



Classificação de solos contaminados por metais pesados em Santo Amaro-Ba⁽¹⁾.

Oldair Del Arco Vinhas Costa⁽²⁾; Joseane Passos de Souza⁽³⁾; Jorge Antonio Gonzaga Santos⁽⁴⁾; Luciano da Silva Souza⁽⁵⁾; Maria da Conceição de Almeida⁽⁶⁾ & Marcela Rebouças Bomfim⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e CAPES.

⁽²⁾ Professor Associado; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia. Rua Rui Barbosa, 710. oldair@ufrb.edu.br

⁽³⁾ Mestra em Solos e Qualidade de Ecossistemas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia. Rua Rui Barbosa, 710. josyufbr@hotmail.com

⁽⁴⁾ Professor Associado; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia. Rua Rui Barbosa, 710. gonzaga.jorgeas@gmail.com

⁽⁵⁾ Professor Associado; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia. Rua Rui Barbosa, 710. lsouza@ufrb.edu.br

⁽⁶⁾ Pós doctor. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia. Rua Rui Barbosa, 710. marycalmeida@yahoo.com.br

⁽⁷⁾ Pós doctor. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia. Rua Rui Barbosa, 710. reboucas.marcela@gmail.com

RESUMO: Este estudo objetivou caracterizar e classificar solos em topossequência, localizados dentro de uma área contaminada por rejeitos de mineração na Bacia do Rio Subaé, no município de Santo Amaro, Bahia. Cinco perfis de solos distribuídos ao longo da topossequência até as margens do rio foram caracterizados morfológica, física e quimicamente inclusive para os metais Pb, Cd e Zn. Os solos foram classificados como Vertissolo Háptico órtico típico (topo, terço superior e inferior), Neossolo Regolítico eutrófico típico (terço médio) e Neossolo Flúvico Ta eutrófico (baixada). Os teores de metais pesados nos solos estudados foram significativos sendo identificado em um dos horizontes do Neossolo Regolítico eutrófico típico, resíduos de escórias, um dos subprodutos da atividade de mineração.

Termos de indexação: pedogênese, mineração, metais traço.

INTRODUÇÃO

De 1960 a 1993, as atividades de uma minerometalúrgica de chumbo, contaminou e vem contaminando, solo, água, população, fauna e flora, através da deposição aleatória de 490.000 toneladas de rejeitos, constituídos por metais pesados, sobretudo chumbo e cádmio (Anjos, 1998), principais fontes de poluição ambiental.

A permanência da metalúrgica no local e a falta de medidas para mitigar os danos causados, levou à continuidade do processo de degradação

ambiental, até os dias atuais, fato comprovado por estudos recentes (Asevedo, 2012; Bomfim, 2014).

O estudo dos solos da região torna-se de extrema importância pelos impactos gerados, sendo que a avaliação de solos ao longo de sequência favorece o entendimento da atuação dos fatores de formação sobre as diferenciações pedológicas, uso e manejo de terras, sua distribuição em uma área e a relação com solos de características análogas (Vinhas, 2005). Desta forma, o objetivo deste estudo foi caracterizar e classificar solos em topossequência, localizados dentro de área contaminada por rejeitos de mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, no município de Santo Amaro, Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado nas dependências e arredores da Plumbum Mineração, localizada a noroeste da área urbana do município de Santo Amaro, Bahia, Brasil. O município possui clima tropical úmido, com temperatura média anual de 25,4°C, pluviosidade anual média de 1.540 mm.

Amostragem e análises laboratoriais

Foram selecionados cinco perfis em topossequência: topo (P1), terço superior (P2), médio (P3) e inferior (P4) de encosta e baixada (P5), com distância total entre as extremidades de 728 m, descritos e amostrados segundo Santos et al., (2005).



As análises dos solos foram realizadas segundo Embrapa (2011): granulometria; $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , $\text{H}+\text{Al}$, Na^+ , K^+ , P e C.org. Os teores de Pb, Cd e Zn foram determinados pelo método 3050B (USEPA, 1996) através espectrofotômetro de absorção atômica (AAS modelo Varian AA 220 FS com SIPS).

Após os resultados morfológicos e analíticos, os perfis descritos foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Gênese e morfologia dos solos

Após análises em campo e morfológicas, observou-se solos jovens, rasos (P1 a P4), com profundidades de até 100 cm e fragmentos de rochas e endopedregos (P5) de 215 cm, com camadas cascalhentas, depósitos quaternários, sedimentados em meandros do rio Subaé.

