

AValiação Geoquímica da Variabilidade das Concentrações de Elementos em Quantidades Traço ao longo de Perfis Pedológicos na Bacia do Rio Tatuoca, Ipojuca – PE

Ivaneide de Oliveira Santos^{1,2}

Edmilson Santos de Lima¹

José Geilson Alves Demetrio¹

Enjôlras de Albuquerque Medeiros Lima³

1 Departamento de Geologia e Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFPE. delima@ufpe.br, geilson@ufpe.br

2 Mestre em Geociências pelo Programa de Pós Graduação em Geociências, UFPE,. vanlivers@hotmail.com.

3 CPRM – Serviço Geológico do Brasil, enjolrasmedeiros@yahoo.com.br.

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Tatuoca faz parte do grupo de pequenos rios litorâneos do Estado de Pernambuco e a sua área de drenagem está inserida no Complexo Industrial Portuário de Suape. O estudo das concentrações de elementos-traço em solos é um relevante instrumento na gestão ambiental do meio físico de bacias hidrográficas, pois contribui na diferenciação entre as concentrações de base geogênica e as influências antrópicas em sua área de drenagem. O estudo teve como objetivo caracterizar a variação geoquímica de elementos-traço de modo a subsidiar estudos geoquímicos em sedimentos ativos de corrente na Bacia. Dois perfis de solo foram coletados através de sondagem rotativa, denominados CTP2 e CTP4, com 17 e 6 m de profundidade respectivamente. Ambos foram seccionados a cada 50 cm totalizando 45 amostras, nas quais foram analisados, por Espectrometria de Emissão Atômica (ICP-AES), 29 elementos químicos. Os resultados foram tratados estatisticamente através de análise multivariada (Análise de Componentes Principais) e por Fator de Enriquecimento (FE). A base de dados foi gerada a partir das concentrações dos 16 elementos (Al, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Li, Mg, Na, Ni, Pb, Sr, V, Y, Zn e Zr) resultantes das análises das 45 amostras coletadas. Os resultados evidenciaram quantidades-traço em alguns componentes, como também as variações geoquímicas nos teores absolutos e no FE dos metais nos dois perfis de solo estudados. O valor mais significativo de FE para Pb foi identificado no CTP 2, de 3,6 na seção mais superficial do solo, sendo classificado por alguns autores como enriquecimento moderado enquanto que na seção mais basal não houve enriquecimento. Essa variação do FE pode ser explicada por um natural enriquecimento pedogenético ou em casos mais acentuados, por fatores de origem antropogênica. Alguns elementos-traço formam um grupo de elementos com particularidades relevantes e de ocorrência natural no ambiente. Estes, apesar de associados à toxicidade, exigem tratamento diferenciado em relação aos xenobióticos, uma vez que diversos metais possuem essencialidade (Fe, Mn, Ni, Cu e Zn) e benefício (Co) comprovado para plantas. Nestes casos, o conhecimento de seus teores naturais possibilita gerar de padrões de referência de qualidade a serem aplicados em atividades de monitoramento. As concentrações destes elementos são produtos das respostas geoquímicas provenientes dos eventos pedogenéticos evolutivos, bem como das interferências ambientais ocorridas.

Palavras-chave: Perfil pedológico, variabilidade geoquímica, Bacia do rio Tatuoca, Fator de Enriquecimento, Análise de Componentes Principais.

ABSTRACT

The Tatuoca river basin belongs to the group of small coastal rivers of the State of Pernambuco and its drainage area is completely within the Suape Port Industrial Complex Suape. The study of concentrations of trace elements in soils is an important tool in environmental management of the watershed, as it can contribute to differentiate between baseline geogenic concentrations from anthropogenic contributions in their catchment area. Within this context, the study aimed to characterize the trace elements geochemical variation

in soils, in order to visualize possible anthropogenic contributions as well as support geochemical studies of active stream sediments in the basin. Two soil profiles were collected by rotary drilling, and named CTP2 e CTP4 with 17 and 6 m length respectively. Both were cut every 50 cm for a total of 45 samples, which were analyzed by atomic emission spectrometry (ICP-AES) for 29 elements. The results were statistically analyzed by multivariate analysis (Principal Component Analysis) and Enrichment Factor. The database was generated from Concentrations of 16 elements (Al, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Li, Mg, Na, Ni, Pb, Sr, V, Y, Zn and Zr) resulting from analysis of 45 samples collected. The interpretation of statistical results identified trace amounts in some components and geochemical variations in absolute levels in well with Factor Enrichment of metals in both soil profiles studied. The most significant value of the FE for Pb was identified in CTP 2, section 3.6 in shallower soil, being classified by some authors as moderate enrichment while in most basal section no enrichment. This variation in the values of enrichment factor can be explained by a natural pedogenetic enrichment or in more severe cases, by factors of anthropogenic origin. Some trace elements form a group of elements with specific and relevant naturally occurring in the environment, such as accessory elements in the formation of rocks. These elements, although associated toxicity, require different treatment in respect of xenobiotics, since different metals have essentiality (Fe, Mn, Ni, Cu and Zn) and the benefit (Co) established for plants. In these cases, knowledge of its natural levels becomes doubly important, since it allows the generation of benchmarks in quality, to be used in monitoring activities. The concentrations of these elements are products of the responses from the geochemical evolution pedogenic events, as well as environmental interference occurred.

Keywords: pedological profile, enrichment factor, Tatuoca basin, principal component analysis

INTRODUÇÃO

Na bacia do rio Tatuoca estão inseridas diversas indústrias do Complexo Industrial Portuário de Suape, entretanto, antes da industrialização da área o solo era usado para o plantio da cana-de-açúcar.

O estudo de bacias para a variabilidade de elementos-traço é um importante instrumento de análise geoquímica e planejamento do uso do solo, incluindo-se a gestão de bacias.

Avaliar a variabilidade das concentrações dos elementos-traço em solos exige considerar o uso do solo e as características do material genético possibilitando identificar as variações naturais no quimismo das litologias e das camadas mais superficiais do solo (Licht, 2001). Dentro deste contexto, os elementos-traço inseridos em um ecossistema equilibrado evidenciam concentrações distintas para cada compartimento, e pesquisas como a de Teódulo (2003), Chagas (2003), Lima (2008) e Moraes (2009), evidenciaram as alterações nas concentrações destes elementos em ambientes próximos a áreas portuárias.

