentação principalmente no pescoço, pálpebras, mamilos e axilas, vitiligo, hiperqueratose, queda de cabelo, estrias nas unhas e câncer;

- A toxidez do arsênico é rapidamente excretada através do rim, assim, se os níveis dos cabelos forem elevados existe uma exposição constante.

Fontes comuns de Arsênico são: inseticidas, poluição do ar, água contaminada, exposição a processos industriais, especialmente em eletrometalização e manufatura de componentes eletrônicos.

Diante destes sintomas, a homeopatia utiliza o antídoto para o arsênico, ou seja, o *Arsenicum albidum*, em variadas potências, o qual eliminará esse veneno do organismo, com rápida melhora do desconforto que ele provoca (TEIXEIRA, 2003).

### **COBALTO**

O cobalto faz parte dos oligo-elementos indispensáveis ao desenvolvimento e crescimento da maior parte dos animais. Em particular, entra na composição da vitamina B12 ou cobalamina, antianêmica. A vitamina B12, cujo nome científico é cianocobalamina, foi isolada e identificada a partir de um extrato de fígado, em 1948 pelo sueco Georg Brandt, e é indispensável, na espécie humana, para a proliferação dos glóbulos do sangue e para a manutenção da integridade das células nervosas.

A deficiência comum é a que decorre da falta de absorção da vitamina, por uma doença auto-imune da mucosa do estômago - a gastrite atrófica - que, rara antes dos 40 anos, aumenta de frequência com a idade, até tornar-se muito comum na velhice. A incidência é maior no sexo feminino, em pacientes com doenças da tireóide e com vitiligo.

A falta de vitamina B12 causa anemia e alterações neurológicas, que são progressivas e mortais se não houver tratamento, donde o nome de anemia perniciosa dado à doença antes de sua notável e recente descoberta.

### **As associações geoquímicas mais significativas analisadas por ICP, foram:**

Au-Cd-Ba-La-Li

Mg-Ni-K-Zn

Rb-Tl-Cs

Cr-Sb-V

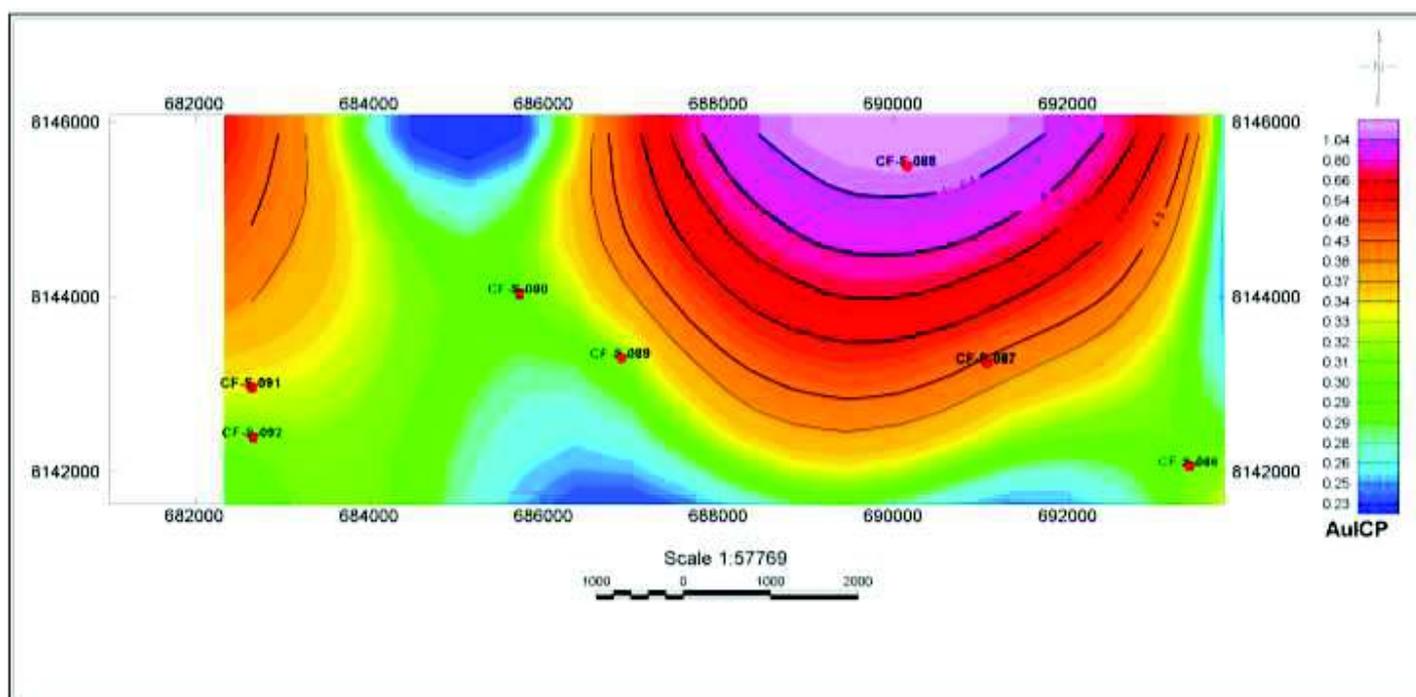
Fe-Th

Dentre as correlações, destacam-se fortes, o cobalto, lítio, potássio, rubídio, zinco e o vanádio.

Na primeira associação Au-Cd-Ba-La-Li (Figuras,16, 17 18, 19 e 20), evidenciam o resultado equivalente à correlação muito forte, assumindo uma tendência de distribuição na região centro-leste da área, representada pelas amostras CF – 086 (córrego da Lagoa), e CF- 088 (córrego Almeida) cujos resultados de análises seguidos do sumário estatístico , foram os seguintes.

**Tabela 12 - Resultados das Amostras da 1ª Associação ICP**

Código da amostra	Au	Cd	Ba	La	Li
CF - 086	0,3	0,01	20,6	3,9	5,9
CF – 088	1,1	0,02	18,8	3,9	5,5



**Figura16–Mapa de distribuição do Au (Ouro) em Sedimentos de Corrente-ICP**

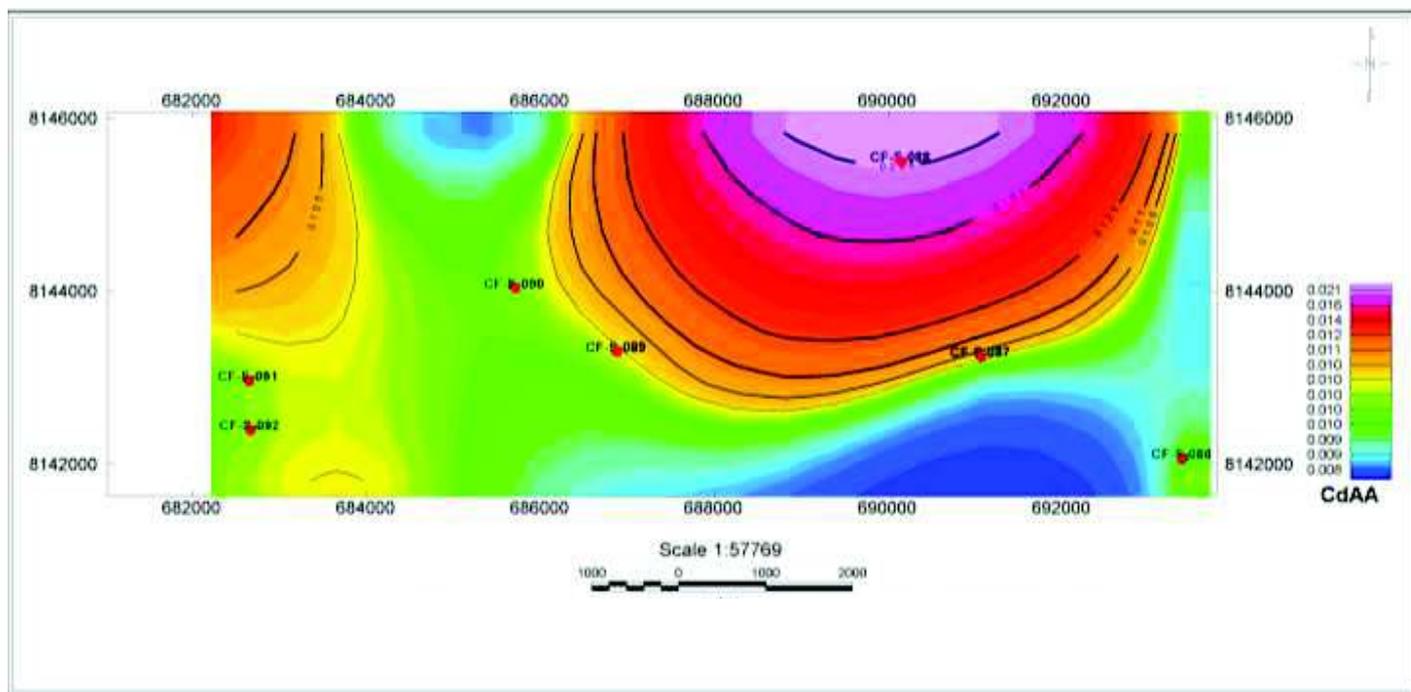


Figura 17 – Mapa de distribuição do Cd (Cádmio) em Sedimentos de Corrente - ICP

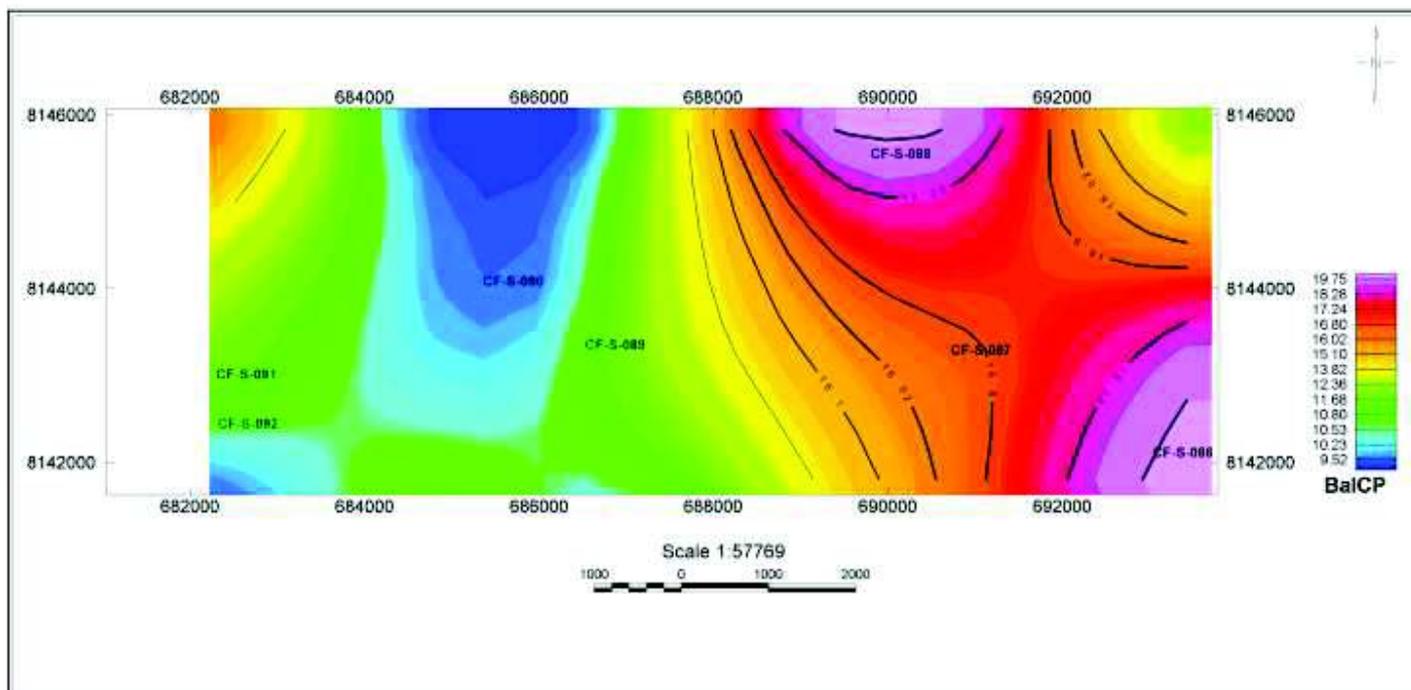


Figura18 – Mapa de distribuição do Ba (Bário) em sedimentos de corrente – ICP

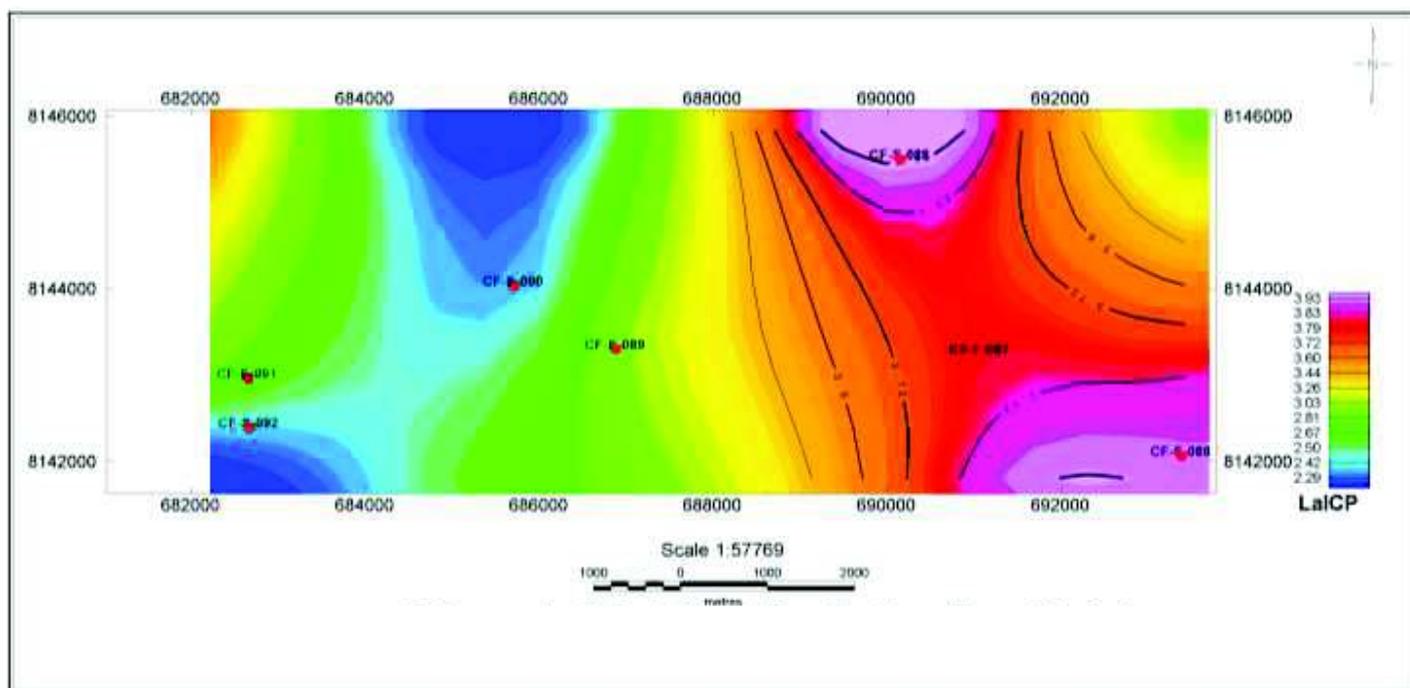


Figura 19 – Mapa de distribuição do La (Lantânio) em sedimentos de corrente – ICP

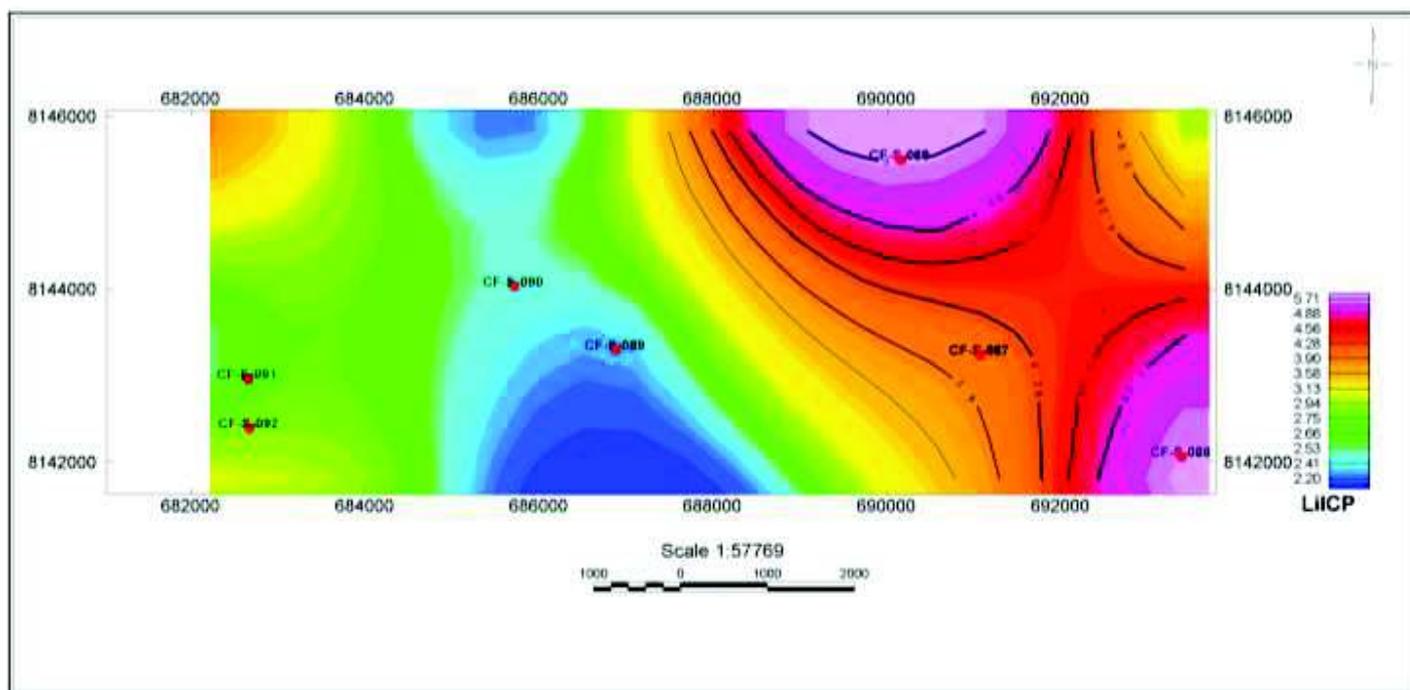


Figura 20– Mapa de distribuição do Li (Lítio) em sedimentos de corrente – ICP

## **Ação Biológica**

### **OURO**

O ouro não é um elemento químico essencial para nenhum ser vivo. Alguns tiolatos (ou semelhantes) de ouro são empregados como antiinflamatórios no tratamento de artrites reumatóides e outras enfermidades reumáticas. Não são bem conhecidos o funcionamento destes sais de ouro.