No P3 predomina o Vertissolo, em relevo suave ondulado, onde houve um aplainamento artificial para a deposição dos resíduos do processamento do chumbo que, aproximadamente 20 anos depois, foi recoberto por material de solo (agração) da encosta próxima a área, caracterizando assim a formação de solo antrópico (Curi & Kämpf, 2012).

A textura de P1, P2 e P4, mostraram pouca variação das frações entre os horizontes de um mesmo solo e entre os perfis, variando entre as classes argilosa e muito argilosa e o P3 apresentou textura argilosa.

Características químicas dos solos

Foram encontrados nos perfis estudados e $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (Tabela 1) entre 4,9 (acidez elevada) a 8,4 (alcalinidade elevada). A Al^{3+} variou entre muito baixa (P3 e P5) a muito alta (P1 e P4). Para os Vertissolos (P1, P2 e P4), a CTC apresentou valores muito bons, acima de 15 cmolc.kg^{-1} , conforme Ribeiro et al (1999).

Em P3 (Neossolo antrópico), nos primeiros horizontes, as características químicas se assemelharam às dos P1, P2 e P4, por ser este um solo formado à partir de material artificialmente depositado, vindo dos solos do entorno. Entretanto a última camada, formada, por material de escória, oriundo do processo de beneficiamento de chumbo, apesar de também apresentar pH alcalino, mostrou teores mais baixos de cátions básicos. Por se tratar de um solo formado por deposição de material colúvio-aluvionar, o Neossolo (P5), também mostrou destacadas variações para os atributos

químicos, evidenciando o caráter flúvico, mas valores sempre mais baixos que os demais perfis.

Para todos os solos estudados os teores de C.org. foram baixos ($\leq 0,40 \text{ dag.kg}^{-1}$) (Ribeiro et al., 1999), e decresceram em profundidade, à exceção dos Neossolos, que apresentaram descontinuidade, o que denota o processo de antrossolização por deposição de camadas de solo e rejeitos, no P3 e o caráter flúvico, de natureza colúvio-aluvionar, no P5.

Os teores de P na maioria dos horizontes e camadas estiveram entre muito baixos ($\leq 2,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) a muito bom ($> 30 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Ribeiro et al., (1999).

Metais Pesados

Os maiores teores dos metais foram observados no P3 (Cd: 17,64 a 51,30 mg.kg^{-1} ; Pb: 645,71 a 23.713,43 mg.kg^{-1} e Zn (236,91 a 1.858,89 mg.kg^{-1}). Por deposição atmosférica de particulados lançados pela chaminé (P1 e P2), processos erosivos e deposição antrópica (P4 e P5) os demais solos foram também contaminados.

Em todos os solos, os maiores teores de metais (Tabela 1) foram encontrados nos horizontes superficiais, com movimentação de forma vertical, devido a translocação de materiais de solo pelos espaços abertos nas fendas, características de solos vérticos. Exceto em P3 (Tabela 1), onde as maiores concentrações foram em subsuperfície, na camada de escória que foi depositada na área.

Comparando os teores de metais nos solos com os valores de referência sugeridos pela Resolução 420/2009 do CONAMA (Tabela 2), verifica-se que o P1 apresenta valor para Cd (5,99 mg Kg^{-1}) no horizonte A superior ao indicado para intervenção agrícola (3 mg Kg^{-1}); para Pb os valores (422,65 a 1.387,95 mg Kg^{-1}) são superiores a intervenção residencial (900 mg Kg^{-1}), sendo que para o horizonte A o valor encontrado é superior ao indicado para intervenção industrial. Em relação ao Zn, os valores estão abaixo do limite de prevenção (Tabela 2).

No P2 apesar dos baixos valores encontrados para Cd e Zn (abaixo dos valores de prevenção), Tabela 2, os teores de Pb em todos os horizontes estão acima do indicado para intervenção residencial (900 mg Kg^{-1}); no P3 os valores, para todos os metais, estão próximos ou acima do valor indicado para intervenção industrial (Tabela 2); no P4 os valores mais elevados de Cd, Pb e Zn se concentraram nos horizontes superficiais (A e AB) com valores próximos ou acima da intervenção industrial.

O P5 apresentou baixos teores de Zn (abaixo do valor referência de qualidade) e ausência de Cd



(Tabela 1). Mas os teores de Pb, até a profundidade de 132 cm, estão entre os valores indicados para intervenção agrícola e residencial **(Tabela 2).** Abaixo desta profundidade os metais apresentaram-se em baixa concentração (Zn) ou ausentes (Cd e Pb), o que pode demonstrar um limite entre o período, relativamente, recente da contaminação.

