

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO PARCIAL DE METAIS TRAÇO EM SOLOS E SEDIMENTOS DE UM ESTUÁRIO TROPICAL SOB A INFLUÊNCIA DE UM COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO, PERNAMBUCO BRASIL.

Marcos José Ramalho Teódulo¹

Edmilson Santos de Lima²

Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann²

Paulo Roberto Bastos Leite³

Maria de Lourdes Florêncio dos Santos⁴.

1 Pós-graduação em Geociências-UFPE

2 Depto. de Geologia-UFPE

3 Consultor em Geologia

4 Depto. de Eng. Civil-UFPE

RESUMO O objetivo do presente trabalho é comparar três procedimentos de extração parcial (MgCl_2 , 0.1N HCl and HNO_3/HCl) de metais traço (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd e Pb) e estabelecer o nível atual de concentração dos mesmos em solos e sedimentos do Complexo Industrial Portuário de Suape, Pernambuco (Brasil). Os resultados obtidos, com os métodos de extração parcial, foram comparados aqueles determinados por um procedimento de digestão total do solo/sedimento ($\text{HF}+\text{HClO}_4$). Como esperado a extração com água régia (HNO_3/HCl) foi o procedimento de extração parcial com maior recuperação para a maioria dos metais analisados. Em alguns casos a recuperação dos metais traço usando água régia foi superior a 80% do total obtido usando-se o método de digestão total.

Com base nos resultados encontrados através dos procedimentos de extração parcial, verifica-se que a contribuição antropogênica, no estágio atual de industrialização do Complexo Industrial Portuário de Suape, ainda é pequena. Comparando-se os dados obtidos com os valores orientadores para água e solos no Estado de São Paulo, verifica-se que somente as concentrações resultante do procedimento de lixiviação com a solução de água-régia são significantes. Entretanto, estas concentrações ainda não podem ser tomadas quantitativamente como parâmetro balizador das concentrações reais dos solos e sedimentos do CIPS, uma vez que os resultados obtidos são apenas relativos entre si. Assim, estes resultados, servem apenas como um parâmetro inicial para futuras investigações na área do Complexo Industrial Portuário de Suape.

Palavras-chave: metais pesados, extração parcial, Suape

ABSTRACT A COMPARATIVE STUDY OF THREE TRACE METALS LEACHING PROCEDURES IN SOILS AND SEDIMENTS FROM A TROPICAL ESTUARY UNDER THE INFLUENCE OF A INDUSTRIAL HARBOR COMPLEX, PERNAMBUCO (BRAZIL). The purpose of this study is to compare three trace metal leaching procedures (MgCl_2 , 0.1N HCl

and HNO_3/HCl) and establish the distribution of Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd and Pb in soils and sediments of the Suape Industrial and Harbor Complex, Pernambuco (Brazil). The results obtained by the three processes of leaching were compared to those obtained for soil and sediment total digestion ($\text{HF}+\text{HClO}_4$). As expected, *agua regia* (HNO_3/HCl) was the most effective leaching method for the majority of trace metals. In some samples the recovery of trace metals using *agua regia* leaching was higher than 80% when compared to total digestion.

Based on the data obtained by the leaching procedures it is inferred that the anthropogenic contribution to the heavy metal concentration in soils and sediments in the Suape Industrial and Harbor Complex indicates that, so far, is very small. Comparing the results obtained with reference data from soils in São Paulo State, we conclude that the elevated values are obtained by *agua regia* leaching. However, these concentrations could not be considered quantitatively as a reference value for soils and sediments in the CIPS since they are only an initial parameter for future investigations in the Suape Industrial and Harbor Complexes.

Key-words: heavy metals, partial extraction, *Suape*

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas vários procedimentos de extração parcial de metais das matrizes sedimentares foram desenvolvidos com o objetivo de estabelecer as associações dos elementos traço com fases específicas (Tessier *et al.* 1979, Chen 1992, Li *et al.* 1994, Usero *et al.* 1998, entre outros). A capacidade de simular as diferentes condições ambientais (ácido, alcalino, oxidante ou redutor) em contato com a fase sólida em solos e sedimentos faz dos métodos de extração sequencial ou seletiva uma ferramenta muito útil na caracterização do comportamento químico (mobilidade, solubilidade, biodisponibilidade e toxicidade) dos elementos traço no meio ambiente. Por outro lado, a comparação das concentrações dos metais obtidas por diferentes métodos de extração parcial permite estimar qual o procedimento mais adequado à análise de determinado metal em cada ambiente.

A instalação de indústrias produtoras de derivados de álcool e petróleo, entre outras, e o armazenamento de produtos potencialmente poluentes, com capacida-

des conservativas, inspira cuidados quanto aos danos que estas atividades podem causar ao meio ambiente. A implantação do Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) na área estuarina dos Rios Massangana, Tatuoca e Ipojuca, já provocou alterações permanentes no meio ambiente (Neumann-Leitão 1994), e a atividade industrial-portuária poderá comprometer a qualidade e sustentabilidade dos ecossistemas (aquáticos e terrestres) em função do potencial de emissão de poluentes tóxicos e acumulativos.