O uso do ouro em medicina é conhecido como crisoterapia. A maioria destes compostos são pouco solúveis, portanto devem ser injetados. Alguns são mais solúveis e podem ser administrados via oral, sendo melhor tolerados. Este tratamento pode apresentar efeitos secundários, geralmente leves, porém é a primeira causa do abandono do tratamento pelos pacientes.

Pode ser dissolvido pelo mercúrio e é atacado pelo cloro e bromo. Tem uma grande afinidade pelo enxofre, pequena pelo carbono e nitrogênio e nenhuma pelo oxigênio. Os antigos o empregavam para eliminar o prurido palmar (PADUA, 1979).

No fim do século 19 foi descoberta sua capacidade de inibir *in vitro* a "*mycobacterium tuberculosis*". Em algumas doenças como o Lupus e a artrite reumatoide, tidas como de origem tuberculosa foi tentado com sucesso uma terapia à base de ouro. O ouro tem o efeito de parar a evolução da artrite reumatoide. Também em vitro os sais de ouro demonstraram a capacidade de suprimir ou prevenir, mas não curar artrite e sinovite induzida por agentes químicos.

As mais recentes pesquisas parecem demonstrar uma ação de inibição sobre a maturação e função dos fagócitos suprimindo dessa maneira a resposta imunológica. Em medicina alopática é empregado o ouro coloidal para cura particular da forma inicial e muito ativa da artrite reumatoide, artrose psoríase, mal de Sjogren, pênfigo.

Os sais de ouro (Au) isoladamente paralizam a evolução da artrite e a sua difusão para outras articulações. Entretanto esses sais tem uma grande toxicidade a nível hepático, gastrointestinal, renal e medular. Em medicina natural o ouro é empregado devido ao seu efeito de estabilização da estrutura do colágeno e ação genericamente anti-inflamatória.

O oligoelemento é um tônico geral, muito útil na astenia e nas deficiências imunológicas. A modalidade mais indicada para a administração do ouro é na forma de oligoelementos (soluções iônicas glicero-aquosas), isoladamente nos casos de algumas formas artro-reumáticas ou em associação com a prata e cobre nos casos de anergia ou deficiência do sistema imunológico.

## **CÁDMIO**

O cádmio, cujo nome vem do grego *kadmia* (terra), apresenta-se na natureza junto como zinco, mas também se combina com o enxofre no brilhante sulfeto de cádmio, muito popular entre os pintores. Descoberto em 1817 nos minerais greenockta (CdS) e a esfalerita (ZnS). Os minérios de zinco contêm cerca de 0,2 a 0,3 por cento de cádmio, o que ocorre em porcentagem menor nos minérios de cobre e chumbo (TEIXEIRA,2003).

O Cádmio (Cd) é tóxico para os seres humanos e animais. Intoxicações leves por cádmio podem causar: salivação, fadiga, perda de peso, fraqueza muscular e disfunção sexual. Níveis moderadamente altos de cádmio, entre 4 a 8 ppm, podem causar hipertensão, ao passo que níveis muito elevados podem causar hipotensão. O cádmio afeta os rins, pulmões, testículos, paredes arteriais, ossos e interfere com muitos sistemas enzimáticos.

O nível de cádmio nos cabelos é um indicador preciso da sobrecarga orgânica de cádmio. Falsas elevações de Cd nos cabelos podem ser decorrentes de permanentes, tinturas, branqueamento e alguns pulverizadores para cabelos. Assemelha-se ao zinco em suas características químicas e por isso participa de algumas metaloproteínas do organismo. A concentração do cádmio no córtex da glândula supra-renal é superior à de todos os outros órgãos, e talvez isso eleve a produção de adrenalina e leve a reações intempestivas.

Sua carência no organismo talvez explique o hábito de fumar, pois a nicotina também estimula a produção de adrenalina quando falta o cádmio suficiente, o que permite ao usuário do cigarro enfrentar suas responsabilidades. Indústrias diversas jogaram 50 mil toneladas de lama contendo cádmio e zinco na baía de Sepetiba, no

Estado do Rio de Janeiro, contaminando toda a flora marinha e exterminando a indústria pesqueira local (TEIXEIRA,2003).

O cádmio causa náuseas, vômitos negros e diarreia em pequenas quantidades. A intoxicação aguda causa dor de cabeça, perfuração do septo nasal, edema pulmonar agudo, gosto metálico, estado de choque de extrema prostração com muito frio.

Nas intoxicações agudas pelo cádmio não é recomendado o EDTA (agente quelante da medicina ortomolecular), que agrava o quadro crônico, mas o NTA (ácido nitrilotriacético). Em homeopatia usa-se o *Cadmium* em diferentes potências para retirá-lo do organismo.

A intoxicação crônica ataca os rins, causando perda de proteínas, cálculos renais e desmineralização óssea. Forma-se um anel amarelo em volta dos dentes das pessoas intoxicadas, que também perdem o olfato. Surgem pólipos internos no nariz com cheiro fétido, suor doce que atrai moscas, opacificação da córnea, paralisia facial (TEIXEIRA, 2003).

O câncer de próstata é outro aspecto negativo provocado pelo cádmio, que também provoca hipertensão, toxemia gravídica, redução das defesas imunológicas e da produção de insulina. Algumas crianças com dislexia (dificuldade de aprendizado) têm 25 vezes mais cádmio do que as crianças normais.

O cádmio em excesso reduz os níveis do cobre, enxofre, ferro, fósforo, selênio e zinco no organismo, mas o oposto também ocorre: esses elementos, quando aumentados, o fazem descer (TEIXEIRA,2003).

## **BÁRIO**

Todos os compostos de bário solúveis são venenosos quando ingeridos. Apesar de insolúvel, o carbonato de bário é extremamente tóxico, assim como o cloreto.

O íon bário é um estimulante muscular e é muito tóxico para o coração, podendo causar vibração ventricular. Os sintomas de envenenamento com bário são salivação excessiva, tremores e convulsões, ritmo cardíaco acelerado, hipertensão, paralisia dos braços e das pernas, hemorragias internas e

eventualmente a morte. Utiliza-se sulfato de sódio como antídoto para o envenenamento com bário, devido à capacidade de conversão do íon em sulfato de bário insolúvel e inofensivo.

Ele pode ser encontrado principalmente em, venenos para ratos, pigmentos e alguns contrastes radiológicos para pintura e cerâmica, certas águas minerais, refrigerantes e cervejas em lata (TEIXEIRA,2003).

Sua ingestão em doses superiores às permitidas pode causar desde um aumento transitório da pressão sanguínea, por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração, vasos e nervos, provoca retardo mental nas crianças e perda de memória nos adultos, degeneração das artérias com tendência a derrames e aneurismas, enfraquecimento do fêmur e destruição óssea do maxilar

Sendo que ainda não foi comprovado seu efeito cumulativo. O consumo de 600 mg de bário pelo homem é fatal. (TEIXEIRA,2003).

## **LANTÂNIO**

Está provado que a injeção de soluções de lantânio produz hiperglicemia, hipotensão, degeneração do baço e alterações hepáticas, nos animais. O elemento praticamente não é absorvido por via oral, ao passo que por via intramuscular a sua eliminação é muito demorada. Os compostos de lantânio provocam irritações oculares na conjuntiva e opacificação da córnea após um período de latência de algumas horas. A exposição a vapores de lantânio provoca irritação e apura os sentidos do paladar e do olfato.

Alguns cloretos de terras raras, como por exemplo o cloreto de lantânio ( $\text{LaCl}_3$ ), são conhecidos pelas suas propriedades anticoagulantes embora devam ser utilizados com muito cuidado. Genericamente, os sais de lantânio são considerados compostos de baixa ou moderada toxicidade.

## **LÍTIO**

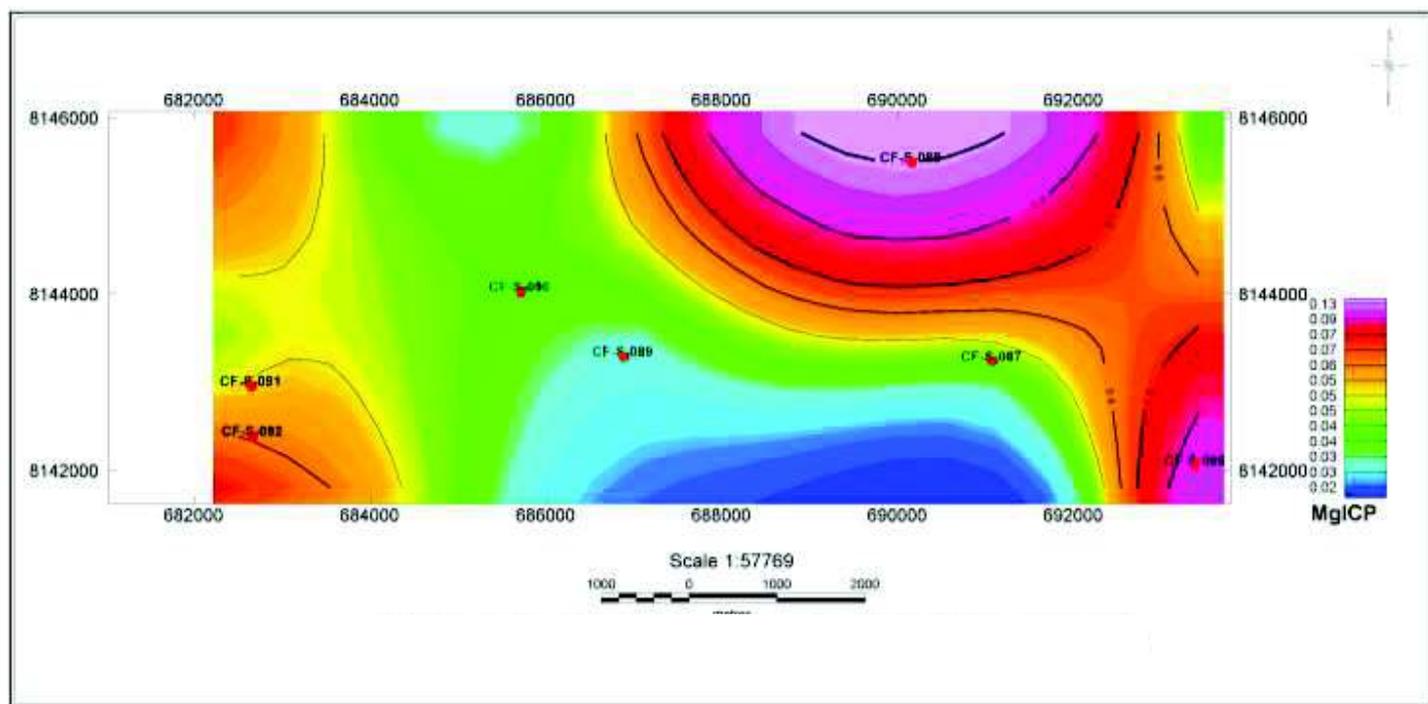
O lítio (Li) é um mineral essencial ao funcionamento do nosso organismo. Porém, quando muito aumentado causa intoxicação. A intoxicação por lítio na grande maioria das vezes ocorre devido ao tratamento medicamentoso à base de lítio.

Existe uma associação entre hipotireoidismo e a utilização de doses excessivas e prolongadas de lítio.

A segunda associação representada pelos elementos Mg-Ni-K-Zn (Figuras 21, 12, 23 e 24), apresenta uma tendência de distribuição na região centro-leste da área, conforme os pontos representados pelas amostras C – 086 (córrego da Lagoa), e CF-088 (córrego Almeida), exceto potássio, rubídio, e tálio que tem forte tendência para parte SW da região em epígrafe, cujos resultados de análises foram os seguintes:

**Tabela 13 - Resultados das amostras da 2ª associação ICP**

Código da amostra	Mg	Ni	K	Zn
CF- 086	0,11	8,8	0,08	18,0
CF – 088	0,12	9,5	0,08	18,9