O estudo da geoquímica de elementos-traço em bacias hidrográficas é fundamental para discriminar se a origem das espécies químicas é antropogênica ou geogênica, fornecendo suporte para uma gestão territorial e ambiental sustentável.

Os solos possuem características únicas quando comparados aos outros componentes da biosfera (ar, água e biota), pois se apresentam não apenas como um dreno para contaminantes, mas também como tampões naturais que controlam o transporte de elementos químicos e outras substâncias para atmosfera, hidrosfera e biota (Guilherme & Marchi, 2008).

O estudo da variabilidade dos elementos-traço ou quaisquer outros elementos necessita antes de qualquer

análise, que se identifique ou se estabeleça valores de referência. Dentro desta perspectiva, essa análise permite considerar os valores anômalos e os chamados valores de base ou *background*.

Algumas ferramentas estatísticas, como Análise de Componentes Principais - ACP e Fator de Enriquecimento - FE e são utilizadas para entender a evolução geoquímica de um perfil de solo. Esta abordagem permite analisar a evolução base-topo do perfil de solo em análise, elemento a elemento, possibilitando compreender as variabilidades destas concentrações de acordo com a proximidade das camadas mais superficiais em relação aos valores da seção mais basal tomados como valores de *background* local. Nestes casos, o conhecimento de seus teores naturais torna-se duplamente relevante, uma vez que possibilita definir valores orientadores de qualidade do solo, com a geração de padrões de referência de qualidade, que poderão ser utilizados em atividades de monitoramento.

A concentração dos elementos-traço, através da análise univariada produz a projeção singular do comportamento geoquímico dos elementos, destacando uma linha de análise primária e inicial, possibilitando estruturar uma visão comparativa eficaz para primeiras considerações. Por outro lado, a análise multivariada possibilita ampliar as esferas de análise e reduz ao espaço bidimensional as variáveis a serem estudadas.

Segundo Moura e Lopes *et al.* (2006) os métodos estatísticos multivariados consideram as amostras e as variáveis em seu conjunto, permitindo extrair informações complementares que a análise univariada não consegue evidenciar. Ainda segundo esses autores, um dos objetivos da utilização da análise multivariada é reduzir a representação dimensional dos dados, organizando-os em

uma estrutura que facilita a visualização de todo o conjunto de dados. As duas técnicas de análise multivariada mais conhecidas são a Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA) e Análise de Componentes Principais (ACP), sendo este último o instrumento que foi utilizada. A ACP é uma técnica de análise multivariada baseada nas combinações lineares das variáveis originais. O novo conjunto de variáveis, denominadas componentes principais, são ortogonais entre si e, portanto, não correlacionadas. As primeiras componentes principais explicam a maior parte da variância total contida no conjunto de dados e podem ser usadas para representá-lo. (MOURA e LOPES *op. cit.*)

As PCs são os novos eixos que definem o conjunto de amostras mais apropriadamente. Cada variável forma um eixo no seu sistema multidimensional. Se houvesse apenas 3 variáveis, teríamos um sistema de eixos tridimensionais (tipo x, y e z). O que a técnica de ACP faz é rotacionar estes eixos de modo que eles fiquem numa posição mais apropriada para descrever e facilitar a compreensão dos dados. Isso faz com que os antigos eixos (por exemplo, os eixos x, y, z – referente às variáveis estudadas) sejam renomeados para PC 1, PC 2, PC 3, etc.

De maneira geral, a análise multivariada viabiliza avaliar um volume significativo de dados com a eficiência da visão global das concentrações associado aos critérios dos parâmetros estabelecidos para o universo de análise. Permite neste caso, visualizar simultaneamente a variabilidade e as concentrações dos elementos analisados abrangendo a totalidade detectável destes elementos nos perfis comparados aos níveis das profundidades, de forma viável, descartando as variáveis menos relevantes.

Este estudo teve como objetivo caracterizar a variação geoquímica de elementos-traço em perfis pedológicos de modo a visualizar possíveis impactos ambientais e estabelecer valores de background para solos da bacia do rio Tatuoca de modo a subsidiar estudos de geoquímica de sedimentos ativos de corrente na bacia do rio Tatuoca.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A Bacia do rio Tatuoca faz parte, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH (1998), do grupo de pequenos rios litorâneos, GL2. Para classificação da Bacia foram utilizados critérios como homogeneidade hidrológica e abrangência territorial como determinantes das Unidades de Planejamento, metodologicamente baseado no Plano Plurianual de Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste – PLIRHINE (1980).

A título de avaliação dos recursos hídricos de Pernambuco, o Estado foi dividido através do PERH (1998) em 29 Unidades de Planejamento. A Bacia GL 2 faz parte da Unidade de Planejamento 15, composta pelos rios Jaboatão e Pirapama, com seus afluentes, em sua porção nordeste representada pelo estuário do rio Tejiptió e a sudeste representada pelos rios Massangana e Tatuoca.

A sub-bacia do rio Tatuoca, possui uma área estimada de 18 Km² e está totalmente inserida no município de Ipojuca que está localizado ao sul da Região Metropolitana do Recife, na área que abrange o setor sul da faixa costeira do estado de PE, distando 52 km da capital. (Fig.1).