Por essa razão, no contexto do desenvolvimento sustentado e manejo seguro, é necessária a implantação de um plano de gestão e monitoramento dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Para que o plano de monitoramento seja eficiente deve-se estabelecer urgentemente a concentração dos possíveis poluentes no estágio atual de industrialização uma vez que estudos dessa natureza, prévios à instalação do CIPS, não foram realizados.

Deste modo, três procedimentos de extração parcial (1 M de MgCl_2 ; 0.1N HCl;

HNO₃/HCl) e um de digestão total (HF/HClO₄) foram empregados, no presente estudo, com o objetivo de identificar a melhor metodologia de extração parcial e estabelecer a concentração atual de alguns metais traço (Ag, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Ti, V, and Zn) nos solos do Complexo Industrial Portuário de Suape e nos sedimentos de corrente dos Rios Massangana, Tatuoca e Ipojuca. Os resultados dos procedimentos de extração parcial foram comparados com os resultados obtidos com o método de digestão total e poderão servir de parâmetro dentro de um plano de gestão e monitoramento ambiental do CIPS.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E GEOLÓGICAS DA ÁREA

O Complexo Industrial Portuário de Suape está localizado na faixa costeira do Estado de Pernambuco, a 40km ao sul da cidade do Recife. Possui uma área total de 13.600ha. Limita-se a leste com o Oceano Atlântico, a oeste em sua quase totalidade com rochas do embasamento cristalino, e a norte e sul, pelos estuários dos rios Pirapama/Jaboatão e Ipojuca respectivamente (Fig. 1).

Clima O clima da região situa-se na faixa intertropical, com predomínio das massas de ar equatoriais e tropicais carregadas de umidade. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo As' quente e úmido com chuvas de outono-inverno distribuídos de março à agosto.

A amplitude térmica anual da área é inferior a 5° C devido à ação das massas oceânicas exercida no litoral. A umidade relativa do ar é elevada apresentando média anual superior a 80%. O período mais seco ocorre entre os meses de novembro e janeiro, enquanto o trimestre mais úmi-

do corresponde aos meses de abril, maio e junho.

A temperatura média anual é de 24,7°C, com máxima média de 28,6°C e mínima média de 21,4°C. As temperaturas mais baixas ocorrem entre junho e setembro, enquanto as mais altas são registradas nos meses de dezembro a fevereiro (www.inmet.gov.br). A área do CIPS é caracterizada por um regime de chuva intenso, com pluviosidade anual oscilando entre 1.850mm e 2.364mm.

Geologia A área do CIPS está situada na Bacia Vulcano-sedimentar Cabo (Lima Filho 1998), que é constituída por uma seqüência vulcano-sedimentar cretácica (Formações Cabo, Estiva, Suíte Ipojuca), associada a sedimentos plio-pleistocênicos da Formação Barreiras e a depósitos quaternários, enquanto o embasamento é constituído por rochas graníticas e migmatíticas de idade pré-cambriana, que afloram na porção oeste da área.

A seqüência vulcano-sedimentar da Formação Cabo apresenta conglomerados e arenitos arcoseanos, intercalados por siltitos finamente estratificados e micáceos. A sua distribuição restringe-se à porção NW da área, principalmente ao longo das margens do Rio Massangana, e uma pequena ocorrência na parte central, na margem esquerda do rio.

A Formação Estiva aflora exclusivamente em uma pequena área à NW da atual Ilha de Cocaia e apresenta-se como calcário dolomítico, maciço, de coloração cinza clara a esverdeada, contendo intercalações argilosas e fossilíferas.

Rochas vulcânicas (basaltos, andesitos, traquitos, riolitos, tufos e brechas), além do granito do Cabo de Santo Agostinho constituem a Suíte Ipojuca. Estas rochas apresentam formas variadas, podendo ocor-