**Figura 21 – Mapa de distribuição do Mg (Magnésio) em sedimentos de corrente – ICP**

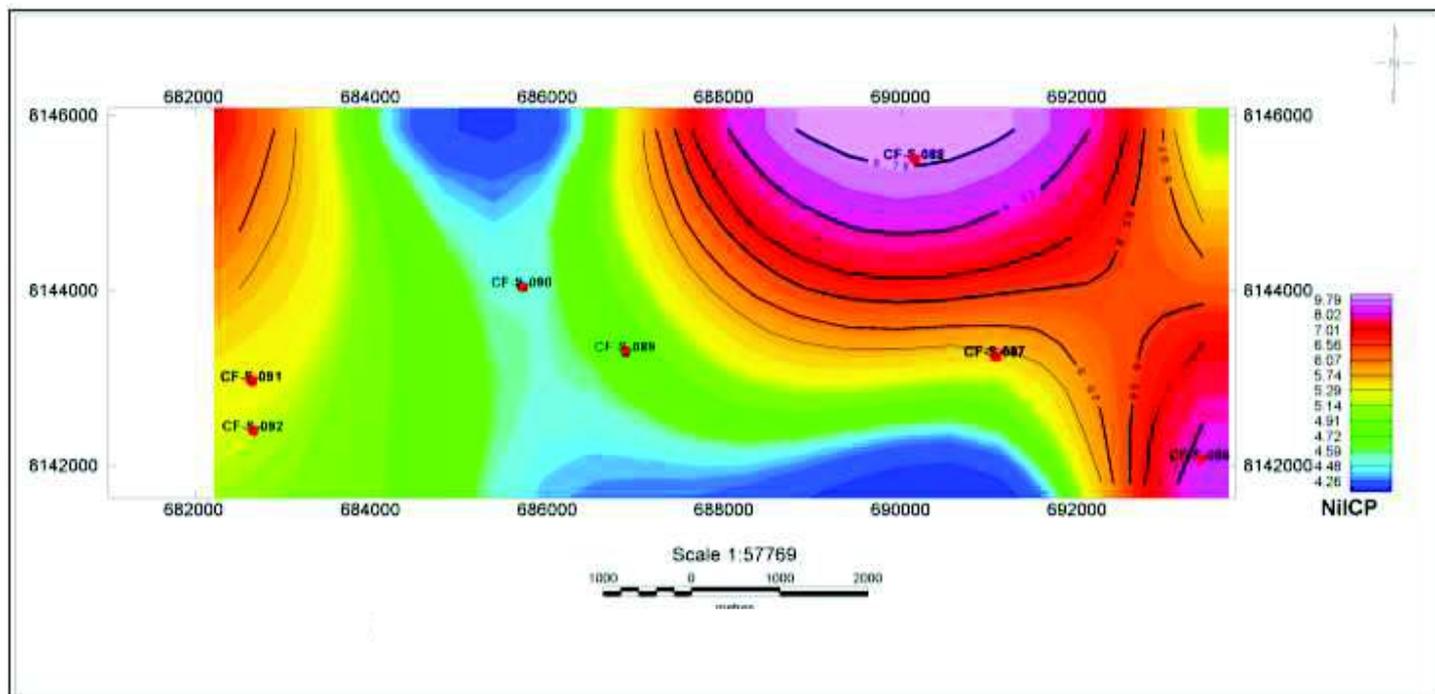


Figura 22 – Mapa de distribuição do Ni (Níquel) em sedimentos de corrente – ICP

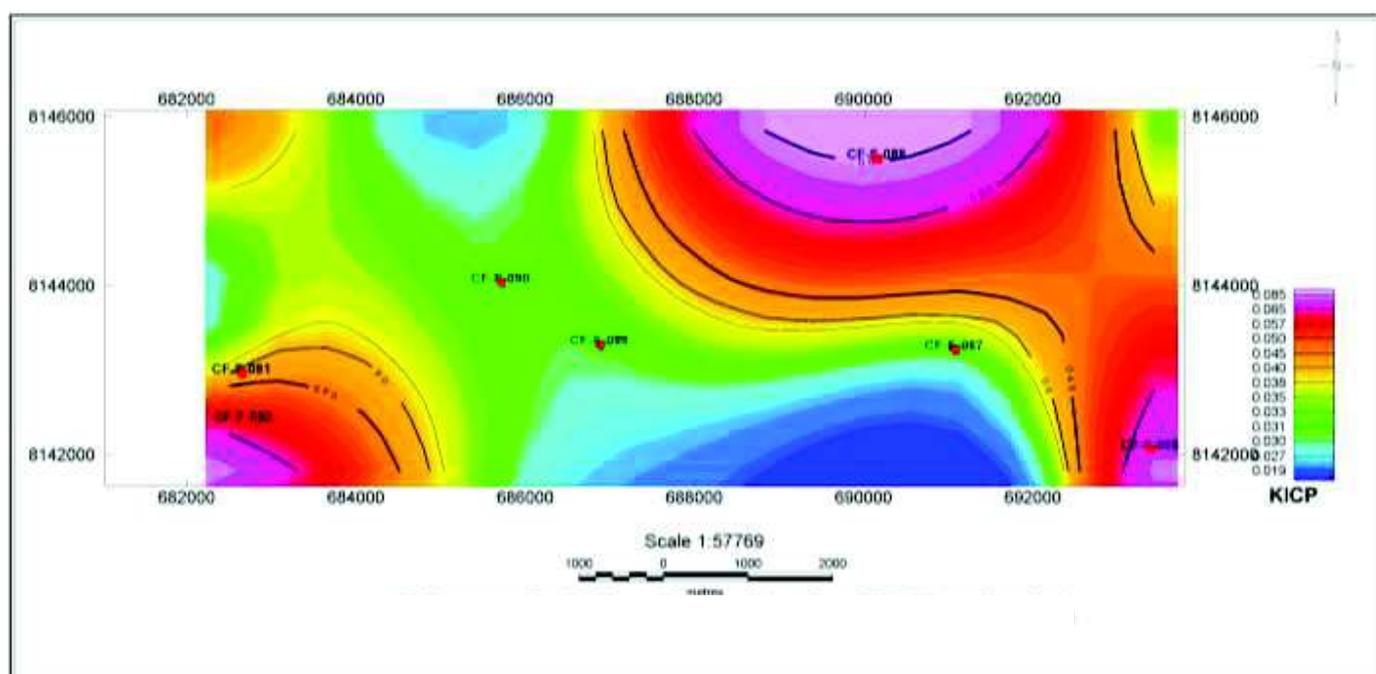


Figura 23– Mapa de distribuição do K (Potássio) em sedimentos de corrente – ICP

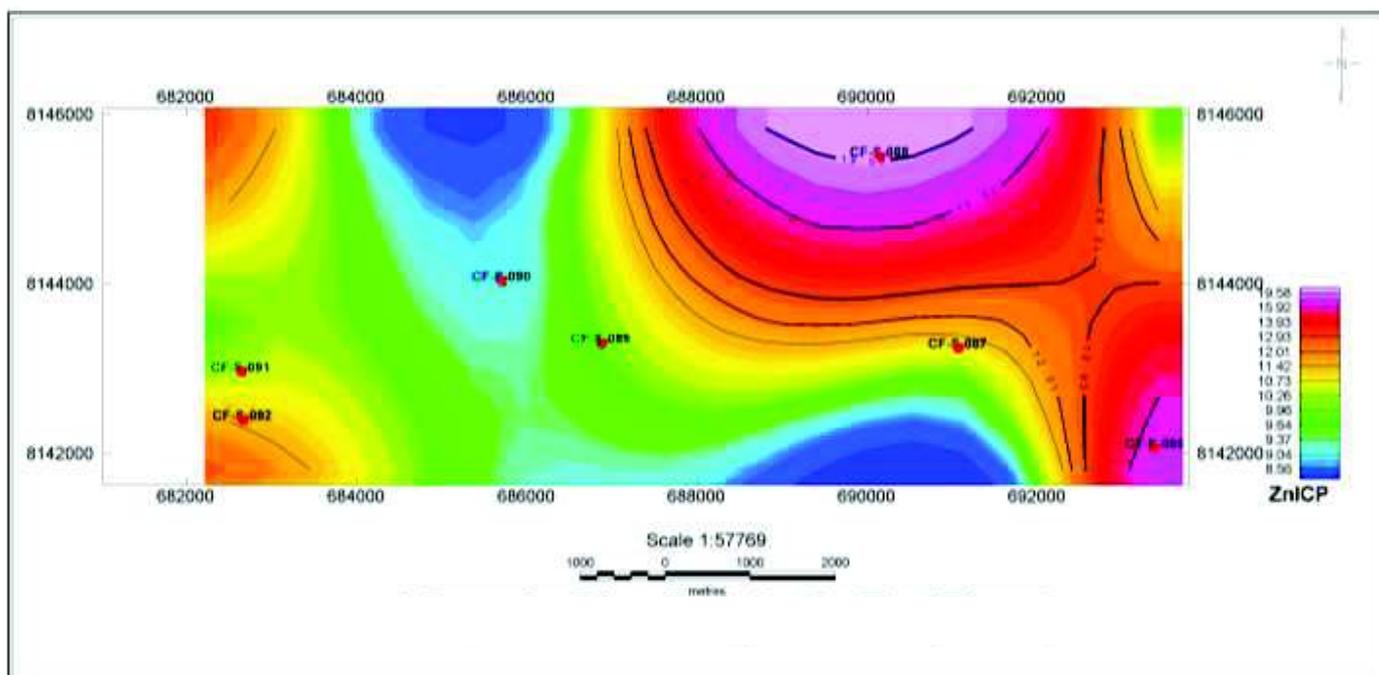


Figura 24 – Mapa de distribuição do Zn (Zinco) em sedimentos de corrente – ICP

### Ação Biológica dos elementos:

#### MAGNÉSIO

O magnésio é um elemento essencial para a vida animal e vegetal. A vida moderna, o alcoolismo, o tabagismo, induz o indivíduo a necessitar de mais magnésio. A necessidade de magnésio no ser humano depende da idade e do sexo. Varia entre 250 a 450 mg/dia. A atividade fotossintética da maior parte das plantas é baseada na absorção da energia da luz solar, para transformar água e dióxido de carbono em hidratos de carbono e oxigênio. Esta reação só é possível devido à presença de clorofila, cujos pigmentos contêm um composto rico em magnésio ( A. VOGEL)

Nos sistemas animais, o magnésio também desempenha um papel importante em reações de catálise enzimática envolvendo o grupo dos fosfatos e que estão associadas à transferência de energia e ao estímulo a nível muscular. A falta de

magnésio no corpo humano pode provocar diarreia ou vômitos ou uma ligeira calcificação nos tecidos.

A deficiência do magnésio causa ainda função nervosa anormal, perda de apetite, náusea, vômitos, sonolência, espasmos musculares, tremores, taquicardia, arritmia, anorexia, falta de crescimento, alterações eletrocardiográficas e neuromusculares. O magnésio está envolvido na formação de ossos e dentes, no funcionamento do sistema nervoso e dos músculos, na síntese dos ácidos graxos e proteínas, entre outras funções.

Em casos extremos, esta deficiência provoca tremuras, desorientação ou mesmo convulsões que levam à morte. Um adulto necessita, diariamente, de 300 mg de magnésio para um bom equilíbrio eletrolítico. O excesso de magnésio é prontamente eliminado pelo corpo.

No entanto, deve ter-se em atenção que compostos de magnésio como o sulfato (sais de Epsom) ou o hidróxido é laxantes e purgativos bastante eficazes, pelo que o seu uso se deve fazer com moderação

O excesso deste íon causa pressão baixa, problemas respiratórios, distúrbios no ritmo cardíaco e inibição da calcificação óssea, uma vez que este faz parte da composição dos dentes e ossos ( A. VOGEL, 1982)

## **NÍQUEL**

**(Este elemento já foi apresentado na página 65).**

## **POTÁSSIO**

O potássio, é o principal cátion intracelular que contribui para o seu metabolismo e para a síntese das proteínas e do glicogênio. Ele exerce um papel importante na excitabilidade neuromuscular e na regulação do teor de água do organismo. Se for observado hipopotassemias (taxas baixas de potássio no sangue) elas podem se traduzir por distúrbios neuromusculares (câimbras, paralisias), aumento da pressão arterial ou às vezes distúrbios graves do ritmo cardíaco, necessitando um tratamento de urgência ( A. VOGEL)

As principais causas medicamentosas de hipopotassemia são:

- A ingestão de diuréticos, suscetíveis de aumentar a excreção do potássio via urinária;
- A doença dos laxativos que aumentam as perdas digestivas (o que se pode constatar igualmente nos vômitos e diarreias);
- Transferência de potássio para as células ocasionando um hipopotassemia nos tratamentos por insulina;
- A ingestão prolongada de corticóides;
- Diminui o limite de toxicidade da digitalina, aumentando as possibilidades de intoxicação. (devido as taxas de potássio, que devem ser particularmente fiscalizadas na alimentação parenteral, na reanimação, assim como no curso dos tratamentos digitálicos);
- As hipersecreções ou os tumores das glândulas suprarrenais;
- O consumo exagerado de alcaçuz ou "pastis" sem álcool;
- As intoxicações por Barium (contidos nos pesticidas e nos depilatórios).

O potássio aparece também nos líquidos celulares dos animais sob a forma de íon monopositivo e tem um papel extremamente importante em inúmeras reações biológicas e manifestações vitais, desde a transmissão de impulsos nervosos à contração muscular. Alterações da quantidade de potássio e seus compostos, nos organismos vivos têm normalmente efeitos nefastos ao nível do metabolismo ( A. VOGEL)

## ZINCO

Ele confirma sua importância crucial em nutrição humana sendo certamente o oligoelemento que solicita mais pesquisas. Desde a mais remota Antiguidade este metal era utilizado sob a forma de óxido de zinco para curar feridas e queimaduras. No fim do século XIX, Gabriel Bertrand descobriu que o zinco era indispensável ao crescimento de um cogumelo: *Aspergillus niger*.

Depois experimentos em animais confirmaram seu papel nos fenômenos biológicos. Sua ação bioquímica é considerável: por está presente em mais de 100 enzimas; e porque intervém no funcionamento de certos hormônios; é indispensável à síntese das proteínas, à reprodução e ao funcionamento normal do sistema imunitário ( A. VOGEL, 1982)

O zinco é encontrado em todos os órgãos, mas sua concentração é particularmente elevada no pâncreas, no fígado, na pele e nos fâneros. No sangue, ele está ligado às proteínas e aos aminoácidos. Suas necessidades são estimadas pela maioria dos países em 15 mg por dia.

É preciso lembrar que o organismo aproveita unicamente de 5 a 10% do zinco contido na alimentação. O estudo de sua biodisponibilidade é importante, pois há certas substâncias existentes na alimentação que modificam sua absorção. Os queladores mais conhecidos do zinco são: o álcool, os taninos, certos antibióticos e os contraceptivos orais (A. VOGEL, 1982)

A biodisponibilidade do zinco depende da interação com outros minerais na cavidade intestinal, pode-se ter aí uma competição zinco-cobre, ou zinco-cálcio, ou ainda zinco-ferro.

A carência de zinco no homem foi descrita pela primeira vez em 1961 por Prasad, e seus colaboradores, no curso de experimentos feitos num grupo de Iranianos que sofria de anemia, de nanismo e de atrofia das gônadas (órgãos sexuais). A prova de que eles possuíam uma carência de zinco foi feita pela correção destes sintomas, após sua administração (A. VOGEL, 1982)

Carências freqüentes de zinco são notadas:

- Na alimentação parenteral (alimentação artificial em reanimação e nos doentes de diálise renal). Mas carências mais moderadas, podem ser devidas à insuficiência no aporte de zinco (alcoólicas, anorexias) ou à sua má absorção (doenças intestinais, mucoviscidose);
- Junto a uma má nutrição em proteínas existe sempre uma carência em zinco e que esta é responsável, em grande parte, por certos sintomas que se atribuíam, outrora, à carência em proteínas;
- Devida a um defeito em sua absorção no intestino, é encontrada na acrodermatite enteropática, uma doença genética caracterizada pela tríade dermatite, alopecia (desaparecimento dos pelos e dos cabelos) e diarréia;

- Pós-estados patológicos (doenças dos rins, cirrose), de suor demasiado e também, devido a tomada de certos medicamentos, como a penicilina ou os corticóides;
- Por unhas modificadas, pelo aparecimento de um sulco transversal, sinalizando a parada do crescimento ungueal, ou pelo espessamento da cutícula que se torna escura;
- Pela erupção da pele é quase eritematosa, quase papulo –escamosa;
- O desenvolvimento insuficiente das gônadas. É provável que o zinco exerça um papel em certas esterilidades e impotências masculinas;
- Diminuição da defesa imunitário (contra vírus, notadamente o do herpes) e devido a estes distúrbios de imunidade, pois favorece a certos tipos de neoplasias;
- Aguesia (diminuição do gosto e mesmo a percepção anormal de gosto) e diminuição do odor. (É um sintoma que se encontra freqüentemente nos que receberam diálise renal, e que desaparece após a administração de zinco);
- Anomalias na regulação da tireóide nos indivíduos que apresentam uma taxa de zinco plasmático anormalmente baixa.

Todas estas anomalias têm, em comum, a possibilidade de serem corrigidas pelo aporte intravenoso de zinco. Notamos que esta afecção se inicia, em geral, no momento da criança passar do aleitamento materno para o leite de vaca ou leite industrial, não nos esquecendo que é uma doença genética.

No que concerne aos fâneros, mencionemos o alerta de Pfeiffer, que para a resolução do problema de unhas quebradiças, assim como das marcas brancas (ditas leuconíquias), indica a zincoterapia.

É admitida, hoje, em crianças com carência de zinco, a manifestação de um retardo de crescimento, relacionado à diminuição da síntese do hormônio do crescimento.

Parece, também, que a carência de zinco deve ser pesquisada sistematicamente nas crianças anorexias( A. VOGEL,1982).

Produz modificações importantes no metabolismo dos ácidos graxos e poderia, pois, constituir-se num fator de risco em matéria de arteriosclerose.

Assim se entrevê, que o zinco poderia ser administrado como terapêutico em numerosas afecções: cicatrização lenta de feridas, acne, úlceras, retardo do crescimento, esterilidade, assim como na diabete e estados pré-diabéticos.

Com efeito, foi demonstrado que o zinco exerce uma influência sobre a regulação da glicemia (taxas de açúcar no sangue) e também sobre a secreção da insulina (hormônio do pâncreas) ( A. VOGEL,1982).

Só recentemente foi reconhecida à importância do zinco nos fenômenos imunitário e hoje ele é considerado como um dos melhores imunoestimuladores.

Foi descoberto que em crianças apresentando atrofia do timus (órgão com um papel no sistema imunitário), a administração de zinco fez o timus retomar suas dimensões normais. Foi demonstrado que ele exerce um papel na atividade dos glóbulos brancos produtores de anticorpos e de outras células fagocitárias e que o déficit seletivo de zinco induz numerosas alterações no sistema imunitário.

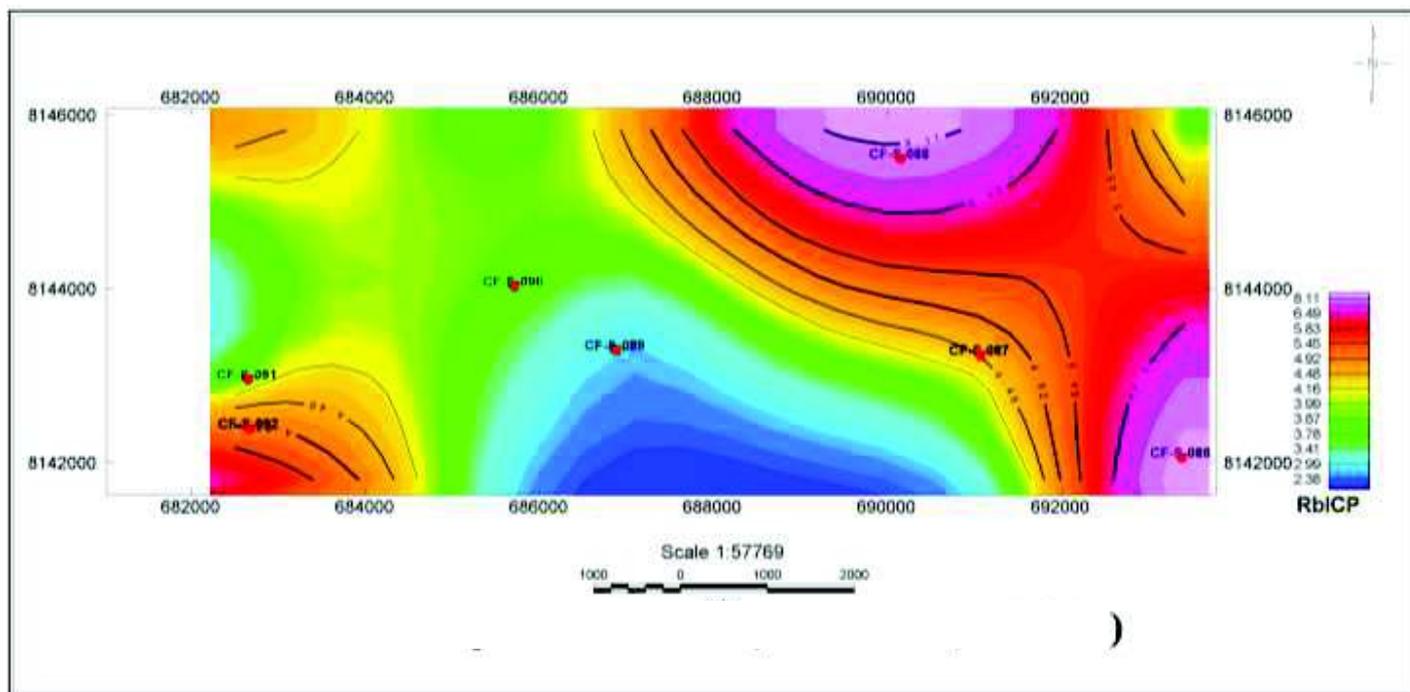
Enfim, a zincoterapia é promissora na terapêutica da doença de Wilson (doença congênita ligada ao metabolismo do cobre) e faz diminuir a absorção do cobre cujo excesso é o responsável pelos sintomas desta doença ( A. VOGEL,1982).

Na agricultura, o zinco é usado como suplemento nutritivo para promover o crescimento das plantas. Embora o elemento não seja considerado tóxico, existem certos sais de zinco cuja ingestão provoca náuseas e diarreia. A inalação de óxido de zinco pode provocar lesões nos pulmões e, de um modo geral, em todo o sistema respiratório ( A. VOGEL,1982).