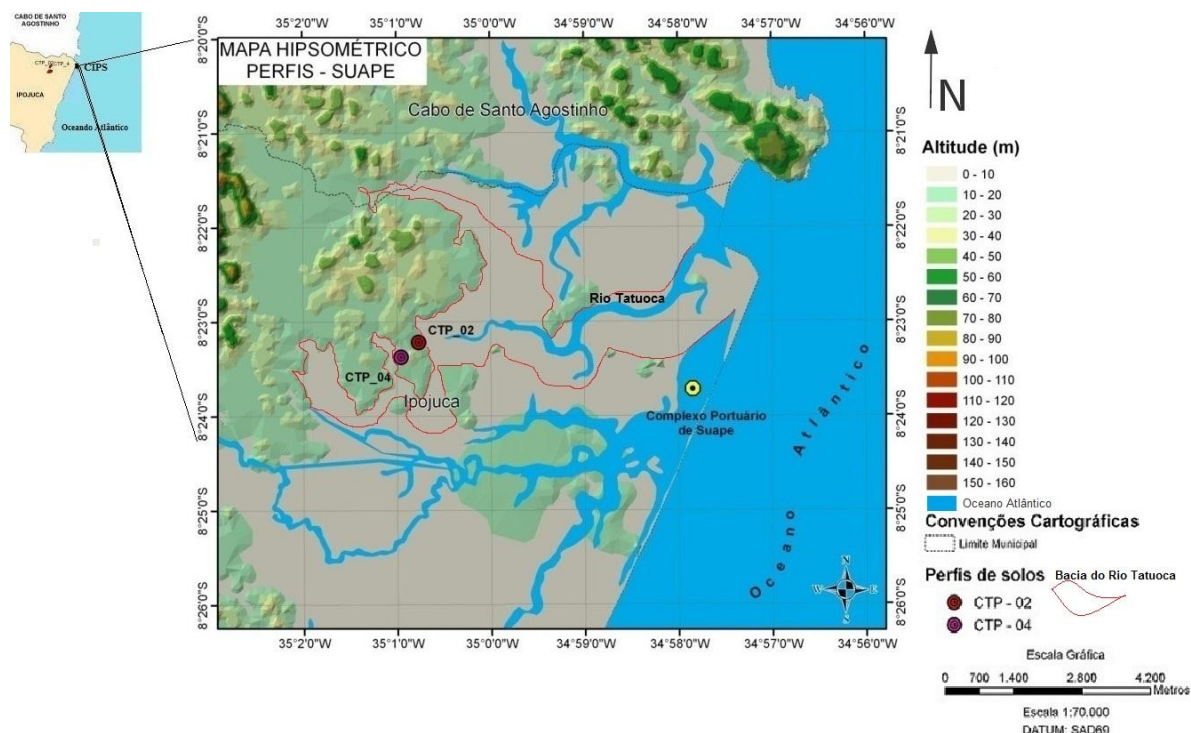


Figura 1. Localização espacial da Bacia do Rio Tatuoca.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para essa pesquisa foram coletados 2 perfis de solo testemunhados através de sondagem rotativa, denominados CTP2 e CTP4, com 17 e 6 metros de profundidade respectivamente. Ambos foram seccionados a cada 50 centímetros compondo um total de 45 amostras.

As amostras foram secadas em estufa a uma temperatura de 50°, por um período de 24 horas e, após atingirem temperatura ambiente, foram homogeneizadas com auxílio de almofariz de porcelana, higienizando com água deionizada no laboratório de preparação de amostras de Geologia Ambiental, do

Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco. Em sequência, foram retiradas 10g por amostra e enviadas ao laboratório Geosol, para a análise química, por Espectrometria de Emissão Atômica (ICP/AES), obtendo-se as concentrações dos elementos: Al, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Li, Mg, Na, Ni, Pb, Sr, V, Y, Zn e Zr.

Os resultados foram inicialmente tratados estatisticamente de forma univariada, através de gráficos das concentrações dos elementos e do Fator de Enriquecimento *versus* profundidade. O Fator de enriquecimento foi calculado a partir da equação de Gresens (1967):

$$FE = \left\{ \frac{Ci(amostra)}{Al(amostra)} \right\} / \left\{ \frac{Ci(background-amostra basal)}{Al(background-amostra basal)} \right\} \quad (Eq. 1)$$

Onde:

FE: Fator de Enriquecimento; **Ci (amostra):** Valor absoluto da amostra de interesse

Ci (background-amostra basal): Valor absoluto do elemento de interesse no nível mais basal; **Al(amostra):** Valor absoluto do Al da amostra de interesse

Al(background-amostra basal): Valor absoluto do Al no nível mais basal

Para tanto, utilizou-se como valores de *background* as concentrações dos elementos na camada mais basal, considerada menos susceptível a fatores antropogênicos. Como agente normalizador foi utilizado o Al, uma vez que Al é um metal inerte, praticamente imóvel durante o intemperismo e está principalmente associado aos argilominerais, embora faça parte em menor proporção da composição de outros aluminossilicatos. Os elementos traço, por adsorção, geralmente estão associados aos argilominerais, ao Fe (óxidos e hidróxidos) e a matéria orgânica - MO. Neste caso há boa correlação dos metais com o Al e daí a preferência de normalizar por este elemento, objetivando equalizar a influência da fração fina em relação à concentração dos metais circunstantes. Vale salientar que também seria possível normalizar com o Fe, já que também há correlação deste elemento com os demais, embora de forma menos significativa.

Os resultados foram tratados através da análise multivariada utilizando Análise de Componentes Principais (ACP), para uma melhor visualização das complexas relações entre as variáveis químicas e identificação das relações de variância entre os elementos químicos e o perfil do solo estudo. A função da ACP é reduzir dimensionalidade e

consequentemente, determinar as variáveis de maior influência na formação de cada componente nova, CP1 e CP2, que serão utilizadas para estabelecer agrupamentos com afinidade geoquímica natural (correlação) ou que estejam juntos por consequência de algum processo natural ou antrópico. (MOITA & MOITA NETO, 1998). Ainda segundo esses autores, a interpretação de um grande volume de dados é otimizada através das componentes principais onde os elementos analisados se agrupam de acordo com a proximidade do eixo da componente principal possibilitando analisar os grupamentos geoquímicos destacados nas componentes. Para o tratamento estatístico foi utilizado o software *Statistica 9.0* versão *Trial*.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas e as Figuras 2 e 3 apresentam os resultados da distribuição dos elementos-traço e Fator de Enriquecimento (FE) nos perfis 1 (CTP 2) e 2 (CPT 4) para molibdênio e chumbo, únicos elementos com variações significativas da base para o topo do perfil. Para essa pesquisa foi realizado o estudo do Fator de Enriquecimento para os elementos que apresentaram concentrações significativas (Tabela 1).

AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA DA VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES...

Tabela 1: Concentrações absolutas e fator de enriquecimento do Mo e Pb nos perfis CTP 2 e CTP 4, respectivamente.