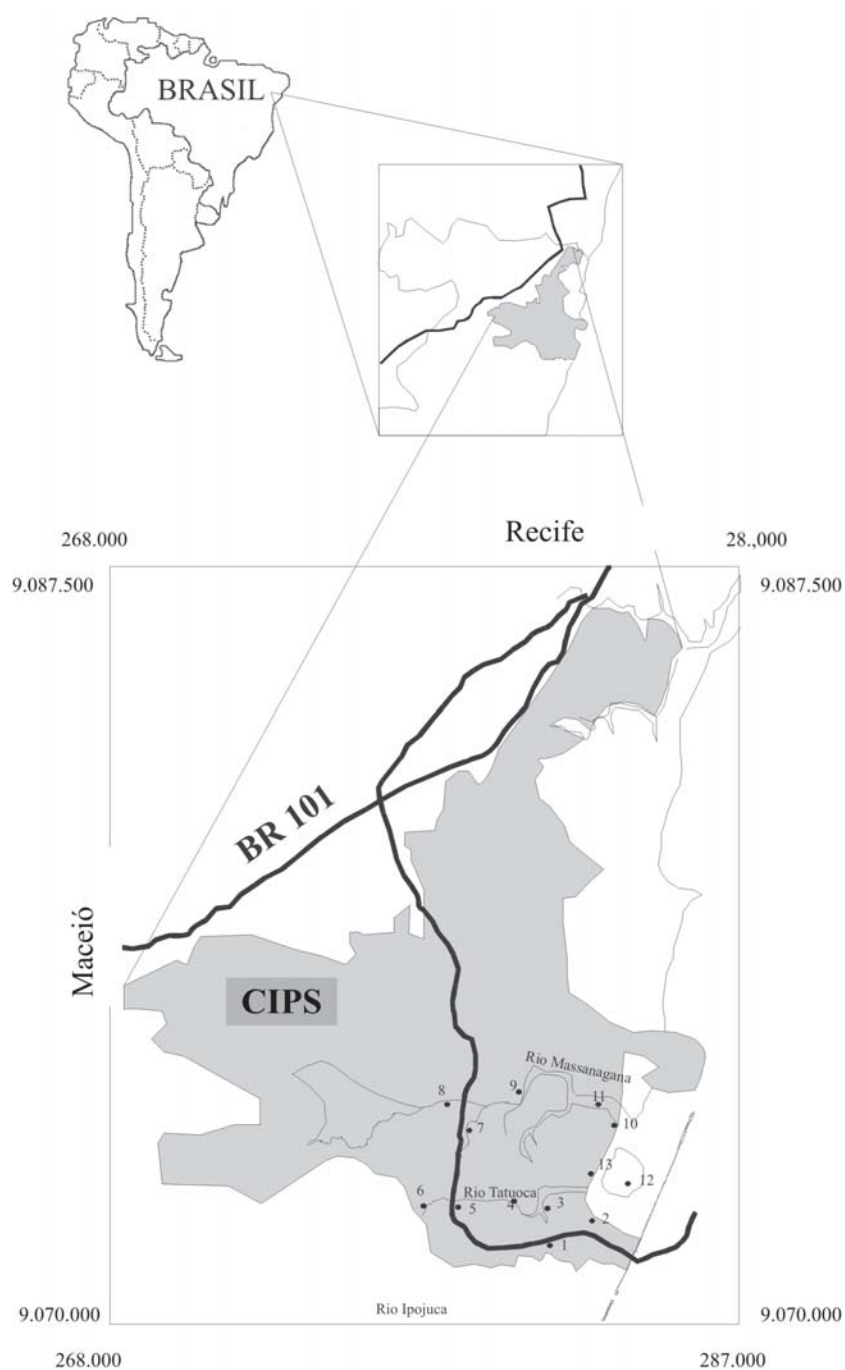


Figura 1. Mapa de localização do Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) com indicação dos locais de coleta das amostras

rer como derrames, diques, chaminés, intrusões subvulcânicas (sill e lacólitos), plugs e stocks (Borba 1975).

Os sedimentos da Formação Barreiras ocorrem em área restrita localizada na porção sul da área do Cabo de Santo Agostinho. Constituem sedimentos argilosos a arenosos (areia grossa) de coloração variada.

Os sedimentos quaternários são representados na área, pelos sedimentos dos terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, recifes, depósitos fluviais e de mangues e areias de praia.

Os Terraços Marinhos Pleistocênicos são constituídos por areia média, quartzosas, inconsolidadas com grãos subangulosos, e moderada seleção e em superfície apresentam coloração branca. Na sua parte basal, tais depósitos podem exibir coloração marrom ou preta e uma certa coesão, aspectos atribuídos à presença de ácidos húmicos e óxido de ferro resultantes de processos pedogenéticos atuantes formando um horizonte B espódico.

Os Terraços Marinhos Holocênicos apresentam-se sob a forma de corpos alongados, mais ou menos contínuos, paralelos à linha de costa, com largura média de 500 metros. Os sedimentos que constituem esta feição são classificados como areia média à grossa, moderadamente a bem selecionadas.

Depósitos Fluviais são representados por sedimentos areno-argilosos, de granulometria variada, e variada forma de seus grãos, que têm como principal componente o quartzo. Ocorre a oeste da área, em depósitos ao longo dos principais vales. Atualmente tais depósitos encontram-se sob franca ação de processos pedogenéticos, além de sofrerem uma forte intervenção antrópica.

Os Depósitos de Mangues estão geralmente limitados às partes inferiores dos

estuários e ocupam a maior parte da superfície da planície costeira. Servem de obstáculo à força das marés e ao fluxo de água doce, favorecendo a sedimentação de grandes quantidades de silte, argila e matéria orgânica, que vão formar as planícies de marés tão características desse ambiente.

Geomorfologia A área do CIPS compreende rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, que conferem a formas de relevo que podem ser divididas basicamente em: Modelado Cristalino, Domínio Colinoso, Rampas de Colúvio e Planície Costeira. A descrição da compartimentação geomorfológica da área do CIPS está detalhada em Neumann (1991).

Solos Pires Advogados & Consultores (2000) apresentam uma síntese dos aspectos pedológicos e geotécnicos para o Complexo Industrial Portuário de Suape, baseada no Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (EMBRAPA 1999) e em Guerra (1998). Segundo estes autores na área do CIPS são encontrados Latossolos Amarelos, Podzólicos Amarelos, Podzólicos Vermelho-Amarelos, Terra Roxa, Gleissolos, Podzol, Solos de mangue, areias quartzosas e areias quartzosas marinhas.