A terceira associação Rb-Tl-Cs (Figuras 25, 26 e 27), evidenciam o resultado equivalente à correlação muito forte, assumindo uma tendência de distribuição na região centro-leste da área, representada pelas amostras pelas amostras CF – 086 (córrego da Lagoa), e CF- 088 (córrego Almeida), exceto, rubídio, e tálio que tem forte tendência para parte SW da região em epígrafe, representada pela proximidade da amostra CF- 0.92 (Córrego Pedra de Amolar/Stº Antonio), cujos resultados de análises foram os seguintes:

**Tabela 14 - resultados das amostras da 3ª associação ICP**

Código da amostra	Rb	Tl	Cs
CF - 086	8,9	0,08	1,21
CF - 088	7,3	0,06	0,97

**Figura 25 – Mapa de distribuição do Rb (Rubídio) em sedimentos de corrente – ICP**

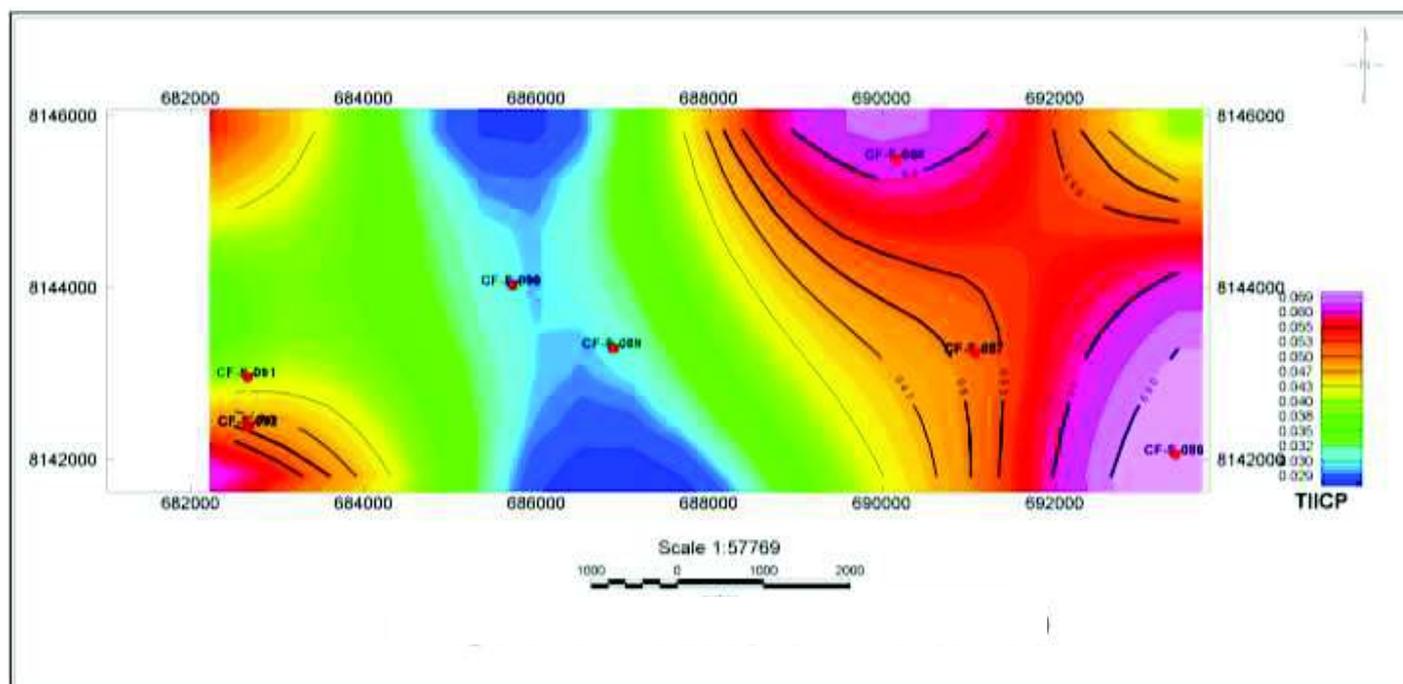


Figura 26 – Mapa de distribuição do TI (Tálio) em sedimentos de corrente – ICP

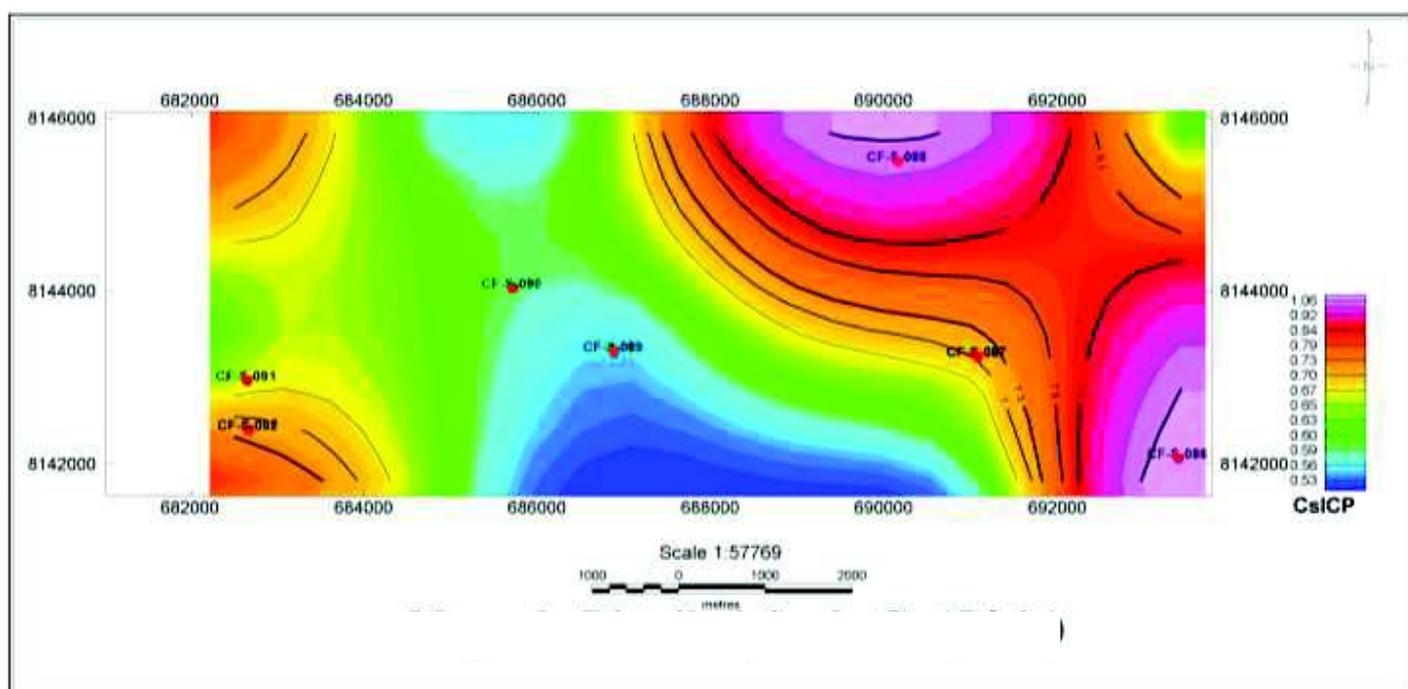


Figura 27– Mapa de distribuição do Cs (Césio) em sedimentos de corrente – ICP

## **Ação biológica dos elementos Rb/ Tl/ Cs**

### **RUBÍDIO**

Descoberto no século XIX e foi utilizado por médicos como Richet, Ringer, Pavlov), saiu do esquecimento quando começou a surtir efeito por seu papel terapêutico nas depressões

Rastegar da equipe de Leroy em Strasbourg (1990), mostrou que existe uma homeostasia do Rubídio nos animais e no homem, o que faz prejulgar sua essencialidade. As dosagens de oligoelementos no soro efetuadas pelo Laboratório Risse de Paris freqüentemente colocavam em evidência as taxas baixas.

Em 1980, num estudo em parceria, Calandra e Nicolosi concluíram sobre a superioridade de um tratamento com Rubídio em relação à domipramina. Em 1986, Placidi e Coll demonstraram que 75% de pacientes tratados com Rubídio tinham uma melhora significativa nas escalas de avaliação utilizadas em psiquiatria. Luitert em 1985 colocou em evidência a eficácia da associação de Rubídio-Lítio para aliviar a inibição psico-motriz.

O Rubídio parece ser um eletrólito indispensável ao bom funcionamento das trocas celulares, ainda mais quando associado ao Potássio. Para o professor Pierre MOUREAU ele é um antidepressor puro e promete um grande futuro devido seu interesse em psiquiatria e seu papel nas trocas celulares.

### **TÁLIO**

O Tálcio foi durante algum tempo usado em tratamentos médicos para doenças venéreas, gota e tuberculose. Mas, devido à sua toxicidade, caiu em desuso. Os humanos não podem tolerar o Tl nos seus corpos. Este mineral e os seus sais podem entrar no nosso corpo através da pele, vias respiratórias ou via gastrointestinal. Pode ser tóxico de várias maneiras: pode substituir o potássio em algumas funções nas células vermelhas do sangue e tem grande atração por grupos sulfidrílico interagindo assim com os sítios ativos das enzimas.

O tratamento para envenenamento por Tálcio é, de certo modo, complexo. Agentes como o EDTA, dimercaprol, penicilamina, iodeto de sódio e tioracilo

têm sido usados com alguns benefícios. Diuréticos e cloreto de potássio são usados freqüentemente para reduzir a sua toxicidade, aumentando os níveis de excreção. O corante cianoferrato férrico de potássio tem sido usado para captar o Tálzio nas vísceras logo após a ingestão. A hemoperfusão ou diálise é também usada desta maneira para reduzir a concentração de TI (Tálzio) no sangue.

## **CÉSIO**

O nome deriva-se do latim caesium (cinzento-azulado), e está intimamente ligado às duas riscas azuis observada em seu espectro, por Kirchhoff e Bunsen. Está provado que o cézio pode ter uma forte ação biológica se administrado na dieta dos animais em quantidades equivalentes às do potássio. A sua ingestão pode causar hiper-irritabilidade, espasmos ou mesmo a morte. O cézio metálico provoca graves queimaduras por contacto com a pele, requerendo-se extremo cuidado no seu manuseamento.

Os compostos de cézio são geralmente menos perigosos, exceto se o elemento estiver combinado com algum radical tóxico como o cianeto ou o sulfato. Um dos seus isótopos (Cs 137) é usado em terapia por radiação e na terapia do cancro.

Após o acidente ocorrido em Goiânia, de acordo com dados registrados no relatório da Fundação Leide das Neves, o médico norte americano Gerald Hanser, da OMS, declara ser o mais grave acidente nuclear do Ocidente e segundo o cirurgião pediátrico José F. Silva, 1989, a literatura não registra casos de seres humanos que tenham recebido doses tão elevadas de radiação, pois sobreviventes de Hiroshima tiveram expostos a doses de 150 rads, enquanto que algumas vítimas de Goiânia foram expostas até 700rads, quando uma dose de 400rads já é considerada letal (FUNLEIDE, 1989).

A contaminação das plantas e verduras, ervas e raízes ficou circunscrita a um raio de 50 m do foco principal, todas as partes da planta (FUNLEIDE, 1997). Embora tendo sido retirados esses vegetais, amostras de outros, foram examinadas por

físicos da Universidade federal Fluminense, após treze anos do acidente ocorrido, e forma encontradas duas Goiabeiras apresentando índices elevados de contaminação, o que gera até hoje um acompanhamento a cada 4 meses, com medição do teor de contaminação do solo (amostras colhidas entre 50 e 60 cm) em locais contaminados ou não, para verificação do índice de BK (Becquerel/Quilo Grama) onde o máximo permitido é BK/Kg=22.500 (FUNLEIDE, 1997).

O Rib. Anicuns, o Córrego Capim Puba e Botafogo, foram atingidos em parte já no Rio Meia Ponte foram encontrados os principais focos atingidos somente na margem direita, o que pouco tranqüilizou, pois sua margem esquerda é fonte abastecedora de Goiânia. Apesar de expostos a quase o dobro suportado por um ser humano, foi registrado o primeiro caso de câncer em mulher de 33 anos em somente em 1991, (FUNLEIDE, 1991) as vítimas de Goiânia segundo a Fundação Leide das Neves, apresentam até hoje seqüelas tanto no campo social como psicológico. Após a continuidade dos estudos foram verificados em 1980, 88 casos de câncer de pele em Goiânia, e após o acidente 300.100 mil em 1994, onde destacaram-se câncer de mama, próstata, pulmão (FUNLEIDE, 1994).

Para a pesquisadora da UCG, Vera Saddi a incidência de mutação genética das crianças irradiadas em Goiânia, é de três vezes maior que os níveis considerados normais, aumentando a chance de desenvolver câncer e outras doenças do sangue (FUNLEIDE, 1997).

A primeira associação caracterizada por níveis de correlação forte Cr-Sb-V ( Figuras 28 ,29 e 30 ) representada pelas amostras CF- 088 (córrego Almeida), e CF - 091 (Córrego Itapoã) exceto para o elemento Cr, que tem também influência da amostra CF - 092, o que evidencia a tendência de aumento de alteração para SW da área em estudo., cujos resultados de análises, foram os seguintes:

**Tabela 15 - resultados das amostras da 4ª associação ICP**

<b>Código da amostra</b>	<b>Cr</b>	<b>Sb</b>	<b>V</b>
CF – 088	41,4	0,11	36,0
CF – 091	39,0	0,08	36,0
CF – 092	25,4	0,05	23,0

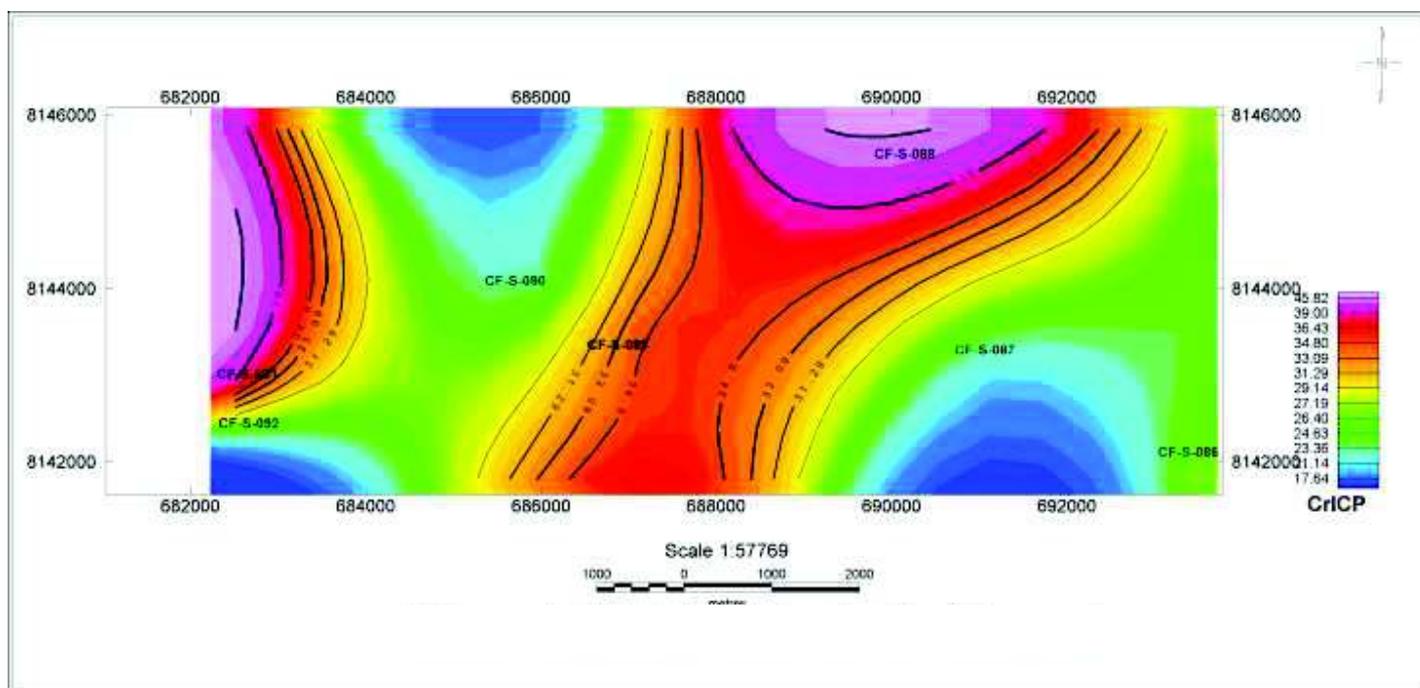


Figura 28 – Mapa de distribuição do Cr (Cromo) em sedimentos de corrente – ICP

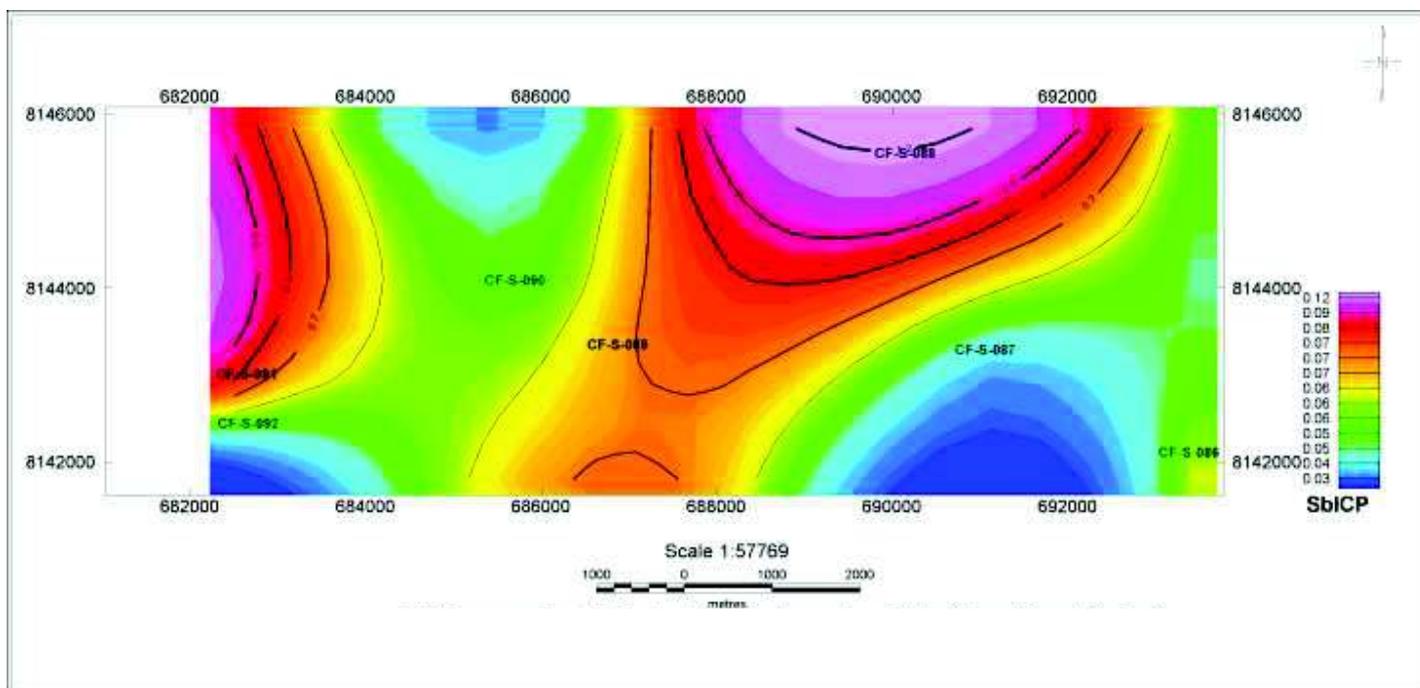


Figura 29 – Mapa de distribuição do Sb (Antimônio) em sedimentos de corrente – ICP