CTP 2					CTP 4				
Níveis	Concentrações Absolutas		Fator de Enriquecimento		Níveis	Concentrações Absolutas		Fator de Enriquecimento	
	Mo	Pb	Mo	Pb		Mo	Pb	Mo	Pb
(0-0.5)	5,5	75	1,33	3,63	(0-0.5)	2,5	13	0,35	0,52
(0.5-1)	2,9	20	0,40	0,55	(0.5-1)	3,1	13	0,39	0,46
(1-1.5)	2,2	18	0,17	0,29	(1-1.5)	2	11	0,27	0,42
(1.5-2.0)	1	19	0,03	0,13	(1.5-2.0)	2	10	0,33	0,47
(2-2.5)	0,5	15	0,02	0,14	(2-2.5)	0,5	19	0,04	0,51
(2.5-3.0)	0,5	15	0,02	0,12	(2.5-3.0)	1,2	15	0,12	0,43
(3.0-3.5)	0,5	13	0,03	0,16	(3.0-3.5)	0,5	14	0,04	0,36
(3.5-4.0)	1,1	16	0,05	0,53	(3.5-4.0)	1,8	11	0,18	0,32
(4.0-4.5)	0,5	12	0,02	0,11	(4.0-4.5)	3	16	0,25	0,38
(4.5-5.0)	0,5	11	0,02	0,10	(4.5-5.0)	2,6	10	0,91	0,99
(5.0-5.5)	0,5	12	0,02	0,13	(5.0-5.5)	3	11	0,94	0,98
(5.5-6.0)	0,5	11	0,03	0,12	(5.5-6.0)	3,4	12	1,15	1,15
(6.0-6.5)	0,5	12	0,02	0,14					
(6.5-7.0)	0,5	17	0,02	0,13					
(7.0-7.5)	0,5	15	0,02	0,13					
(7.5-8.0)	0,5	16	0,02	0,27					
(8.0-8.5)	0,5	17	0,04	0,16					
(8.5-9.0)	0,5	14	0,03	0,15					
(9.5-10)	0,5	12	0,03	0,17					
(10-10.5)	0,5	13	0,03	0,14					
(10.5-11)	0,5	13	0,02	0,13					
(11-11.5)	0,5	13	0,02	0,27					
(11.5-12)	0,5	12	0,03	0,16					
(12-12.5)	0,5	10	0,02	0,15					
(12.5-13)	0,5	9,8	0,03	0,17					
(13-13.5)	0,5	10	0,02	0,14					
(13.5-14)	0,5	9,3	0,03	0,17					
(14-14.5)	0,5	11	0,03	0,12					
(14.5-15)	0,5	11	0,03	0,17					
(15-15.5)	0,5	25	0,04	0,42					
(15.5-16)	0,5	14	0,03	0,22					
(16-16.5)	0,5	17	0,03	0,42					

O FE foi calculado utilizando-se como fator de normalização a concentração do elemento de interesse na amostra mais basal de cada perfil (Fig. 2 e 3)

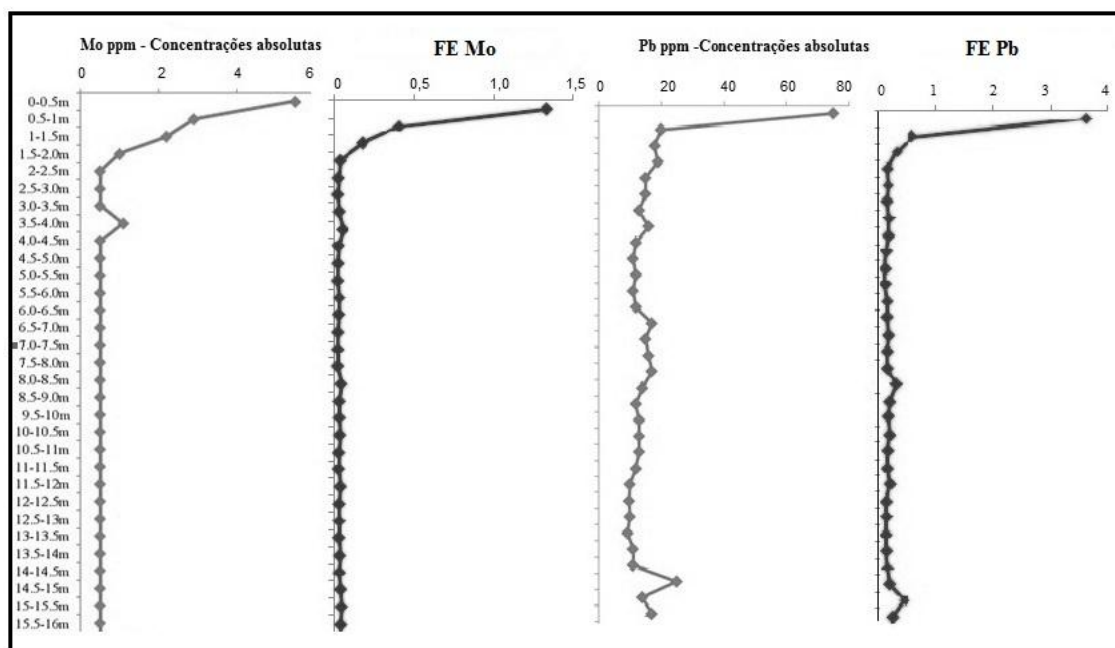


Figura 2. Concentrações em ppm de Mo e Pb e Fator de Enriquecimento do CTP 2.

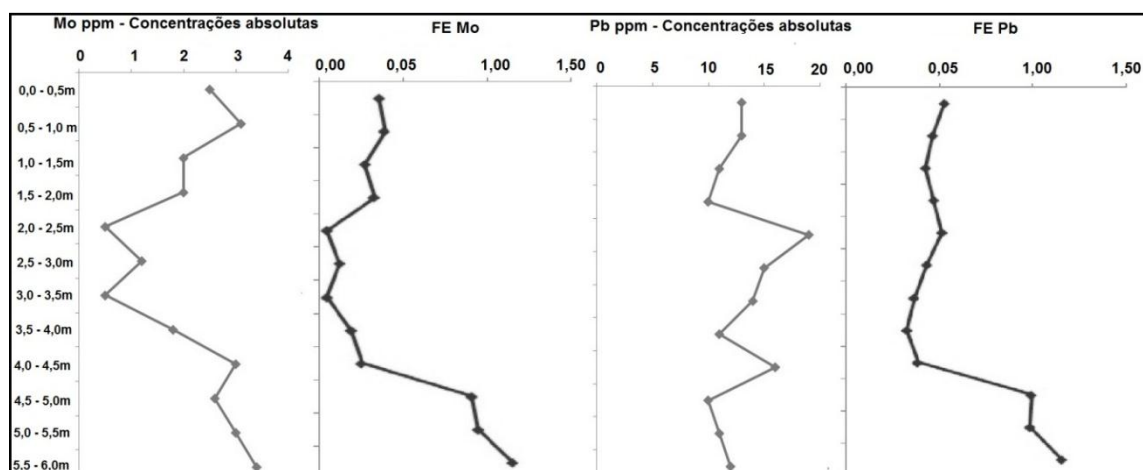


Figura 3. Concentrações de Mo e Pb (ppm) e Fator de Enriquecimento do CTP 4.