O uso e ocupação relacionados ao solo em áreas industriais levam em consideração, ainda, as áreas nas quais ocorrem limitações pela presença de drenagem, além das áreas de proteção de mananciais e ecossistemas frágeis que incluem mangues e as restingas. A capacidade dos solos de retenção de metais depende em parte destas características.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos

foram realizados três procedimentos de lixiviação parcial e um de digestão total nas amostras coletadas.

O primeiro método de lixiviação parcial utilizado foi o método descrito por Tessier *et al.* (1979), que, segundo os autores, efetua a extração dos metais biodisponíveis ou facilmente trocáveis. Este método consiste na extração dos metais presentes em 1g da amostra, extraídos com 8ml de uma solução de cloreto de magnésio ($MgCl_2$) a 1M, colocados por 1h no agitador magnético à temperatura ambiente, com pH neutralizado com uma solução 0.1N de NaOH.

Após o procedimento, a solução é filtrada para um balão volumétrico de 25ml, utilizando filtro do tipo Whatman (número 42), e o volume é aferido com uma solução de HNO_3 5% (v/v). As amostras foram armazenadas em um refrigerador a 4°C até a leitura por ICP/AES.

O segundo método de lixiviação parcial utilizado foi proposto pelo Serviço Geológico Chinês descrito por Chen (1992). A extração é realizada através do ataque de 10g de amostra com uma solução de 0,1N HCl. Este método também extrai os elementos traço biodisponíveis ou facilmente trocáveis.

A lixiviação através de solução de água régia é um método que efetua um ataque mais efetivo na amostra extraíndo uma quantidade superior dos elementos traço que os métodos precedentes. O procedimento consiste em submeter 1g de amostra a uma solução de água régia (3:1 HCl: HNO_3) por 60 minutos.

Com o objetivo de verificar a capacidade de extração parcial dos procedimentos anteriores foi realizada a digestão total das amostras usando o método de ataque com HF e $HClO_4$. O procedimento consiste em submeter 1g da amostra a uma solução concentrada com 2ml de $HClO_4$ e 10ml de HF.

TRABALHO DE CAMPO E COLETA DAS AMOSTRAS

Treze amostras foram coletadas em maio de 2002 seguindo-se a sistemática regular em pontos susceptíveis a contaminação (Fig. 2).

Solo superficial (0-20 cm) do CIPS foi coletado com um trado de aço com um diâmetro de 12 cm. O material da parte central do testemunho foi coletado e estocado em sacos plásticos com o objetivo de evitar ou pelo menos minimizar a contaminação durante o procedimento de coleta.

Os sedimentos de corrente foram coletados com um recipiente de polietileno e estocados em sacos plásticos. Após a coleta as amostras foram transportadas para o laboratório e armazenadas.

TRATAMENTO DAS AMOSTRAS E EXTRAÇÕES DOS METAIS

As amostras de solos e sedimentos foram secas em estufa a 60°C, desagregadas e separadas as porções de seixos e restos de vegetais. Em seguida as amostras foram peneiradas para a separação das diversas frações granulométricas. A fração <0,053mm foi utilizada para o tratamento químico de extração parcial. Todas as soluções foram preparadas com água deionizada ultrapura, com resistividade de 18,2M Ω . A vidraria utilizada na preparação das soluções, tratamento e armazenamento das amostras foi desconaminada, em uma solução de HNO_3 a 10% (v/v), por 24hs e em seguida secada a 105°C em estufa. Os ácidos utilizados foram de pureza analítica da marca Merkâ ou similar.

ANÁLISE QUÍMICAS POR ICP/AES

Após a extração dos elementos traço as amostras foram submetidas a aná-

lises químicas utilizando-se a técnica de espectrometria de emissão óptica (ICP/AES). Um espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado, da marca Thermo Jarrel Ash, modelo IRIS/AP com detector do estado sólido, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, foi utilizado no presente estudo. Inicialmente foi feita uma varredura incluindo o maior número de metais possíveis. Em uma segunda etapa, foram analisados apenas os elementos que forneceram resultados acima do limite de quantificação. Para o cálculo das concentrações dos metais traços nas amostras de solos e sedimentos do CIPS foram utilizados procedimentos padrão para análises químicas utilizando-se a técnica de ICP/AES.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas realizadas nas amostras do CIPS. Os dados estão apresentados de forma a permitir uma comparação direta dos resultados para cada metal segundo os quatro procedimentos utilizados. A figura 2 mostra o percentual de extração de cada um dos métodos de extração parcial comparado ao total da amostra, obtido através do método de extração total (HF/HClO₄). A extração parcial mais eficiente do ponto de vista de recuperação total dos metais extraídos foi a extração com água régia. Por outro lado, apenas os elementos Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Ti V e Zn puderam ser quantificados. Os resultados ora apresentados são apenas relativos entre si e mostram a eficiência relativa de cada um deles em função de uma dissolução completa usando-se HF e HClO₄.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A quantidade de metais disponíveis nos solos e sedimentos estão reguladas, em parte, pelas trocas iônicas. Diversos pesquisadores admitem que a troca catiônica e a formação de quelatos com a matéria orgânica são os principais processos que facilitam a disponibilidade dos metais e o grau do impacto ambiental causado pelos mesmos. Os procedimentos de lixiviação parcial e extração total de metais em solos e sedimentos de corrente visam principalmente estabelecer a fração biodisponível ou facilmente trocável em função de variáveis físico-químicas do ambiente.