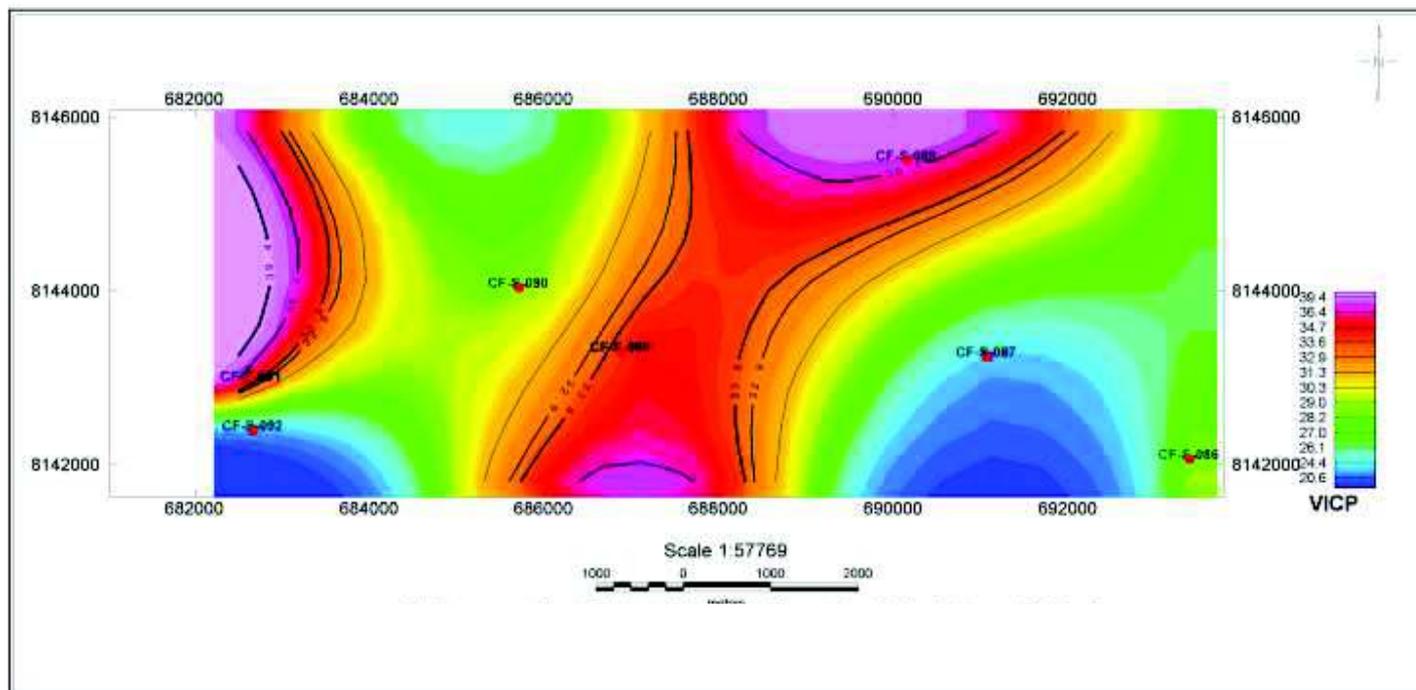


Figura 30– Mapa de distribuição do V (Vanádio) em sedimentos de corrente – ICP

### Ação biológica dos elementos

#### CROMO

(Este elemento já foi apresentado na página 60).

#### ANTIMÔNIO

A intoxicação pelo antimônio, que se concentra no fígado e nos glóbulos vermelhos, causa alterações cardíacas, renais e hepáticas. Este elemento provoca a formação de calosidades na sola dos pés, como os cravos plantares, rachaduras no canto da boca e deformação das unhas, ao lado de intensa fotofobia e grande insatisfação com todas as coisas.

As crianças com excesso de antimônio têm tendência a engordar muito e não querem que ninguém as olhe nem as toque. O antimônio provoca efeito desastroso sobre os órgãos genitais, com a perda do desejo sexual e atrofia do pênis e dos

testículos. Pode haver uma uretrite com micção difícil e urina sanguinolenta. As mulheres expostas ao antimônio apresentam abortos espontâneos e partos prematuros.

## **VANÁDIO**

O vanádio que leva o nome de uma deusa da beleza, Vanadis, devido às vivas cores de seus derivados, foi descoberto em 1830 por Sefstram, na Suécia. O vanádio faz parte dos "novos" oligoelementos, isto é, é objeto de pesquisas recentes e profundas, como se faz com o selênio, o cromo e o molibdênio. Para o médico francês, estes oligoelementos são também novos, já que até o presente utilizavam aqueles existentes há decênios e somente agora os laboratórios colocaram à disposição estes "novos".

A essencialidade do vanádio foi provada para os frangos, que, sem ele, apresentam distúrbios de crescimento das penas e, também, nos ratos, nos quais melhoram as funções reprodutoras e o crescimento, quando é administrado em sua ração.

Para o homem a essencialidade é provável, mas não está ainda estabelecida. Nos vegetais: ele está presente na maioria das frutas e legumes, mas em concentrações diferentes dependendo do local onde são cultivados.

As oleaginosas e as nozes são particularmente ricas em vanádio. Os crustáceos e os peixes, possuem quantidades relativamente importantes.

As concentrações médias dos alimentos absorvidos pelo homem variam de 1 a 20 mcg/g. Parece que a média diária absorvida seja cerca de 20 mcg, quantidade que poderia ser insuficiente se comparada à necessária aos animais estudados.

Somente 1% da quantidade ingerida é absorvida. Por outro lado, esta absorção é prejudicada por certos compostos como a vitamina C ou certas proteínas.

Elas são muito baixas, em torno de 0,1 a 0,3 mcg por grama de peso. Crescimento:

Em frangos e ratos os distúrbios de crescimento, demonstrados nos regimes pobres em vanádio, foram corrigidos com o aporte deste oligoelemento. Ela é reduzida em ratos alimentados, durante várias gerações, com regimes pobres

em vanádio. O número de gravidez diminuiu de maneira significativa e a morte dos recém-nascidos aumentou.

A psicose maníaco-depressiva:

Esta doença está ainda mal elucidada, apesar da luz trazida pela utilização do lítio com seu aporte benéfico. Uma das hipóteses é um distúrbio da bomba de sódio, ligada à atividade da ATPase. Para certos autores, o vanádio existiria em grande quantidade nas células, provocando esta redução da atividade da bomba de sódio.

As cáries dentárias: Em certas regiões ricas em vanádio, pode se notar uma freqüência menor de cáries. Nos dentes, ele se encontra sobretudo a nível da dentina.

Estudos em ratos, cobaias e hamsters a quem se administrou uma alimentação cariogena (isto é, provocadora de cáries), o vanádio se mostrou um protetor. Mas outros estudos não confirmaram estes resultados.

Experimentalmente, pôde-se demonstrar que o vanádio tem uma ação sobre a contração das fibras musculares cardíacas, sobre a função da bomba de sódio, do metabolismo dos glicídeos e dos lipídeos.

Numerosos estudos estão sendo feitos no homem, tentando provar a relação entre o vanádio, a atividade cerebral, o crescimento, a reprodução. Mas uma das principais dificuldades reside no fato de parecer que o organismo adapta seus metabolismos à presença ou não do vanádio na alimentação.

O vanádio parece possuir um metabolismo ligado ao do fósforo. Ele se apresenta em numerosas reações enzimáticas, nas quais o fósforo é o encarregado (enzimas de transferência pela fosforilação). Seu papel específico parece ser o de regulador da bomba de sódio. É também um cofator para certas enzimas como a adenilciclase e as transaminases.. Seu metabolismo é provavelmente ligado a certas funções endócrinas.

O metabolismo do vanádio é prejudicado quando se elimina nos animais de laboratório glândulas como a tireóide, paratireóide, hipófise.

Certos autores responsabilizam o vanádio pela gênese de algumas depressões. Com efeito, nota-se nesses pacientes taxas altas de vanádio no sangue sérico. Por outro lado, sabe-se que certos remédios psicotrópicos reduzem a

disponibilidade do vanádio. Parece pois que o vanádio está ligado a certas funções das aminas cerebrais.

Vê-se, que os trabalhos sobre o vanádio ainda estão no começo. Muito há a se provar. Talvez ele não seja um oligoelemento "maior", mas se fala nele como no selênio e do cromo.

É necessário que o leitor interessado se familiarize com os primeiros dados disponíveis, pois futuramente poderemos encontrar mais trabalhos sobre este oligoelemento, de quem resta confirmar a essencialidade.

Dois pólos parecem particularmente promissores, o da bomba de sódio e o da relação com certas funções do cérebro. Para o homem a essencialidade é provável, mas não está ainda estabelecida.

Experimentalmente, pôde-se demonstrar que o vanádio tem uma ação sobre a contração das fibras musculares cardíacas, sobre a função da bomba de sódio, do metabolismo dos glicídios e dos lipídeos.

A segunda associação Fe-Th (Figuras 31 e 32) evidenciam o resultado equivalente à correlação forte, apresenta uma concentração mais elevada na região centro-sul da área, representados pela amostra CF-089 (Córrego Granada), assumindo também uma forte tendência em direção W, representada pela amostra CF – 091, assumindo comportamento semelhante.

**Tabela 16 - resultados das amostras da 5ª associação ICP**

<b>Código da amostra</b>	<b>Fe</b>	<b>Th</b>
CF – 089	1,29	2,5
CF – 091	1,17	2,2

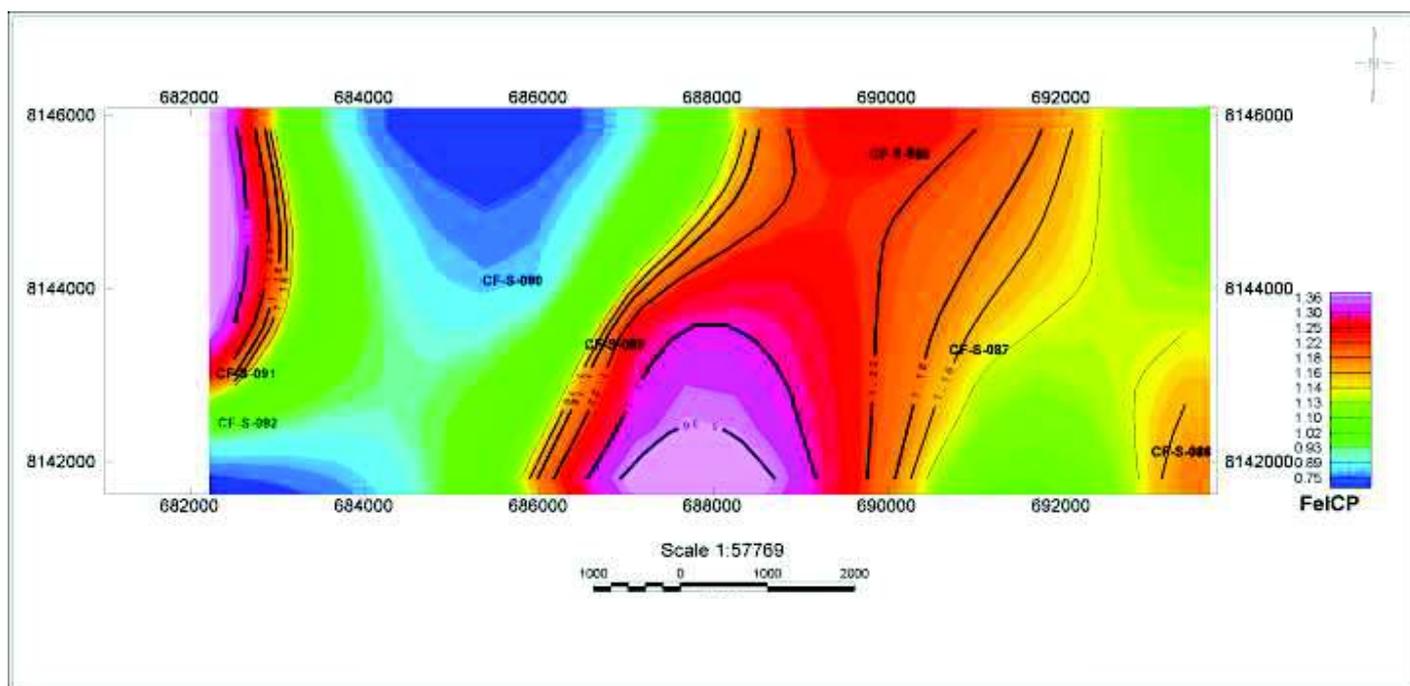


Figura 31– Mapa de distribuição do Fe (Ferro) em sedimentos de corrente – ICP

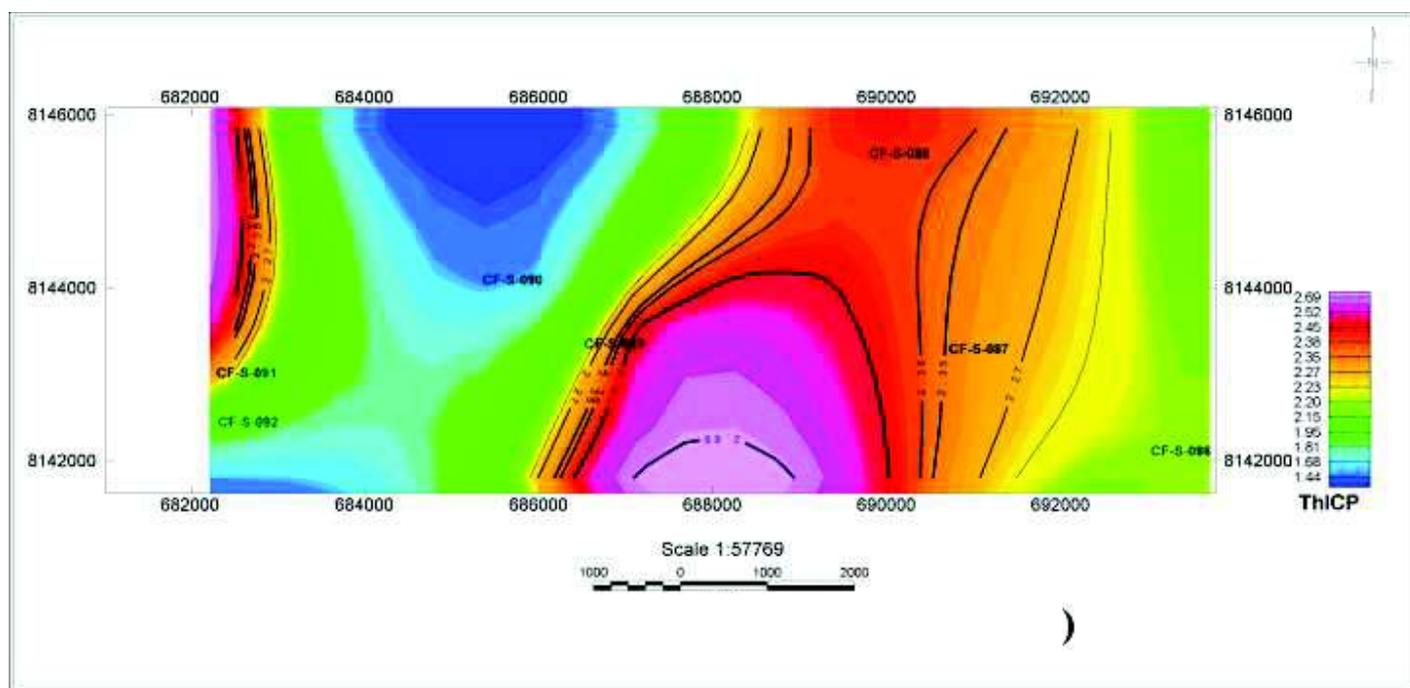


Figura 32 – Mapa de distribuição do Th (Tório) em sedimentos de corrente – ICP

## **Ação biológica para os elementos Fe-Th**

### **FERRO**

O ferro desempenha um papel importante nos processos metabólicos dos animais, sendo um constituinte vital nas células de todos os mamíferos. A função do ferro no corpo limita-se quase exclusivamente ao transporte de oxigênio no sangue, por intermédio da hemoglobina, existente nos glóbulos vermelhos. Está também presente em algumas enzimas que catalisam mecanismos de oxidação celular.

No homem os órgãos mais ricos em ferro são o fígado e o baço, onde o elemento existe na forma de "ferritina". Embora em menor quantidade, está também presente nos ossos, na medula, nos rins e nos intestinos. A falta de ferro no organismo causa anemia, a mais comum delas é a anemia ferropênica.

A administração de sulfato ferroso, comum no Brasil, é condenada pela OMS. Além de causar depósitos no fígado, o excesso de ferro facilita a entrada no organismo dos bacilos da tuberculose e da lepra, assim como dos vírus da malária, do dengue e da febre amarela (TEIXEIRA,2003).

Nas águas minerais, pode estar presente na forma ferrosa, reduzida e mais absorvível. A disponibilidade de ferro nos alimentos depende muito de fatores geoquímicos, no sentido de que baixo teor de ferro nos solos e na água repercute diretamente na cadeia alimentar. Uma deficiência de ferro pode acarretar anemia grave e anormalidade imunológica, predispondo o organismo a infecções. ativador de radicais livres, o ferro descalcifica os ossos, causando osteoporose, cálculos renais e infartos. Além disso, a maior parte das anemias hoje encontradas não se deve à falta de ferro (TEIXEIRA,2003).

O excesso de ferro parece contribuir para carcinogênese. O fenômeno da geofagia (ingestão de argilas) pode ser ligado a deficiência de ferro na dieta alimentar (CORTECCI,2002). medicamentos contra anemia, encanamentos enferrujados, panelas de ferro, etc (TEIXEIRA,2003).

## TÓRIO

O interesse neste elemento e seus compostos limitou-se essencialmente à área acadêmica até que, em 1884, Auer von Welsbach desenvolveu e patenteou um sistema de iluminação cujo principal ingrediente era o óxido de tório. O advento da luz elétrica relegou novamente o tório para um plano secundário, até à década de 40. Com o desenvolvimento da energia atômica, o tório reassumiu um papel importante devido às propriedades nucleares dos seus átomos

Os riscos do tório para a saúde humana podem ser classificados em radiológicos, químicos e de combustão.

Os perigos radiológicos do tório estão relacionados com a radioatividade dos seus isótopos, particularmente na cadeia de decaimento de tório 232 para chumbo 208. No corpo humano, os isótopos de tório tendem a concentrar-se no fígado, nos rins, no baço e na medula óssea.

A toxicidade química do tório é relativamente baixa, embora a injeção intravenosa de compostos deste elemento possa causar graves perturbações ou mesmo a morte.

Algumas ligas de tório são pirofóricas, podendo desintegrar-se e explodir quando expostas ao ar. Este perigo de combustão espontânea, é particularmente evidente em amostras de pó do metal e das referidas ligas. Por todas estas considerações, o tório e sua ligas devem ser manuseadas com bastante cuidado e com utensílios e vestuário adequados.