Na figura 2 (CTP 2), o Pb e Mo apresentam valores absolutos na camada mais superficial de 75 e 5,5 ppm respectivamente. Apenas o Pb apresenta FE maior que 1 na camada mais superior. No CTP 4, representado na figura 3, apesar de ambos os elementos apresentarem FE em torno de 1 apenas na base, mantêm-se com valores abaixo da unidade pelo restante do perfil até o topo. Os teores brutos das camadas mais superficiais não apresentam diferenciação significativa daqueles das seções mais inferiores.

Análise de Componentes Principais

O resultado da Análise de Componentes Principais (Fig. 4) do CTP 2, evidencia que o Mo e o Pb estão completamente separados dos demais elementos. Observa-se também que alguns elementos estão agrupados juntamente com o Al e Fe, o que indica uma associação geoquímica a argilominerais e a óxidos/hidróxidos de Fe, fato comum em solos.

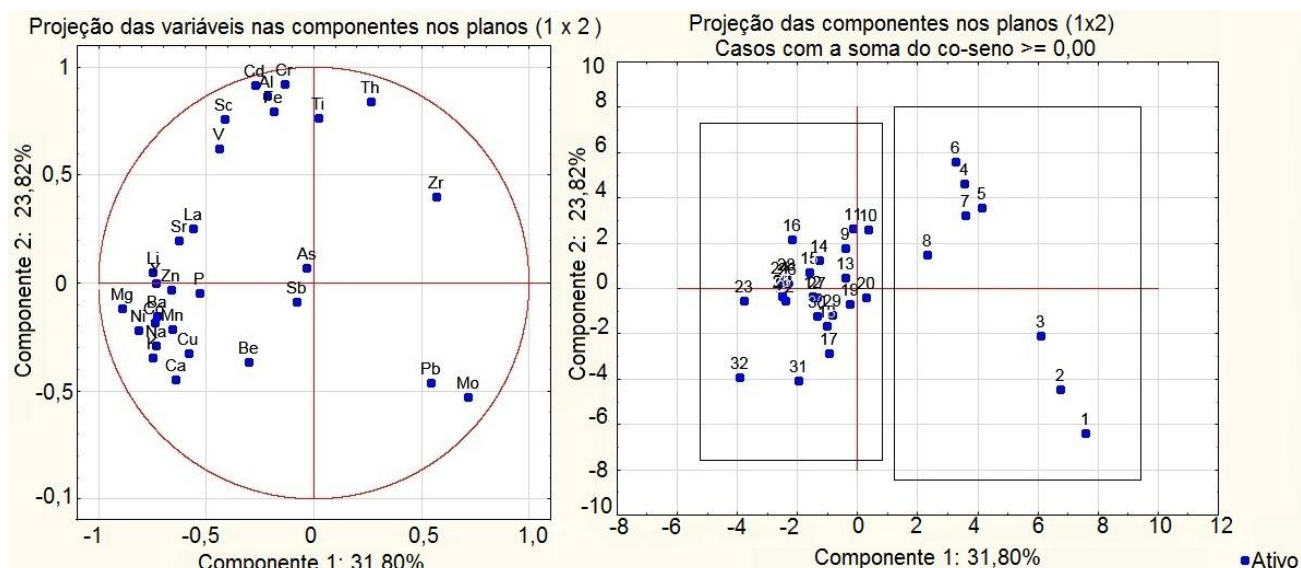


Figura 4 – Análise de Componentes Principais do perfil CTP 2

A figura 4 exibe uma significativa associação da distribuição dos elementos com a profundidade. Assim, tomando-se como referência o PC1, que guarda 31,8% da informação, os elementos quase todos situados à esquerda do Eixo Vertical, (com valores de PC1 negativos) Cd, Cr, Fe, Al, Ti, Sc, V, Sr, La, Li, Zn, P, Sb, Be, Ca, Cu, K, Na, Ni, Mn, Mg, Ba, estão relacionados à seção mediana e inferior do perfil. O Ti, Th e Zr, apesar de situados à direita do Eixo Vertical (com valores de PC1 positivos) e na seção superior, se relacionam mais especificamente aos intervalos relativos aos pontos 4, 5, 6, 7 e 8. Já o Mo e Pb, correlacionam-se com maior intensidade aos pontos mais superiores do perfil, correspondente aos níveis 1, 2, e 3.

Desta forma, o Mo e o Pb, com os maior destacados teores no perfil, não se afiguram estar geoquimicamente relacionados aos elementos com maior capacidade sortiva como o Fe e Al, porém fixados por um outro agente adsorvente situado notadamente no topo do perfil e não evidenciado nas análises efetuadas. Também é relevante a

constatação que tais elementos se destacam tão somente no horizonte mais superficial, e apresentam-se substancialmente com teores depletados em toda a extensão do perfil.

A interpretação do comportamento do Mo e Pb através da ACP permite observar em quais profundidades estes elementos possuem maior significância, de acordo com a sua proximidade com o eixo da componente principal.

Quanto ao CTP 4 (Fig. 5), tomando-se como referencial o eixo vertical PC1, que guarda 37,67 % da informação, observa-se a existência de dois grupos, um à direita do Eixo Vertical, (com valores de PC1 positivos) e outro à esquerda (com valores negativos do PC1). O primeiro é constituído por dois subgrupos, um formado pelo ponto 1, e o segundo pelos pontos 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, todos situados na seção mediana a superior do perfil. O segundo grupo, também é formado por dois subgrupos, destacando-se o ponto 12, situado na extremidade esquerda, com valor mais negativo, e o segundo, pelos pontos 9, 10, e 11, todos da seção inferior.