Em condições normais a principal fonte dos elementos traço em solos e sedimentos deriva do material parental das rochas que lhe deram origem. A influência do material parental no conteúdo total e forma química dos elementos traço em solos é modificada por uma variedade de processos pedogenéticos que afetam a mobilidade e redistribuição dos elementos traço nos perfis do solo.

Os metais traço extraídos nas chamadas frações trocáveis, que no presente trabalho foram lixiviados usando-se as soluções de MgCl₂ e 0.1N HCl, constituem uma importante parte dos elementos traços potencialmente disponíveis, devendo ser considerados como uma estimativa da biodisponibilidade. Usando-se estes métodos de lixiviação parcial os valores mais elevados foram para os metais Zn, Ni, Cu, e Mn. Segundo diversos autores (Tessier et al., 1979; Rauret, 1998; Li e Thornton, 2001, Polkowska-Motrenko et al., 2000; Poykio, 2002) estas soluções liberam metais associados aos compostos orgânicos e de enxofre e hidróxidos de Fe e Mn. Em condições naturais os elementos associados a estes compostos e hi-

Tabela 1. Concentração de metais pesados (mg/kg) em solos e sedimentos do CIPS-Pernambuco.

Elemento	Ag				Cd				Cr				Cu				Mn			
Amostra	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
MTS-01	7,85	-	-	-	2,92	0,18	-	-	9,31	2,68	12,00	23,00	21,90	3,59	10,00	28,00	32,20	8,87	300	700
MTS-02	0,15	-	1,60	-	0,11	0,06	3,20	-	8,13	1,78	26,00	37,00	3,33	6,13	23,00	39,00	62,10	7,64	1300	1800
MTS-03	0,12	-	-	-	0,08	1,25	-	-	8,73	2,08	7,80	15,00	12,40	4,89	10,00	18,00	58,95	6,44	600	800
MTS-04	0,18	-	-	-	0,10	0,06	-	-	8,01	2,56	5,60	10,00	4,27	25,66	20,00	32,00	30,05	13,56	100	200
MTS-05	7,15	-	-	-	2,50	0,06	-	-	9,30	1,70	9,60	26,00	2,90	4,06	7,90	67,00	58,07	8,83	100	300
MTS-06	11,30	-	-	-	3,45	0,05	-	-	9,59	1,83	14,00	31,00	5,65	1,97	6,00	23,00	59,77	8,66	100	200
MTS-07	0,11	-	-	-	0,09	0,06	-	3,10	7,76	1,77	15,00	32,00	9,47	3,23	8,00	21,00	60,12	5,34	100	100
MTS-08	5,50	-	-	-	7,25	0,05	3,10	-	9,76	1,89	148,0	181,0	8,26	1,74	171,0	199,0	58,12	3,62	800	1000
MTS-09	3,15	-	-	-	0,23	-	1,40	3,70	8,78	1,63	28,08	45,08	22,22	1,35	9,18	22,08	62,20	6,15	200	200
MTS-10	5,12	-	-	-	0,12	-	-	-	8,91	0,05	10,00	17,00	6,74	3,87	10,00	28,00	44,22	2,35	500	600
MTS-11	3,27	-	-	-	2,72	0,06	-	3,10	8,71	1,74	13,00	33,00	8,88	5,72	4,30	39,00	36,90	1,15	100	200
MTS-12	3,25	-	-	-	0,13	0,05	-	-	9,25	1,94	9,10	20,00	3,41	1,45	9,10	18,00	41,82	3,84	100	100
MTS-13	9,05	-	-	-	4,72	2,93	-	-	9,25	2,01	20,00	42,00	3,41	3,27	-	27,00	4,55	5,17	100	100