Apos verificação dos resultados analisados para alface/folha percebeu-se que as associações mais significativa foram:

V-Fe-Nb

Al-Ti-La

A primeira correlação esta representada pela associação V-Fe-Nb (Figuras, 33, 34 e 35), que evidenciam o resultado equivalente a correlação muito forte, assumindo uma tendência de distribuição na região NW(Noroeste).

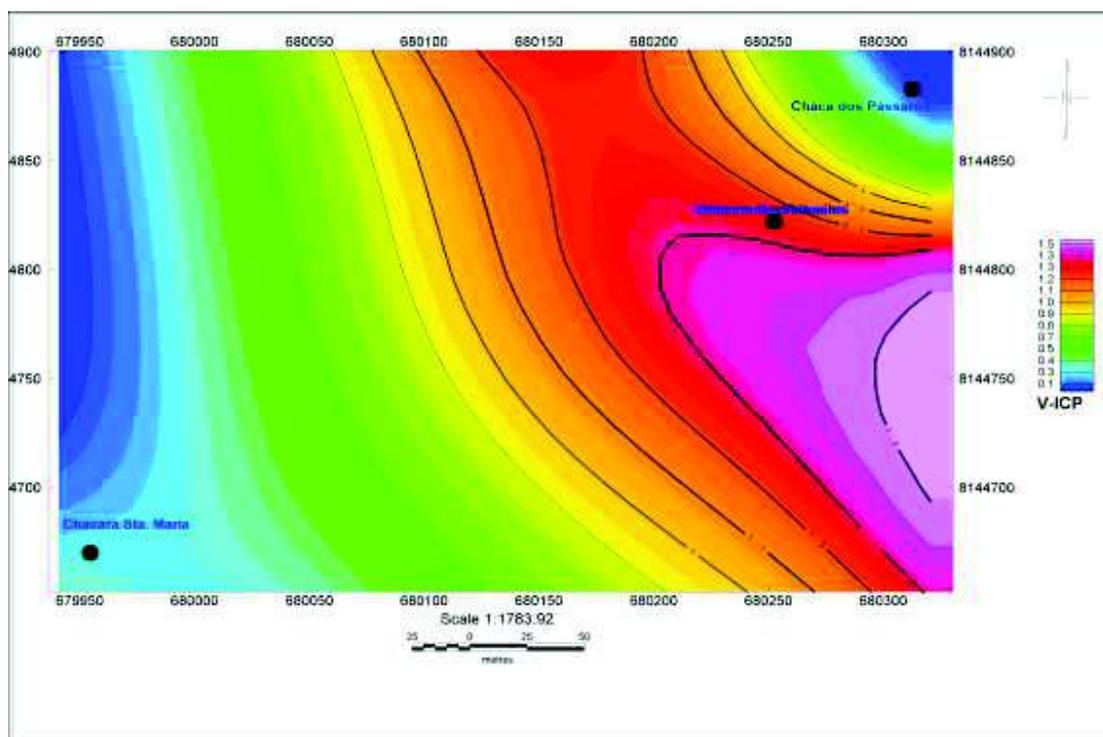


Figura 33 - Mapa de distribuição alface/folha do V (vanádio) em Sedimentos de Corrente ICP.

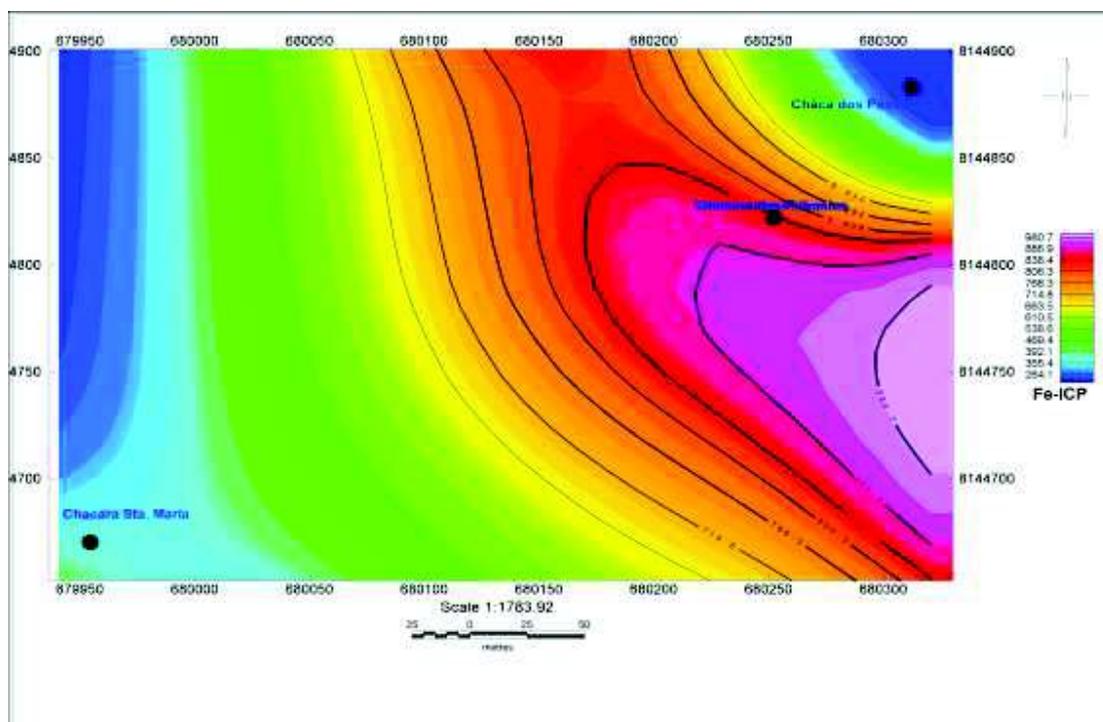
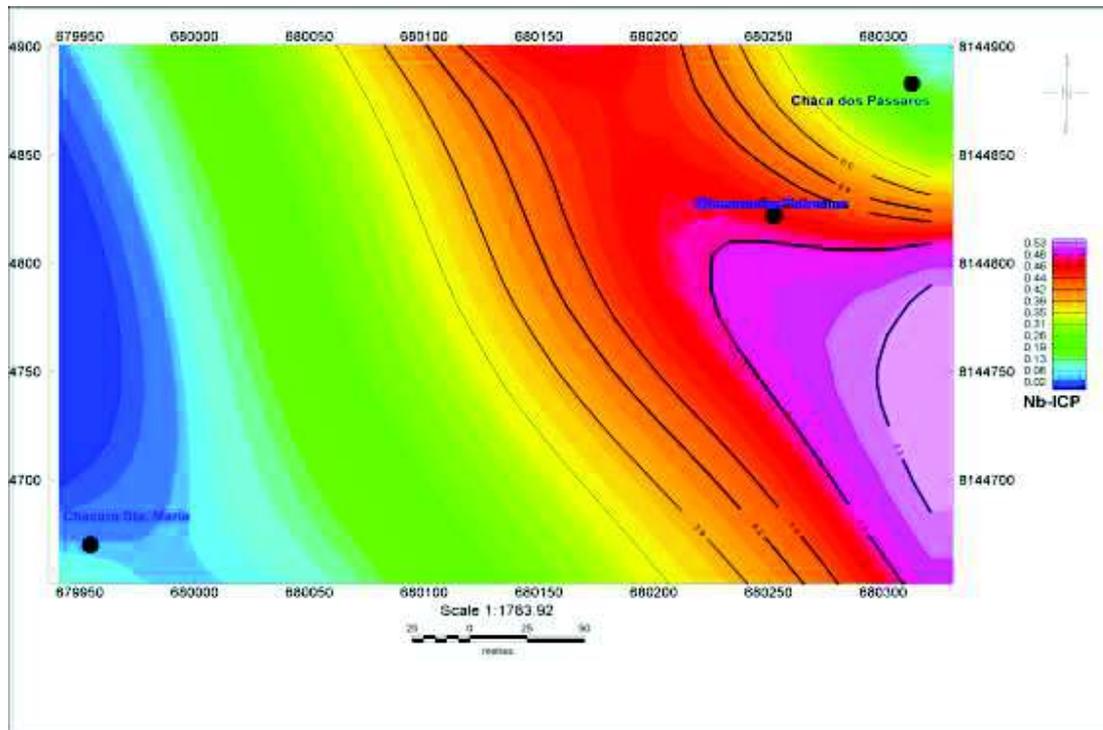


Figura 34 - Mapa de distribuição alface/folha do Fe (ferro) em Sedimentos de Corrente ICP.



**Figura 35 - Mapa de distribuição alface/folha do Nb (nióbio) em Sedimentos de Corrente ICP.**

### **Ação biológica para os elementos**

#### **VANÁDIO**

(Este elemento já foi apresentado na página 91).

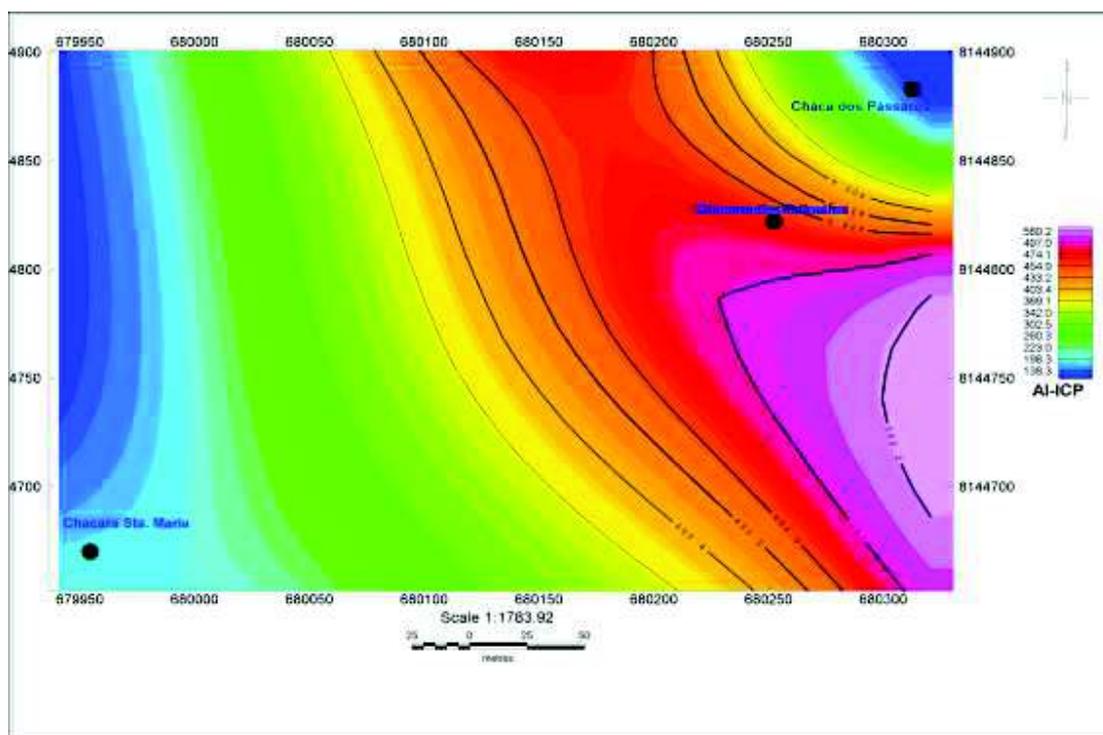
#### **FERRO**

(Este elemento já foi apresentado na página 95).

#### **NIOBIO**

Não foi encontrado registros sobre a ação biológica desse elemento.

A segunda correlação esta representada pela associação Al-Ti-La, (Figuras, 36, 37 e 38), que evidenciam o resultado equivalente a correlação muito forte, assumindo uma tendência de distribuição na região NW. Exceto, a que se direciona para os extremo oeste e noroeste.



**Figura 36 - Mapa de distribuição alface/folha do Al (alumínio) em Sedimentos de Corrente ICP.**

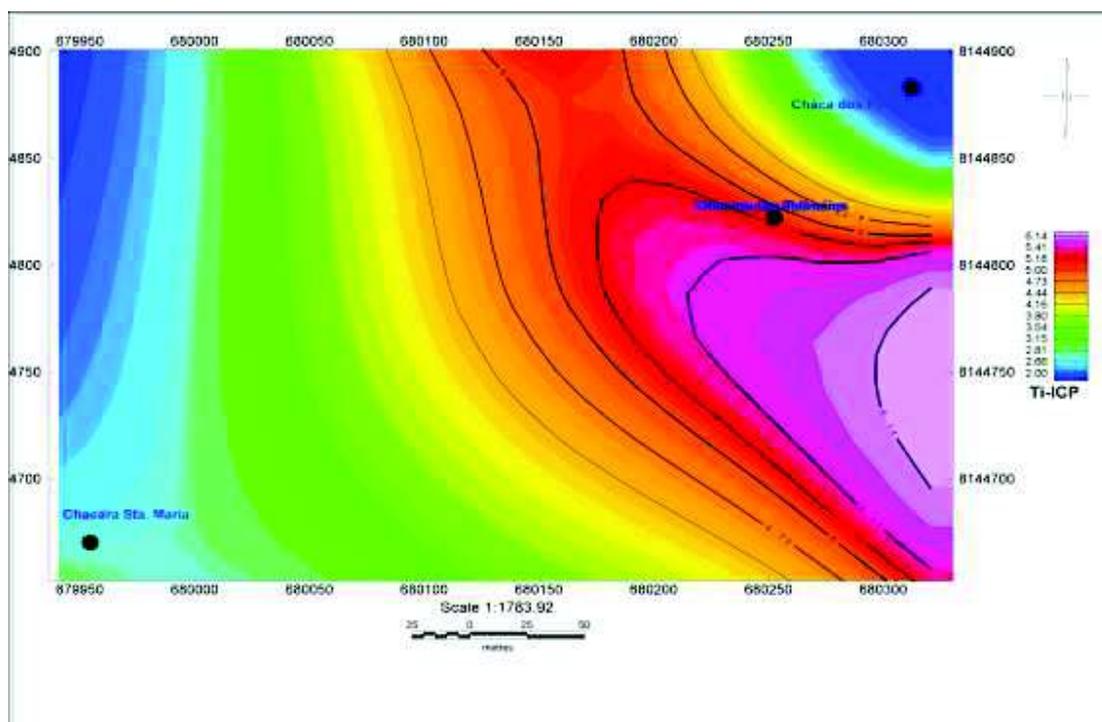


Figura 37 - Mapa de distribuição alface/folha do Ti (titânio) em Sedimentos de Corrente ICP.

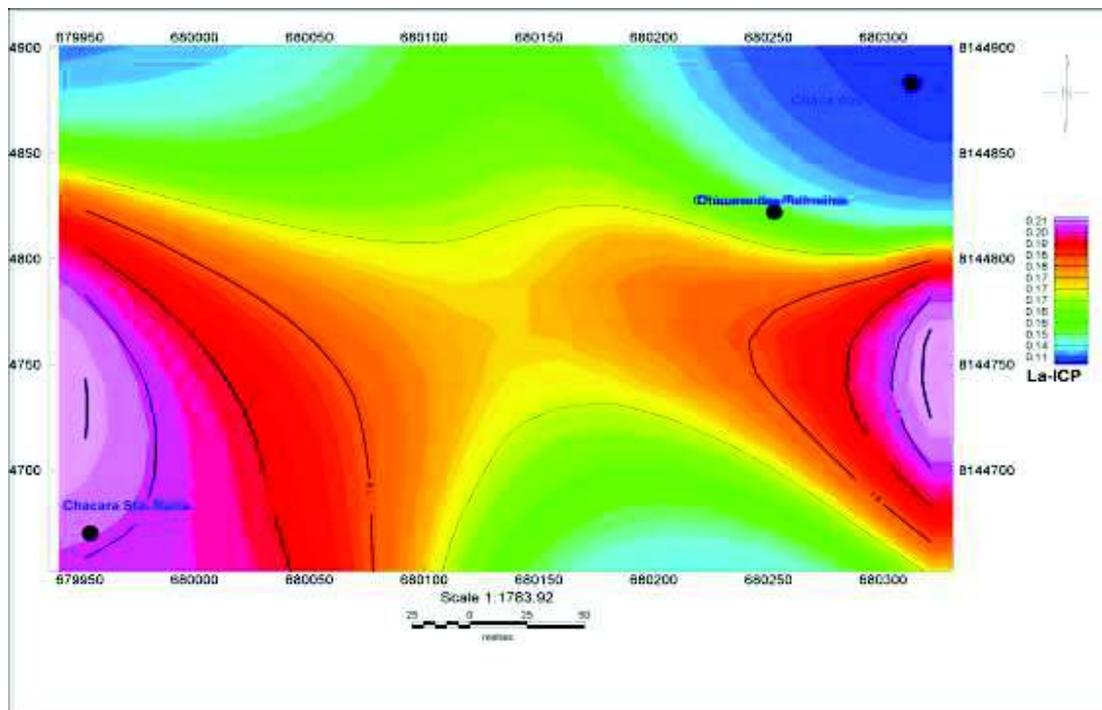


Figura 38 - Mapa de distribuição alface/folha do La (lantânio) em Sedimentos de Corrente ICP.

## **Ação biológica para os elementos**

### **ALUMÍNIO**

O alumínio não é elemento essencial para o homem, apesar de sua abundância na crosta terrestre e em todo o sistema solar. Com referência à saúde humana, a ingestão de hidróxido de alumínio por via oral, como antiácido, pode diminuir significativamente a assimilação de fosfato e de fluor, causando hipofosfatemia e demineralização de ossos.

Tem sido considerado que a doença de Alzheimer seja correlacionável com acúmulo de alumínio em regiões críticas do cérebro e com a formação de ligações alumínio-DNA. Pacientes com sérios problemas renais e tratados por hemodiálise desenvolveram distrofia óssea, possivelmente pelos altos teores de alumínio (>15 mg/L) em água usada na diálise.( CORTECCI, 2002).Causa dormências quando se cruza as pernas ou se fica na mesma posição por muito tempo, grande oleosidade no couro cabeludo acompanhada de queda dos cabelos, paralisia dos membros inferiores, esclerose cerebral (doença de Alzheimer), falta de disciplina, laringite crônica, coceira ao deitar-se, tendência a usar drogas.

Entra no organismo pelas panelas de alumínio, latas de refrigerantes, comidas congeladas em quentinhas, desodorantes antitranspirantes, antiácidos, papel de alumínio, leites e sucos de frutas em caixas metalizadas internamente (TEIXEIRA,2003).