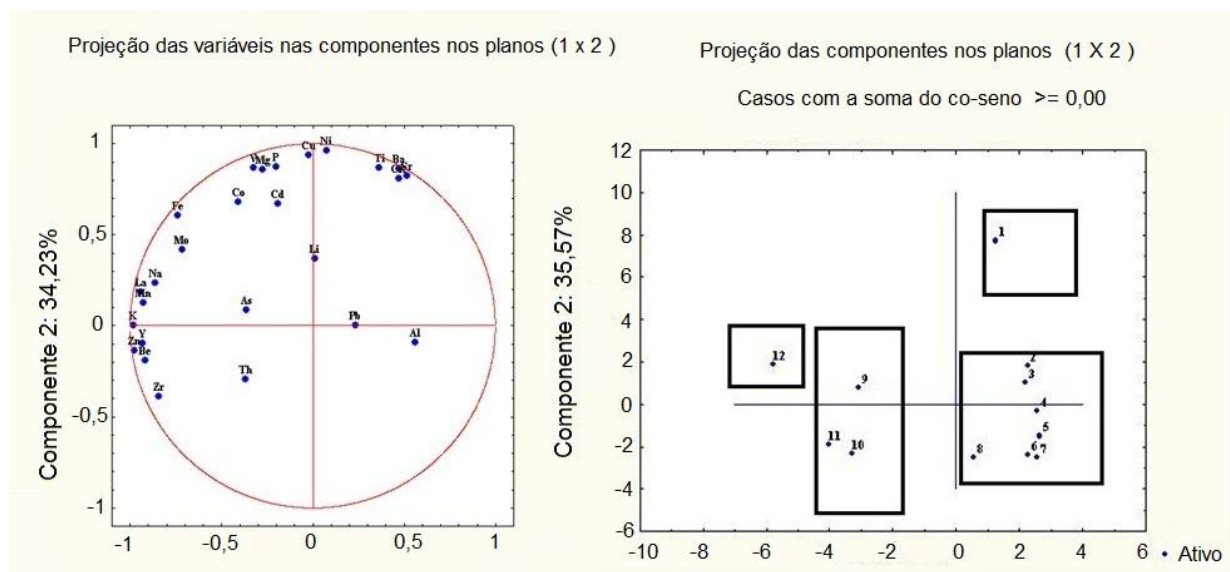


Figura 5: Análise de Componentes Principais com scores do CTP 4.

Do grupo situado à direita do PC1, relacionam-se os elementos Ni, Ba, Ti, Cr, Ca e Sr, notadamente incluído no subgrupo 1, que situa-se na seção mais superficial do perfil. Ao outro subgrupo da direita do Eixo Vertical, incluem-se os elementos Li, Pb e Al, situados predominantemente na seção mediana, representados pelos pontos 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Com relação ao grupo situado à esquerda do Eixo Vertical, destacam-se os demais elementos, onde o Fe, Mo, Na, La, Mn, K, La, Zn, Be, Zr, Y estão mais fortemente representados na parte mais inferior, próximo ao substrato, representado pelo ponto 12. Ainda na seção inferior, correspondente aos pontos 9, 10 e 11, relacionam-se os elementos Mg, P, Co, As, Th, Cu, Cd, e V.

Assim, o Pb apresenta-se mais correlacionado ao Al, na seção mediana a superior, o que pode representar uma maior adsorção pelos argilominerais, enquanto o Mo e demais elementos

associados, detém maior afinidade com o Fe, o que indica um maior relacionamento com óxidos/hidróxidos de Fe na seção mais inferior. Como o Mo apresenta concentrações mais significativas nos níveis mais basais, há certamente um mais forte relacionamento com o material parental.

A figura 6 é uma representação gráfica da distribuição dos elementos ao longo do perfil CTP 2 estudado apresentada na ACP da Figura 04, destacando-se a importância dos mesmos nos diversos níveis de profundidade. Observa-se que nas 3 (três) amostras mais superficiais o Mo e Pb são os únicos elementos com significativa influência nas mesmas. O mesmo comportamento é mostrado na análise univariada (Fig. 2). Ainda nessa figura observa-se que quanto maior a profundidade maior o número de elementos químicos com expressiva significância sugerindo uma maior influência geoquímica da rocha parental

AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA DA VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES...