Elemento	Ni				Pb				Ti				V				Zn			
Amostra	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
MTS-01	5,45	4,12	7,00	10,00	5,86	2,57	23,00	51,00	8,23	-	1800	11000	7,92	-	22,00	46,00	19,40	17,87	37,00	54,00
MTS-02	4,77	3,13	15,00	18,00	10,50	7,32	20,00	38,00	19,72	-	1800	11000	3,57	-	23,00	43,00	23,95	10,29	28,00	43,00
MTS-03	3,77	2,25	7,70	10,00	3,63	4,63	10,00	18,00	7,67	-	800	5000	4,48	-	12,00	22,00	17,12	11,05	23,00	28,00
MTS-04	5,15	2,90	1,20	3,00	3,48	7,38	8,40	25,00	12,62	-	500	5100	5,27	-	11,00	51,00	16,89	35,92	27,00	34,00
MTS-05	8,50	2,34	4,30	11,00	12,10	5,14	20,00	52,00	6,83	-	600	8300	11,87	-	18,00	58,00	18,28	10,13	23,00	39,00
MTS-06	14,87	1,38	3,10	5,20	4,71	1,74	18,00	75,00	11,65	-	300	7500	12,06	-	27,00	64,00	45,87	7,91	31,00	46,00
MTS-07	3,95	0,07	1,90	6,60	2,92	8,92	24,00	79,00	15,25	-	200	6500	4,012	-	37,00	50,00	3,03	7,64	20,00	36,00
MTS-08	18,59	0,06	69,00	78,00	10,67	0,06	30,00	86,00	6,91	-	1100	3400	10,67	-	30,00	94,00	20,54	5,17	49,00	76,00
MTS-09	6,42	0,07	5,20	11,00	10,90	0,08	38,00	94,00	5,11	-	200	5900	5,21	-	65,00	31,00	17,97	5,51	21,00	36,00
MTS-10	5,75	-	5,90	8,20	3,62	1,83	8,80	23,00	3,37	-	1300	6100	6,70	-	13,00	60,00	28,12	6,73	12,00	16,00
MTS-11	3,25	1,14	-	7,00	7,91	2,16	42,00	155,0	18,27	-	300	6600	5,23	-	30,00	38,00	27,50	10,47	9,10	24,00
MTS-12	5,32	2,02	5,60	9,60	2,69	2,25	20,00	41,08	5,78	-	100	4800	7,97	-	17,00	69,00	35,95	8,19	14,00	24,00
MTS-13	29,30	7,90	12,00	22,00	2,84	3,18	21,00	68,00	13,84	-	200	5000	16,06	-	38,00	30,00	47,57	40,99	67,00	88,00

a=extração parcial com $MgCl_2$; b= Extração parcial com $0,1N\ HCl$; c= Extração parcial com HNO_3/HCl ; d= Extração total com $HF/HClO_4$

dróxidos podem ser liberados em solução se as condições de potencial de redox do ambiente forem modificadas.

Dos três métodos empregados nas extrações parciais a água régia (HNO₃/HCl) foi a solução mais efetiva para Cu, Cr, Mn, Pb, Ti e V. Este método é ainda o mais indicado por diversos autores, por

efetuar a dissolução da amostra com o mínimo ataque à estrutura dos silicatos detríticos e produzir uma recuperação mais significativa dos metais. Para os elementos Ni e Zn o melhor resultado foi obtido com 0.1N HCl. O MgCl₂ obteve resultados similares ao método 0.1N HCl para Zn e Ti e o melhor resultado para

Tabela 2. Valores orientadores estabelecidos para solos no Estado de São Paulo (Casari et al. 2001).

VALORES ORIENTADORES						
Metal	Solos (mg/kg)					
	Agrícola			Resid,	Industrial	CIPS**
	Referência	Alerta	AP max			
Sb	<25	2,0	5,0	10,0	25	nd
As	3,50	15	25	50	100	nd
Ba	75	150	300	400	700	nd
Cd	<0,5	3	10	15	40	2,92
Pb	17	100	200	350	1200	10,5
Co	13	25	40	80	100	nd
Cu	35	60	100	500	700	21,9
Cr	40	75	300	700	1000	9,42
Mo	<25	30	50	100	125	nd
Ni	13	30	50	200	300	5,15
Ag	0,25	2	25	50	100	7,58
Hg	0,05	0,5	2,5	5	25	nd
V	275	nd	nd	nd	nd	7,92
Zn	60	300	500	1000	1500	23,97

* Padrão de potabilidade da Portaria 36, Ministério da Saúde - *Potability Standard 36, Ministry of Health* ** Extração com água régia - **nd** não foram determinados

Cd. Embora quantidade substancial de Pb tenha sido detectada, a maior parte deste Pb não está na forma biodisponível, e sim na fração residual das estruturas dos minerais.

A avaliação das concentrações de metais pesados nos solos do CIPS e nos sedimentos de correntes dos Rios Massangana, Ipojuca e Tatuoca, indica que a contribuição antrópica no estágio atual ainda é pequena. Visto que, comparando os valores das concentrações nos solos do CIPS com os valores orientadores solos para estado de São Paulo (Tabela 2), as concentrações obtidas nos solos do CIPS, para a maioria dos elementos analisados, aparentemente em pequena quan-

tidade, não representam risco ambiental. Entretanto, estas concentrações ainda não podem ser tomadas quantitativamente como parâmetro balizador das concentrações reais dos solos e sedimentos do CIPS, uma vez que os resultados obtidos são apenas relativos entre si. Assim, estes resultados servem apenas como um parâmetro inicial para futuras investigações na área do Complexo Industrial Portuário de Suape.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Proc. 462988/00-7) pelo apoio recebido e a CAPES pela bolsa de estudo concedida ao mestrando Marcos José Teódulo.