### **TITÂNIO**

O dióxido de titânio é comprovadamente um composto não tóxico. Contudo, vários outros compostos deste elemento apresentam graus consideráveis de toxicidade, salientando-se os compostos orgânicos. Os compostos de titânio actuam como catalisadores nas reações de oxidação das células vegetais, sabendo-se também que o elemento é essencial à formação dos solos a partir das rochas.

O tetracloreto de titânio é um forte irritante da pele e a inalação do seu vapor é extremamente perigosa (TEIXEIRA, 2003).

## LANTÂNIO

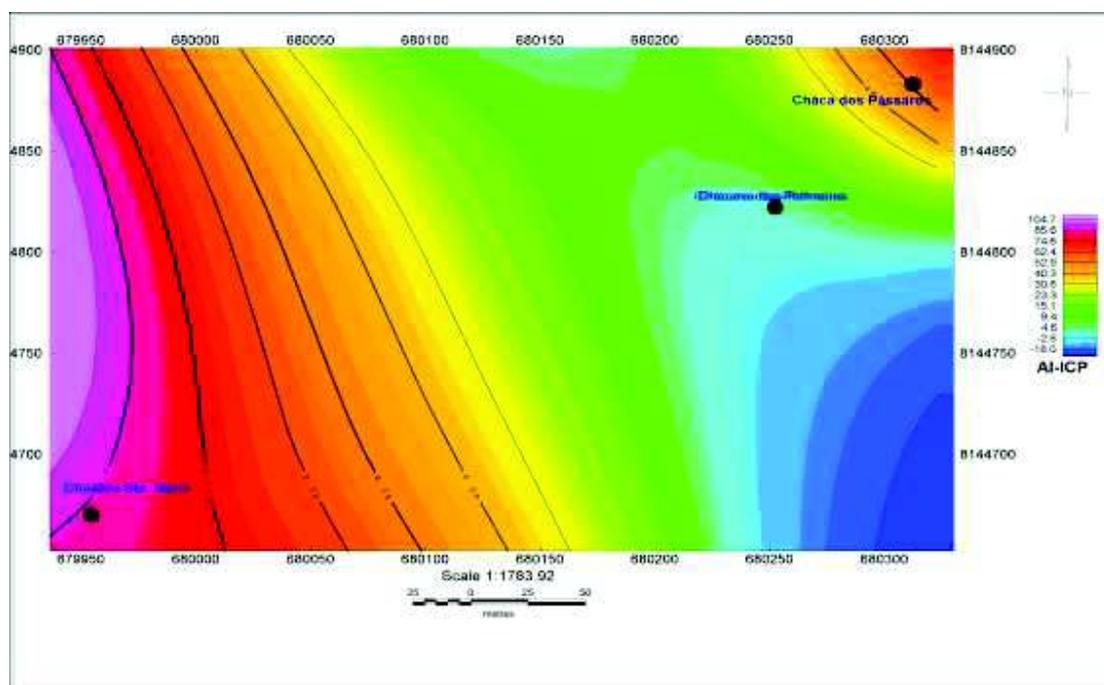
(Este elemento já foi apresentado na página 75).

Apos verificação dos resultados analisados para couve percebeu-se que as associações mais significativas foram:

Al-Fe-Ba

Mg-Sr

A primeira correlação esta representada pela associação Al-Fe-Ba, (Figuras, 39, 40 e 41), que evidenciam o resultado equivalente a correlação muito forte, assumindo uma tendência de distribuição na região NW.



**Figura 39 - Mapa de distribuição couve do Al (alumínio) em Sedimentos de Corrente ICP.**

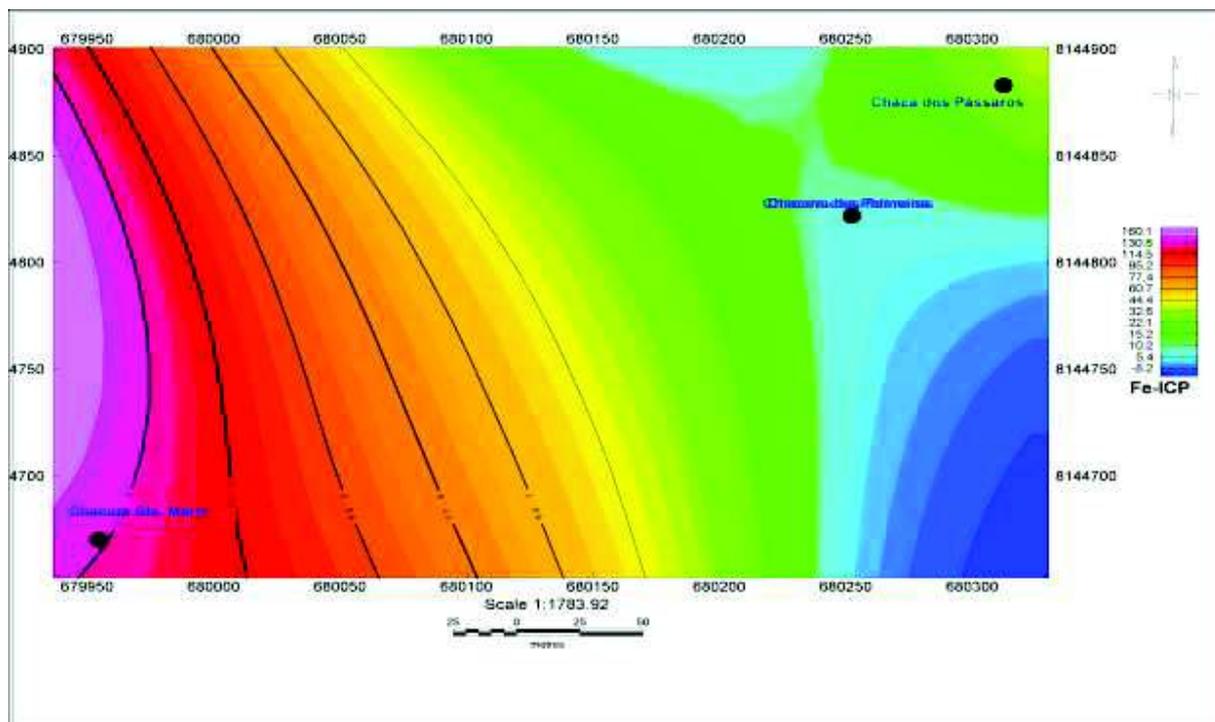


Figura 40 - Mapa de distribuição espacial do Fe (ferro) em Sedimentos de Corrente ICP.

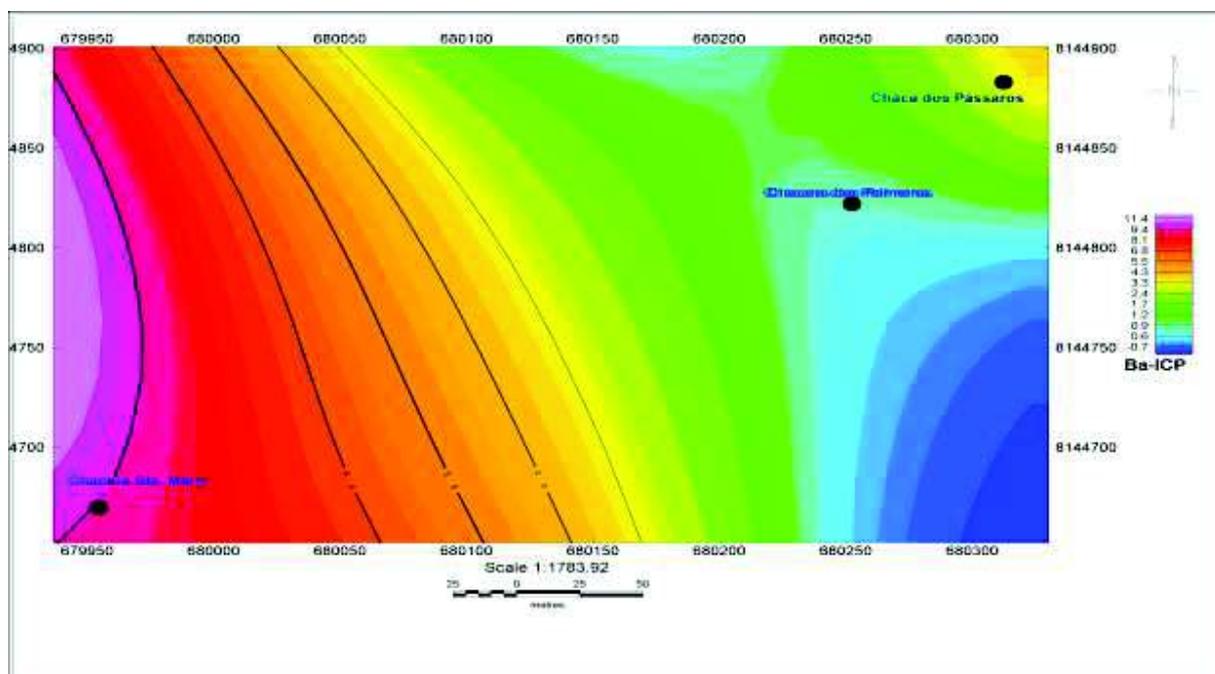


Figura 41 - Mapa de distribuição espacial do Ba (bário) em Sedimentos de Corrente ICP.

## Ação biológica para os elementos

### ALUMÍNIO

(Este elemento já foi apresentado na página101).

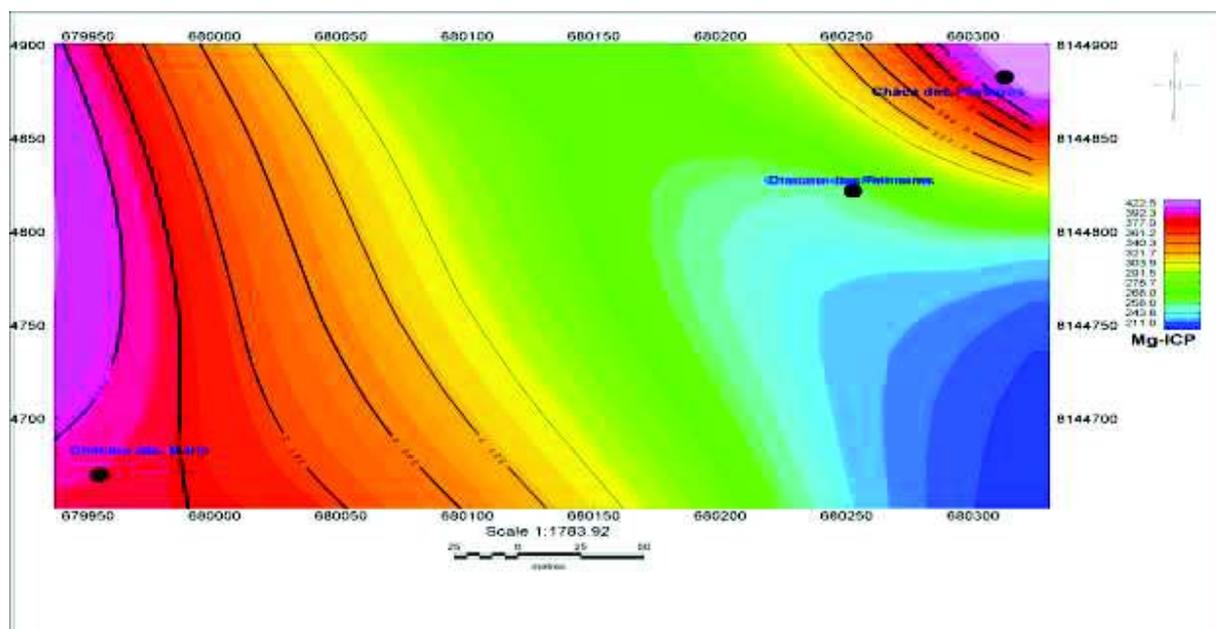
### FERRO

(Este elemento já foi apresentado na página 95).

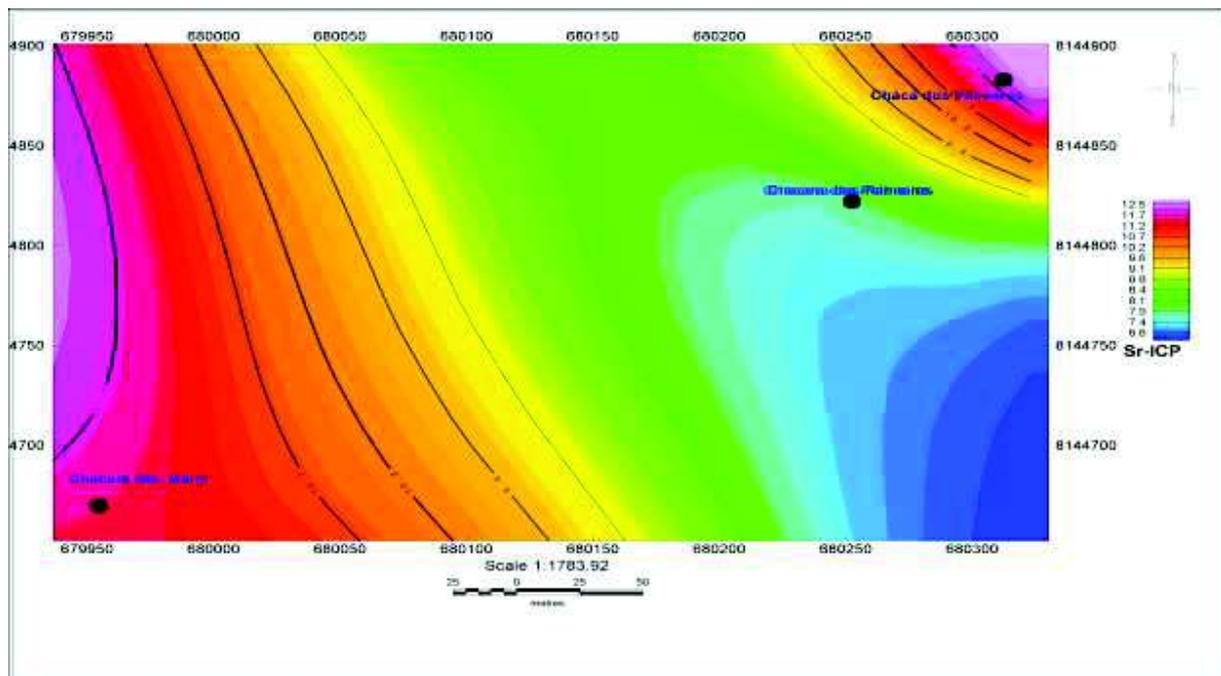
### BÁRIO

(Este elemento já foi apresentado na página74).

A segunda correlação esta representada pela associação Mg-Sr, (Figuras, 42 e 43), que evidenciam o resultado equivalente a correlação muito forte, assumindo uma tendência de distribuição na região NW.



**Figura 42 – Mapa de distribuição espacial do Mg (magnésio) em Sedimentos de Corrente ICP.**



**Figura 43 - Mapa de distribuição contorna do Sr (estrôncio) em Sedimentos de Corrente ICP.**

## MAGNÉSIO

(Este elemento já foi apresentado na página78).

## ESTRÔNCIO

Não foi encontrado registros sobre a ação biológica desse elemento.

## 9. CONCLUSÃO

Neste trabalho, através da análise química multielementar de 41 amostras, incluindo sedimento de corrente (Ribeirão Santo Antonio e afluentes) e vegetais bioindicadores (couve e alface), na região de Aparecida de Goiânia, tornou-se possível correlacionar as contaminações naturais ou antrópicas, aplicando uma metodologia de interpretação de dados geoquímicos multielementares e sua relação com a saúde humana e o meio ambiente, por meio da geologia médica, e com base nos resultados obtidos, percebeu-se, que a metodologia empregada para a coleta de amostras, obtenção, tratamento e representação dos dados, mostrou-se eficiente na distribuição de elementos químicos e na interpretação do relacionamento destes com o ambiente natural e com os processos antrópicos.

Além dos dados geológicos, o diagnóstico e a interpretação dos resultados foram realizados a partir das matrizes de correlação e não somente no conhecimento geológico, bem como, com dados que favorecem e nos levam a percepção dos impactos impostos pelo homem ao ambiente natural.

Considerando que a área em estudo encontra-se totalmente inserida geologicamente no Grupo Araxá e tenha-se realizado nas amostras coletadas, uma análise multielementar, observa-se que as associações de uma forma generalizada, estendem-se nas mesmas direções de centro sul para nordeste constituindo um trend nesta direção.

Este "trend", em função da geologia pode estar representando um tipo litológico diferenciado no Grupo Araxá, ou estar relacionado com possíveis contaminações antrópicas.

Em relação as amostras analisadas por AA destacaram-se amostras: SF-2134, SF-2135, e SF-2137, embora para o elemento Cromo surge uma tendência que deve ser apreciada na direção SW representada pela amostra SF – 2140.

Na análise por ICP o comportamento da distribuição dos elementos é semelhante destacando-se as amostras CF - 086, e CF – 088, com exceção dos elementos potássio e rubídio, que surge como elemento inovador na amostra CF- 092. com comportamento semelhante a faixa representada para os demais elementos já citados,.

A ação biológica dos elementos, foi levada em consideração por se tratar de uma ferramenta imprescindível na avaliação de metais pesados em alimentos consumidos pela população, desta maneira, considerou-se como parâmetro a única fonte encontrada, valores de referência do CETESB- (Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo, - VRQ,VP e VR.), já que a literatura disponível ainda está bastante escassa.

A amostra C-F 086 coletada no Córrego Lagoa, apresentou 08 resultados de 3ª ordem e 01 de 2ª, respectivamente para os elementos: Ba-20,6, Co- 4,8, Cs -1,21, La-3,9, Li 5,9, Mg-0,11, Ni -8,8 e Zn- 18,0 e de 2ª ordem para Sb = 0,06 ppm, os demais encontram-se na faixa do back -ground.

No que se refere a amostra CF- 087 coletada no Córrego Barreiro, todos os resultados são back ground. Já a amostra CF 088 coletada no Córrego Almeida apresentou 07 resultados de 3ª ordem, 02 de 2ª ordem e 02 de 1ª ordem respectivamente para os elementos: Ba =18,8, Cr =41,4, La =3,9, Li = 5,5, Ni-9,5, Pb = 0,08 e Zn = 18,9.

2ª ordem Au-1,1, e Mg- 0,12 e 1ª ordem para Cd- 0,02 e SB- 0,11.