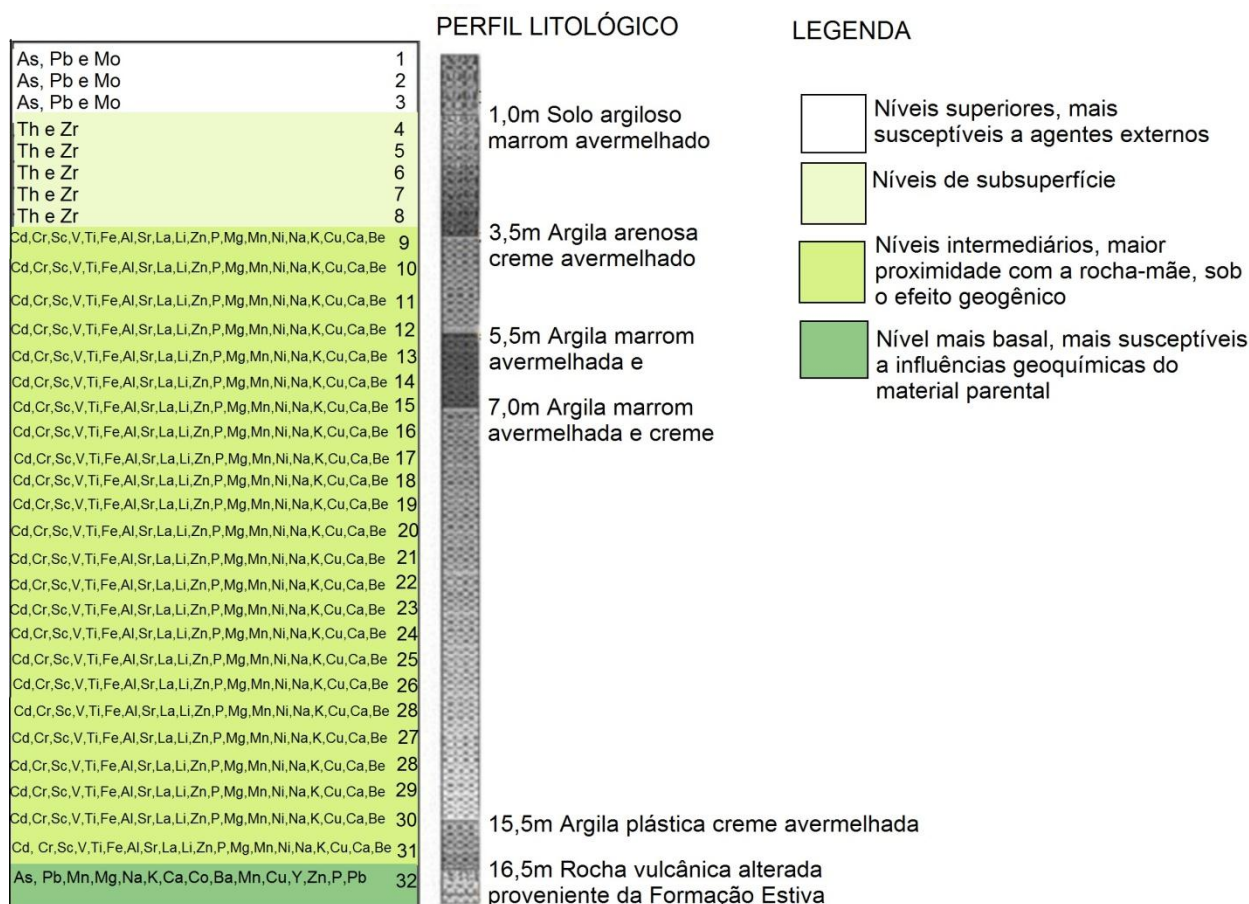


Figura 6: Grupos dos elementos relacionados aos níveis de profundidade do perfil, segundo a ACP, no CTP 2.

A representação gráfica do perfil de solo CTP 4 com os resultados obtidos pela análise de ACP mostra que o perfil está dividido geoquimicamente em 4 (quatro níveis) em função da profundidade (Figura 07). A camada mais superficial mostra uma maior influência de Cr, Ni, Ti, Ba e Sr. A maior parte do perfil (de 0,5 a 4,5m) apresenta uma forte influência do Al e do Pb. A forte influência do Al é resultado da presença do solo mais rico

em argila. No intervalo de profundidade 4,5-5,5m temos o Th e o Zr, provavelmente como resultado da influência de algum mineral rico nestes elementos e mais resistentes ao intemperismo. A camada mais basal apresenta um maior número de elementos químicos com significância estatística, indicando, como no primeiro caso (perfil CTP 2), uma maior influência da rocha mãe

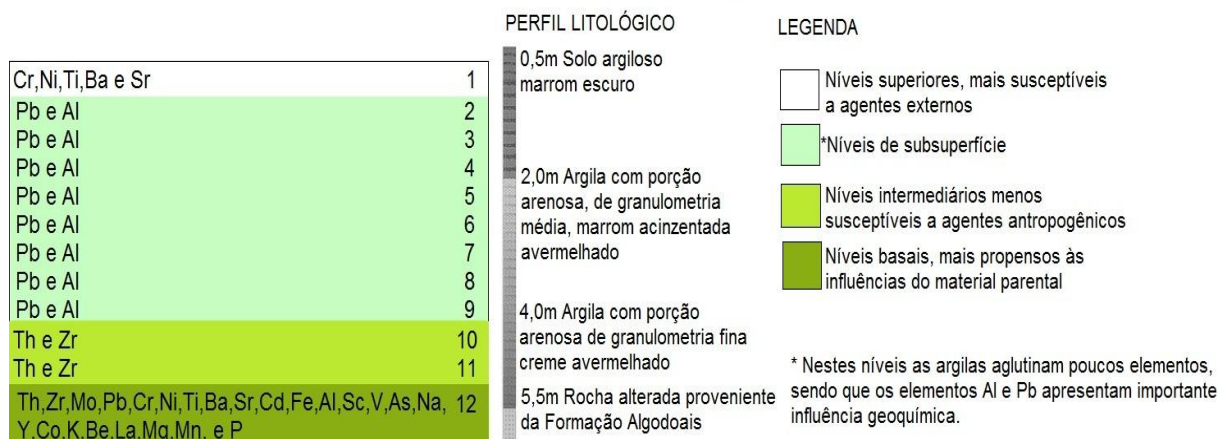


Figura 7: Comparação das associações dos elementos com as seções do perfil pedológico

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisar linearmente o comportamento das concentrações dos elementos, foi possível observar que nas camadas mais basais do perfil CTP 2, os elementos Mo e Pb apresentaram concentrações mais significativas, tendo comportamento similar nas camadas mais superiores. Na ACP, o Mo e Pb, nos níveis 0,5m a 1m, 1,0m a 2,0m, 2,0m a 2,5m, apresentam uma maior correlação em relação aos demais elementos comprovando o observado nos perfis lineares.

De acordo com Ragland (1989) alguns elementos-traço formam um grupo de elementos com particularidades relevantes e de ocorrência natural no ambiente, como elementos acessórios na constituição de rochas. Esses elementos, apesar de associados à toxicidade, exigem tratamento diferenciado em relação aos xenobióticos, uma vez que diversos metais possuem essencialidade (Fe, Mn, Ni, Cu e Zn) e benefício (Co) comprovado para plantas. No caso dos perfis em questão, o Mo e o Pb se concentraram nos horizontes mais superficiais do solo, o que é provável estar relacionado à adsorção de matéria orgânica. Por estarem ambos mais fortemente fixados

na parte superior, é sugestivo que tal incremento tenha sido de cima para baixo, ou seja, resultante de atividades antropogênicas externas, tais como o uso de combustíveis fósseis e agricultura.

Os valores da CETESB (2005) apresentam para o Pb, teor de referência de qualidade de 17 ppm e de prevenção 72 ppm. Quanto ao Mo o teor de referência de qualidade é < 4 ppm e de prevenção 30 ppm. No perfil CTP 2 o Pb e o Mo atingiram teores máximos de 77 ppm, e 5,5 ppm, respectivamente, por outro lado, no perfil CTP 4 estes elementos atingiram teores máximos de 19 e 3,4 ppm, respectivamente. Salienta-se a particularidade de que no primeiro perfil, os teores máximos se concentraram nas camadas mais superiores e no segundo, nas camadas mais basais.