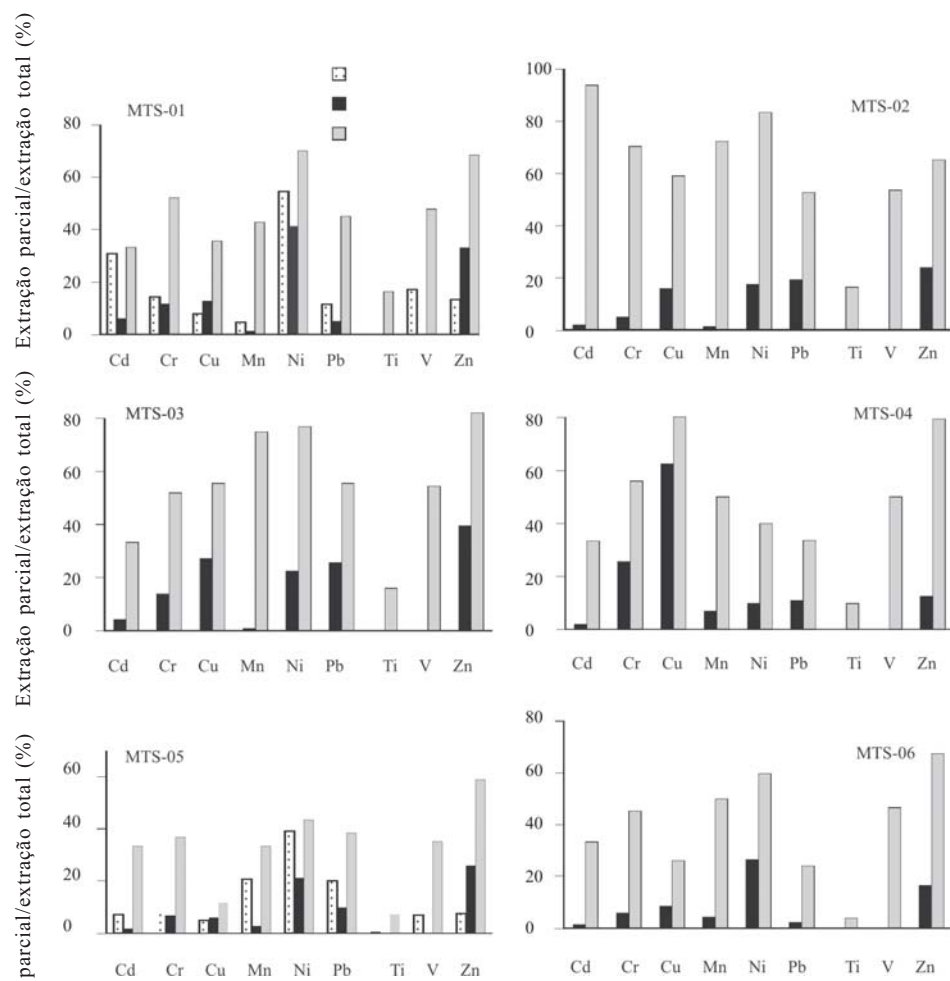


Figura 2. Recuperação dos metais traços com os três procedimentos de extração utilizados em relação à extração total ($\text{HF} + \text{HClO}_4$) em amostras de solos e sedimentos do Complexo Industrial Portuário de Suape. MTS-1 a MTS 13 Amostras analisadas.