Para a amostra CF-089(córrego granada) apenas dois resultados de segunda ordem para os elementos: Fé = 1,29 e Th = 2,5 e um de 1ª ordem, e um de 1ª ordem Sb = 0,07. Para a amostra CF-90 coletada no Córrego Tamanduá, o resultado apresentado foi de apenas um resultado significativo de 2ª ordem para o elemento SB = 0,05, com a amostra CF-091 coletada no Córrego Itapuã a análise de resultados constatou 01 resultado de 2ª e 01 de 1ª ordem respectivamente para os elementos:Cr = 39,0 e um resultado de 1ª ordem para SB = 0,08, por fim na amostra CF 091 cujo ponto de coleta foi o córrego Pedra de Amolar/Rib.Sto Antonio, apresentou apenas um resultado de 2ª ordem para Sb = 0,05.

Conforme os resultados das amostras analisadas, não houve nenhum tipo de comprometimento para saúde humana, comparadas aos resultados orientadores da CETESB, pois nenhum dos resultados obtidos pelas mesmas não ultrapassam os valores de VP,VI e VRQ que constam na referida tabela, o que não deve ser considerado como resultado confortável, visto que a preocupação nesse sentido no

Brasil, ainda é bastante insignificante, e assim sendo os parâmetros são muito escassos.

Na amostra CF-0,89 nos chama atenção, porque também apresenta uma concentração de Sb =0,07 ppm, considerado 1ª ordem, na amostra CF 091, o Sb = 0,08. O elemento Sb(Antimônio) é incidente para as amostras citadas, sugere-se portanto novas avaliações visto que a ação biológica desse elemento provoca efeitos desastrosos para os seres humanos, sobre os órgãos genitais, com a perda do desejo sexual e atrofia do pênis e dos testículos. Podendo ser acompanhado de uma uretrite com micção difícil e urina sanguinolenta. As mulheres expostas ao antimônio apresentam abortos espontâneos e partos prematuros.

Em relação aos vegetais , podemos dizer , que ao término deste trabalho, os resultados ainda que esperados, dificultam a comparação devido a ausência de dados disponíveis na literatura, mas mesmo assim, demonstram que as amostras estudadas comportam-se diferenciadamente em relação aos teores e acúmulo de metais pesados em suas diferentes partes) comparadas a tabela da CETESB, único subsídio para comparação dos referidos dados, o que deve ser levado em consideração dado ao conhecimento da ação biológica dos elementos encontrados à saúde humana..

Os resultados obtidos para os elementos químicos analisados evidenciam que, apesar de terem sido coletadas em pontos diferenciados, no entorno da bacia do ribeirão Santo Antonio e seus afluentes, estes apresentam diferenças pouco significativas nas concentrações de metais pesados, onde alguns elementos se apresentam de forma diferenciada dos demais conforme visualização nos mapas, como é o caso dos elementos: La, para alface e Mg e Sr para couve, que se apresentam nos pontos extremos da área de estudo (Chácar Santa Maria e Chácar dos Pássaros).

Ficou também evidente, a falta de bibliografia no que se refere à geologia médica e suas conseqüências, bem como a falta de dados comparativos, e divulgação do que já se têm produzido, principalmente a no que se refere a contaminação por elementos traços, além dos estudos que envolvem a geologia médica, que já faz parte do nosso cotidiano, o que torna uma preocupação maior, visto que tanto a carência quanto o excesso de elementos químicos, podem levar a distúrbios neuropsíquicos, carcinogênicos, etc. e em alguns casos podem causar

danos à saúde humana e ao meio ambiente podendo ser irreversíveis inclusive levando até a morte.

Portanto, sugere-se uma continuidade dessa pesquisa para que se possa investigar mais dados, que possam nos dar subsídios às alterações já investigadas, a fim de que a população possa se tornar mais esclarecida, para que de certa forma possa se precaver contra as ações dos elementos químicos, que podem com certeza da forma que vem se alastrando, causar danos maiores à saúde do Homem e do Planeta.

No que se refere aos vegetais , considerou-se a mesma metodologia do ponto de vista analítico e as amostras de alface /folhas, alface/ caule e couve foram denominadas pelo laboratório da UCB respectivamente como:

Grupo 1 Folhas de Alface, grupo 2 caules de Alface e Grupo 3 couve, considerações estas, inseridas imediatamente abaixo no texto:

Entre as folhas de alface e o caule , existem diferenças significativas para os seguintes elementos: Al, Fe,Mg,Mn,Zn,Y,Ba,Pb,Sr,,Ti, Na.

Os demais apresentaram teores que estão abaixo do limite de sensibilidade.

Nas folhas observou-se teores maiores de Al,Fe,Mg,Mn,Y,Ba,Pb,Sr, e Ti, já para caule os teores maiores apresentados foram para os elementos de Zn e Na.

Para a análise de correlação entre Alface folha/Alface Caule e Couve os resultados são diferentes:

Al - caule e folhas se assemelham

Fe - para os tres os resultados foram diferentes

Mg-idem

Y- idem

B- Caule e folhas são semelhantes

Ba- Caule e folhas se assemelham

Bi- Caule e folhas se assemelham

Mo- Caule e folhas se assemelham

Sr- caule e folhas se assemelham

Ti- os tres se assemelham

K- Caule e folhas de alface se assemelham

Na- Caule da alface e couve se assemelham

Ca- Caule e folhas de alface se assemelham.

Na Análise dos componentes principais: com 35% da variância, não foi possível distinguir uma relação entre o ponto do rio e o teor de metais,entretanto existe uma separação entre teores metálicos das folhas e do caule das alfaces .

Os valores relativos a caule parecem mais homogêneos em relação aos apresentados pelas folhas, nos levando a crer, que existe uma indicação de que os caules das alfaces apresentam de forma mais confiável o teor metálico.

As folhas apresentam mais heterogeneidade. Para esta análise foram utilizados os metais: Al,Cu,Fe,Li,Mg,Mn,Zn,Au,Ga,La,Nb,W,Y,Zr,Ag,Ba,Pb,SbSr,Ta,Te,K,Na e Ca.

(OPS, 1980).

O papel desempenhado pelo alumínio, na fisiologia humana não é bem conhecido, embora seja ingerido através dos alimentos e da água, acredita-se que grande parte seja eliminado. O alumínio, porém, tem sido detectado nas células do cérebro de pacientes do mal de Alzheimer, muito embora essa relação de causa e efeito ainda não esteja clara (ATSDR, 1995).

Por outro lado, apesar do alumínio ser um constituinte do pigmento delimita riscos semelhantes a outros elementos traços, que também sinalizam para realização de novas investigações mais detalhadas, que indiquem os efeitos e causas , e dêem embasamento à proporção que a Geologia médica possa avançar e ser um canal mitigador no sentido de fazer esses diagnósticos.

**Não foi encontrado registros sobre a ação biológica desse elemento.**

### **TITÂNIO**

O dióxido de titânio é comprovadamente um composto não tóxico. Contudo, vários outros compostos deste elemento apresentam graus consideráveis de toxicidade, salientando-se os compostos orgânicos. Os compostos de titânio actuam como catalisadores nas reacções de oxidação das células vegetais, sabendo-se também que o elemento é essencial à formação dos solos a partir das rochas.

O tetracloreto de titânio é um forte irritante da pele e a inalação do seu vapor é extremamente perigosa (TEIXEIRA,2003)

### **FERRO**

Elemento já referenciado na 5ª associação ICP.

### **VANÁDIO**

Elemento já referenciado 4ª associação ICP

### **BÁRIO**

Elemento já referenciado na 1ª associação ICP

### **NIÓBIO**

**Não foi encontrado registros sobre a ação biológica desse elemento.**

Na matriz de associação para couve foram destaques os elementos: Fé, Ba, Mg, Al, K, e Na.

### **FERRO**

Elemento já referenciado na 5ª associação ICP.

### **BARIO**

Elemento já referenciado

### **MAGNESIO**

Elemento já referenciado 2ª associação ICP.

## **ESTRONCIO**

**Não foi encontrado registros sobre a ação biológica desse elemento.**

## **ALUMINIO**

Elemento já está referenciado

## **POTÁSSIO**

Este elemento já está referenciado

## **SÓDIO**

O sódio é um elemento biológico essencial aos animais superiores; a diferença na relação de concentrações sódio/potássio nos fluidos intercelulares e extracelulares é responsável pelo transporte de íons através das membranas celulares, pela regulação da pressão osmótica dentro da célula, pela transmissão de impulsos nervosos e por outras funções eletrofisiológicas. (A .Vogel ,1982).

Não existem reservas de íons sódio no corpo dos animais, pelo que a sua perda acima de um determinado valor põe em risco o correto funcionamento celular. A privação deste íon pode levar a graves sintomas ou mesmo à morte, razão porque é reconhecida a importância do cloreto de sódio (sal das cozinhas) na nutrição humana. O nosso corpo elimina o íon sódio através do suor e da urina. Os sintomas que evidenciam deficiência deste íon são a sede, anorexia e náuseas podendo em casos mais graves ser a lassidão, câibras musculares ou distúrbios mentais. (A .VOGEL ,1982). Sua carência baixa a pressão, causa o cansaço e palpitações durante esforço e desidratação. Melhor fonte natural: o sal marinho sem adição de iodo, encontrado em casas de produtos naturais (TEIXEIRA,2003).Essencial para a manutenção do equilíbrio osmótico dos fluidos extracelulares. Junto com o potássio, está envolvido na transmissão dos impulsos nervosos. Mobiliza outros nutrientes através da membrana celular. (TEIXEIRA,2003).

## 8. RESULTADOS OBTIDOS

Após obtenção dos dados, foram definidas através de AA 02 associações, e por meio de ICP 05 associações, cujos procedimentos para análises de dados encontram-se descritos a seguir:

### 8.1 Sedimentos de corrente analisados por AA (Absorção Atômica)

A partir dos resultados das concentrações obtidas por meio das análises por AA, foram realizados cálculos estatísticos com os elementos selecionados, utilizando-se o programa OASIS MONTAJ v. 6.1, com módulo Chimera, onde foram relatados para cada elemento, os valores mínimo ( $X_{\min}$ ) e máximos ( $X_{\max}$ ) das concentrações, média aritmética ( $X$ ) e desvio padrão ( $S$ ), apresentados na (Tabela 1).

A partir destes dados estatísticos, foram calculados os valores anômalos de 1ª, 2ª e 3ª ordens para as amostras analisadas por AA (Tabela 2).

Os valores de 3ª ordem demonstram os resultados situados entre o valor médio mais um desvio padrão, e o valor mais dois desvios padrão.

Os valores de 2ª ordem estão entre os valores maiores que o valor médio mais dois desvios padrão e o valor médio mais três desvios padrão, e as concentrações abaixo do intervalo de 3ª ordem foram consideradas como background.

Já os valores de 1ª ordem, correspondem às maiores concentrações encontradas

Após a obtenção dos valores de 1ª, 2ª e 3ª ordens, utilizando o software OASIS, foi confeccionada a matriz de correlação dos elementos selecionados para AA (Figura 6) e a partir da matriz de correlação observa-se na (Tabela 3) as correlações muito forte e forte.

Tabela 1 – Sumário Estatístico das Amostras de Sedimentos de Corrente analisadas por AA.

	CETESP 2005									
	1º Ordem			2º Ordem			3º Ordem			Solo(mg.kg-peso seco)
X <sub>mi</sub>	X <sub>ma</sub>	X	S	> X + 3S	-(X+2S)-(X+3S)	entre X+S e X+2S	VP	VI	VRQ	
As	0.500	9.000	2.070	2.210	>8.700	6.490 - 8.700	4.280 - 6.399	15	10	3,5
Co	1.000	12.000	4.810	2.780	>13.150	10.370 - 13.150	7.590 - 10.369	25	5	13
Cr	13.000	450.000	81.310	131.810	>476.740	344.93 - 476.740	213.120 - 344.92	75	50	40
Cu	6.000	25.000	14.530	5.810	>31.960	26.150 - 31.960	20.340 - 26.149	-	-	-
Fe	22.000	41.000	15.262	11.505	>49.777	38.272 - 49.777	26.767 - 38.271	-	300	-
Mn	94.000	21.000	3.589	7.373	>25.708	18.335 - 25.708	10.962 - 18.334	-	400	-
Ni	2.000	29.000	10.375	7.570	>33.085	25.515 - 33.085	17.945 - 25.514	30	20	13
Pb	4.000	26.000	12.125	5.772	>29.441	23.669 - 29.441	17.897 - 23.668	72	10	17
Zn	8.000	25.000	17.500	5.150	>32.950	27.800 - 32.950	22.650 - 27.799	300	5000	60

## Legenda

X<sub>min</sub> – X mínimoX<sub>max</sub> – X Máximo

X - Média

S - desvio

&gt; X + 3S – 1ª ordem

Entre X + 2S e X + 3S - 2ª ordem

Entre X + S e X + 2S - 3ª ordem

VRQ - Valor de Referência de qualidade

VP – Valor de Prevenção

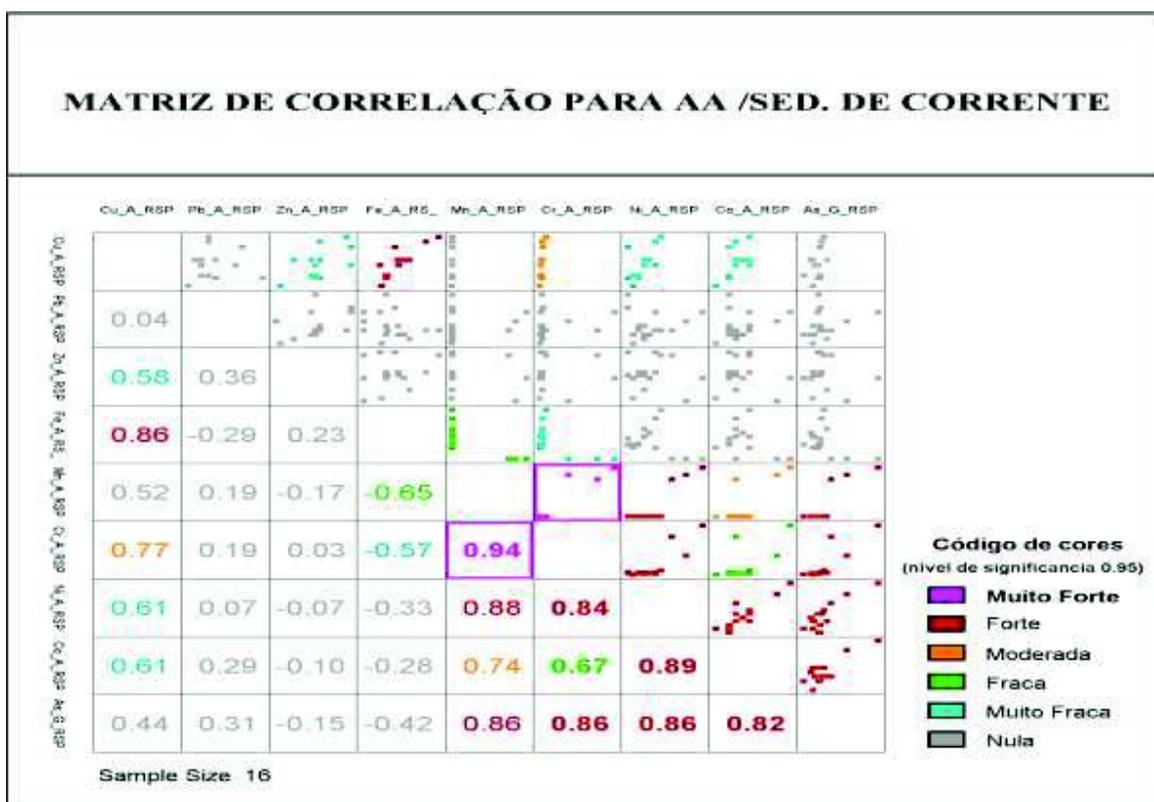
VI - Valor de Intervenção

**Tabela 2 – Valores Anômalos de 1ª, 2ª e 3ª Ordem para AA**

Field Number	Cu A RSP	Pb A RSP	Zn A RSP	Fe A RS%	Mn A RSP
SF - 2134		18.0	16.0	36.0	21000.0
SF - 2135	14.0	8.0	17.0	19000.0	200.0
SF - 2136	16.0	8.0	16.0	22000.0	220.0
SF - 2137		14.0	8.0	31.0	18000.0
SF - 2138	23.0	10.0	18.0	34000.0	230.0
SF - 2139	10.0	8.0	16.0	12000.0	180.0
SF - 2142	25.0	10.0	24.0	41000.0	150.0
SF - 2143	16.0	12.0	18.0	18500.0	240.0
SF - 2144	6.0	4.0	9.0	9600.0	94.0
SF - 2140		10.0	24.0	22.0	16000.0
SF - 2175	9.0	26.0	17.0	12000.0	200.0
SF - 2176	14.0	18.0	25.0	9000.0	140.0
SF - 2177	21.0	20.0	25.0	17000.0	260.0
SF - 2178	9.0	12.0	18.0	12000.0	160.0
SF - 2179	10.0	10.0	17.0	13000.0	150.0
SF - 2180	16.0	6.0	12.0	25000.0	200.0

Field Number	Cr A RSP	Ni A RSP	Co A RSP	As G RSP
SF - 2134	450.0	29.0	12.0	9.0
SF - 2135	19.0	8.0	4.0	0.9
SF - 2136	23.0	10.0	5.0	0.5
SF - 2137	180.0	23.0	10.0	5.0
SF - 2138	29.0	12.0	4.0	1.8
SF - 2139	14.0	4.0	3.0	R\$ 0,0
SF - 2142	50.0	14.0	6.0	2.1
SF - 2143	20.0	8.0	6.0	0.7
SF - 2144	13.0	4.0	1.0	0.7
SF - 2140	350.0	18.0	4.0	3.0
SF - 2175	22.0	2.0	3.0	1.4
SF - 2176	20.0	12.0	6.0	1.3
SF - 2177	32.0	2.0	3.0	1.6
SF - 2178	28.0	6.0	3.0	1.6
SF - 2179	22.0	6.0	3.0	1.6
SF - 2180	29.0	8.0	4.0	2.5

Fonte: PGAGEM



**Figura 6 – Matriz de Correlação dos Sedimentos de Corrente Analisados por AA**

A partir da matriz de correlação observa-se na (Tabela 3) as correlações muito forte e forte:

**Tabela 3 – Correlações mais Expressivas nas Análises por AA (Absorção Atômica)**

<b>Correlação muito forte</b>	<b><math>C_{Cr-Mn} = 0,94</math></b>
<b>Correlação forte</b>	$C_{As-Co} = 0,82$ $C_{Ni-Cr} = 0,84$ $C_{As-Ni} = 0,86$ $C_{As-Cr} = 0,86$ $C_{Ni-Mn} = 0,88$ $C_{Ni-Co} = 0,89$