As concentrações importantes nas camadas mais superficiais do Pb e Mo estão provavelmente relacionadas ao cultivo da cana-de-açúcar, pois a esta cultura estão associados à supressão vegetal, o uso de herbicidas, a queimada de cana, além da predisposição de lixiviação de alguns componentes do solo, somando-se o aumento das concentrações destes elementos através da inserção de

compostos agrícolas e fertilizantes e o uso de equipamentos movidos a combustíveis fósseis.

Diante disso, é sugestivo admitir que eventos antropogênicos influenciaram nos teores superficiais mais significativos de Pb e Mo no CTP 2 enquanto que esses elementos no perfil CTP 4 não apresentaram concentrações que possam denotar anomalias de ordem antropogênica. Diante dos resultados analisados pode-se concluir que o local de coleta das amostras, em 2007, estava amplamente influenciado pela atividade agrícola, o que, além das dinâmicas ambientais locais como precipitação, concentração da matéria orgânica e as características inerentes às rochas vulcânicas, pode ter ocasionado até o momento destas coletas, o aumento significativo nos horizontes mais superficiais dos perfis estudados.

O Pb, apresentou valor de Fator de Enriquecimento de 3,6 o que, de acordo com classificação de Birch (2003) *apud* Lima (2008), constitui um enriquecimento moderado, enquanto o Mo com FE = 1,3, segundo essa classificação, não apresenta enriquecimento.

Assim, mesmo que não tenham apresentando altos valores no Fator de Enriquecimento, esses elementos se concentraram de forma distinta nos horizontes mais superficiais desse perfil. No entanto, ainda não há estudos na Bacia do Rio Tatuoca, registrando valores elevados para este elemento, o que sugere ser um caso provavelmente pontual.

Buscando sempre uma melhor visualização do comportamento geoquímico é preciso que em outros trabalhos posteriores, assim como foi o de Licht (2005) no Paraná, sejam adicionados a estas análises, dentro de um mapeamento geoquímico de comporte um maior detalhe.

REFERÊNCIAS

- Alloway, B.J., *Heavy metals in soils*. Blackie academic & professional, 2ª edição, 1979.
- Biondi, C.M. *Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do Estado de Pernambuco*. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Dissertação de mestrado, 2010.
- Brady, N. C. *Natureza e Propriedade dos Solos*. Nyle C. Brady “The nature and properties”. Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Fº. 7ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989.
- CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005.
- Chagas, A.C.O. *Níveis de metais pesados e hidrocarbonetos em sedimentos do Complexo Industrial Portuário de SUAPE-PE –Brasil*. Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de mestrado, 2003.
- CPRH – Agência estadual de meio ambiente. *Diagnóstico socioambiental do estado de Pernambuco*. Secretaria de ciência e tecnologia e meio ambiente. Governo do Estado de Pernambuco, 2001.
- Cunha, F.F. & Nascimento, C.W.A. *Metais pesados em solos de Pernambuco: Valores orientadores de referência, teores disponíveis e formas dos metais no solo*. Universidade Federal Rural de Pernambuco- X Jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX, 2010.
- Gresens, R.L. 1967. *Composition-volume relations of metassomatism*. Chem. Geol., 2(1):47-65.
- Guilherme, L.R. G. & Marchi, G. *Elementos-traço*. Portal DBO de ISSN 1980-8208

- agroecologia. DBO Editores associados, 2010. Disponível em: www.portaldbo.com.br/dboagroecologia.
- Licht, O.A.B. *A Geoquímica Multielementar na Gestão Ambiental. Identificação e Caracterização de Províncias Geoquímicas Naturais, Alterações Antrópicas da Paisagem, Áreas Favoráveis à Propescção Mineral e Regiões de Risco para a Saúde no Estado do Paraná*. Universidade Federal do Paraná. Tese de Doutorado, 2001.
- Lima, E.A. M, *Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Prognóstico Geoquímico Ambiental da Zona Estuarina do Rio Botafogo, Pernambuco*. Tese de Doutorado, 2008.
- Malavolta, E. *Micronutrientes e metais pesados*. 21ª edição – São Paulo: DBO – Agrotecnologia. Editores associados Ltda. Revista eletrônica, 2009. Acessado em maio de 2010. Disponível em: <http://www.portaldbo.com.br/revistaagro/Default.aspx>
- Mason, B. *Princípios de Geoquímica*. São Paulo: Editora Polígono S.A., 1971.
- Moita Neto, J.M, & Moita, G.M. *Uma análise exploratória de dados multivariados*. QUÍMICA NOVA, 21(4), 1998.
- Monquero P.A. *et.al*, Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 25, n. 3, p. 613-619, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=0100-8358&script=sci_serial
- Moraes A.S. *Geoestatística aplicada à geoquímica ambiental no estudo da Qualidade dos sedimentos do rio Tatuoca, Complexo Industrial Portuário de Suape*. Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de mestrado, 2009.
- Pérez, D.V. *Geoquímica de alguns solos brasileiros*. Nº 4, outubro 1997, p.1-14. Disponível em: www.cnps.emprapa.br.
- Rocha, J. C., Rosa, A.H & Cardoso, A. A., *Introdução à Química Ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- Rodrigues, P.C. & Branco, J.A. *Análise de Componentes Principais sobre Dados Dependentes*, 2006.
- Rose, A.W.; Hawkes, H.E.; Webb, J.S. *Geochemistry in mineral exploration*. 2ª Ed. New York: Academic Press, 1979, disponível em: <http://books.google.com/books>
- SECTMA- Secretaria de Ciência e Tecnologia. *Plano Estadual de Recursos Hídricos*. Recife, 1998.
- SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. *PLIRHINE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste*. Recife, 1980.
- Teódulo, M.J.R. *Avaliação das concentrações de metais pesados em solos do complexo industrial e portuário de Suape (CIPS) e sedimentos de correntes dos rios Massangana, Tatuoca e Ipojuca*. Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de mestrado, 2003.
- Moura & Lopes et al., *Estudo Multivariado de Solos Urbanos na Cidade de Teresina*. Química Nova. Vol. 29, Nº 3, 429-435, 2006.
- Ragland, P. C., *Basic Analytical Petrology*. Professor of Geology the Florida State University. New York. Oxford. Oxford University Press, 1989. ISBN 0-19-504535-1 369 páginas.