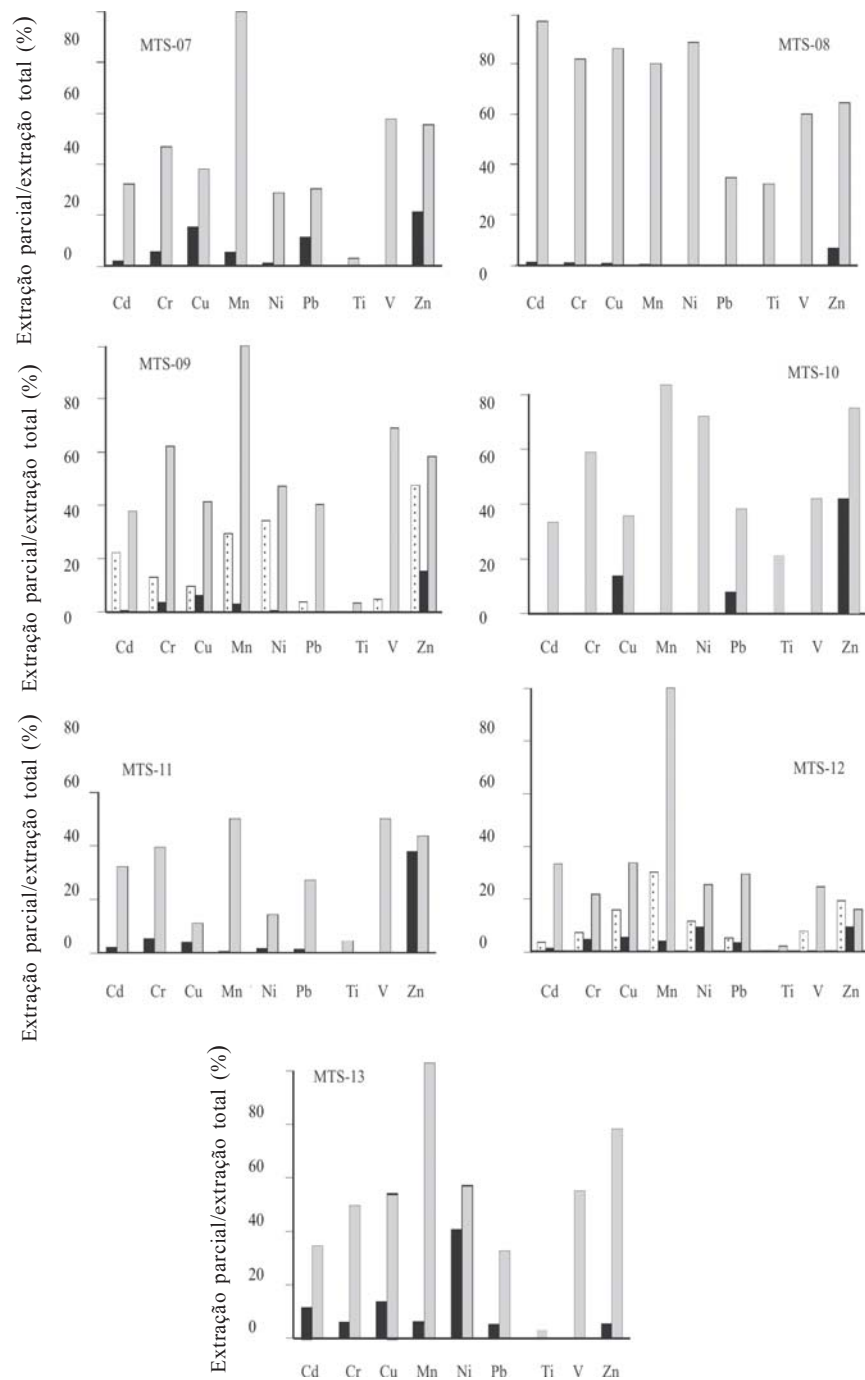


Figura 2 (Cont.). Recuperação dos metais traços com os três procedimentos de extração utilizados em relação à extração total (HF + HClO₄) em amostras de solos e sedimentos do Complexo Industrial Portuário de Suape. MTS-1 a MTS-13 amostras analisadas.

REFERÊNCIAS

- Borba, G.S. 1975. Rochas vulcânicas na faixa costeira sul de Pernambuco: Aspectos petrográficos e geoquímicos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 134p.
- Casarini, D., Pinatti, C., Dias, C. L., Lemos, M. M. G. 2001. Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, CETESB, 73 p. (Série Relatórios Ambientais)
- Chen, Z.S. 1992. Metal contamination of foods, soils, rice plants and surface waters in Asia. In: Biogeochemistry of trace metals. Adriano, D.C. (ed), Lewis Publishers, p. 85-108.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency – Preparation of soils sampling protocols: sampling techniques and strategies – EPA/ 600/R-92/128.
- EMPRAPA 1999 – Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco: Mapa de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade de Solos (Folha Recife SC.25-V-A-III), Recife.
- Guerra, S. M. S. 1998. Cartografia Geológico-Geotécnica de Áreas Costeiras: O Exemplo de Suape-PE. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo, Tese de doutoramento, 212p.
- Li, X.D., Barry, J.; Ramsey, M.H. Thornton, I., 1994. - Sequential extraction of soils for multielements analysis by ICP-AES. Chemical Geology 124 (1995): 127-199, p.
- Li X.D. & Thornton I (2001) Chemical partitioning of trace and major elements in soils contaminated by mining and smelting activities. Appl Geochem 16: 1693-1706.
- Lima Filho, M.F., 1998. Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, SP, 178p.
- Nuemann-Leitão, S. 1994. Impactos antrópicos na comunidade zooplancônica estuarina, Porto de Suape-PE, Brasil. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 273p.
- Neumann, V.H.M.L., 1991. Geomorfologia e Sedimentologia quaternária da área de Suape, Pernambuco, Brasil. Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 95p.
- Pires Advogados & Consultores 2000. Estudo de Impacto Ambiental da Área do Complexo Industrial Portuário de SUA-PE, PE. Relatório Técnico, 200p.
- Polkowska-Motrenko H, Danko B, Dyczynski R, Koster-Ammerlaan A & Bode P 2000. Effect of acid digestion method on cobalt determination in plant materials. Anal Chim Acta 408: 89-95.
- Poykio, R. 2002. Assessing Industrial Pollution by means of Environmental samples in the Kemi-Tornio Region. MSc Dissertation, University of Oulu, Finland, 64p.
- Rauret, G. 1998. Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment. Talanta 46:449-455.
- Tessier, A., Campbell, P.G.C., Bisson, M. 1979. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of particulate trace metals. Analytical Chem., 51(7): 844-851p.
- Usero, J., Gamero, M, Morillo, J, Gracia, I, 1998. Comparative study of three sequential extraction procedures for metals in marine sediments. Environment International. Vol, 24 (4): 487 – 496p