Classificação dos Solos

A partir dos atributos avaliados, os solos foram classificados até o 6º nível categórico, conforme o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (EMBRAPA, 2013) como: Vertissolo Háplico Órtico típico, contaminado, moderadamente drenado (P1 e P2); Neossolo Regolítico Eutrófico típico fortemente contaminado antrópico (P3); Vertissolo Háplico Órtico gleissólico fortemente contaminado imperfeitamente drenado (P4) e Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico contaminado bem drenado (P5). Devido à presença marcante de metais pesados (Pb, Cd e Zn) sugeriu-se para todos os solos o termo contaminado no quinto nível categórico.

CONCLUSÕES

Os solos foram classificados como Vertissolo Háplico Órtico típico, contaminado, moderadamente drenado (P1 e P2), Neossolo Regolítico Eutrófico típico fortemente contaminado antrópico (P3), Vertissolo Háplico Órtico gleissólico, fortemente contaminado imperfeitamente drenado (P4), Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico contaminado bem drenado (P5).

Todos os perfis dos solos estudados foram classificados como contaminados, por apresentar concentrações elevadas de metais pesados.

REFERÊNCIAS

- Anjos JASA. Estratégias para remediação de um sítio contaminado por metais pesados—estudo de caso [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1998.
- Asevedo LP. Mapeamento geoquímico de solos contaminados por metais (Pb, Zn, As e Cu), Santo Amaro da Purificação [dissertação]. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; 2012.
- Bomfim MR. Características de ecossistemas manguezais contaminados por metais traços [tese]. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2014.

Curi N, Kämpf N. Caracterização do Solo. In: Ker JC, Curi N, Schaefer CEGR, Vidal-Torrado PV, editores. Pedologia: Fundamentos. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2012. p.147-70.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF; 2009.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análises de solo, 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos; 2011.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. rev. ampl.. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos; 2013.

Vinhas AF. Caracterização pedológica de duas toposequências típicas da bacia hidrográfica do Rio Jacutinga [dissertação]. Salvador: Universidade Federal da Bahia; 2005.

Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VVH. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais; 1999.

Santos RD, Lemos RC, Santos HG, Ker JC, Anjos LHC. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ª ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2005.

United States Environmental Protection Agency – Usepa. Method 3050B. Revision 2 December 1996 [acesso em 10 abr 2014]. Disponível em:
<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/s/w846/pdfs/3050b.pdf>.

Tabela 1 - Características químicas dos perfis de solos nas imediações da antiga fábrica de chumbo, às margens do Rio Subaé.

Camada	pH _{H2O}	C. org.	P	Ca	Mg	Na	K	Al	H+Al	SB	CTC	V	Cd	Pb	Zn
		dag kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹						%		mg kg ⁻¹			
P1 - Vertissolo Háplico Órtico típico, contaminado, moderadamente drenado															
Ap1	6,0	0,48	5	28	20	0	1	0	10	48	57	83	5,99	1.387,95	127,93
Ap2	5,2	0,25	3	25	11	0	0	1	13	36	49	74	LD	578,08	44,35
AB	5,3	0,17	2	26	9	0	0	1	11	34	45	76	LD	510,67	78,59
BA	5,3	0,14	2	26	8	0	0	1	9	34	43	79	LD	422,65	109,85
Biv	4,9	0,14	3	28	10	0	0	4	11	38	50	77	LD	427,89	53,48
C	6,4	0,06	3	40	12	0	0	0	3	52	55	95	LD	428,31	0,13
P2 - Vertissolo Háplico Órtico típico, contaminado, moderadamente drenado															
Ap	6,1	0,33	5	33	12	0	0	0	7	45	52	87	1	857,8	72,76
AB	6,6	0,12	3	39	11	0	0	0	8	50	59	86	LD	531,04	50,57
Biv	6,0	0,07	2	41	4	0	0	1	6	45	51	88	LD	421,58	25,48
BCv	6,3	0,05	3	38	9	0	0	0	5	47	51	91	LD	420,99	79,99
C	8,4	0,04	40	41	9	0	0	0	1	50	51	98	LD	341,39	81,86
P3 - Neossolo Rególitico Eutrófico típico fortemente contaminado antrópico															
Ap	8,1	0,21	36	29	4	0	0	0	1	32	33	99	51,3	1496,32	536,69
C1	8,3	0,04	19	28	4	0	0	0	0	32	32	99	19,74	645,71	679,15
C2	8,3	0,07	16	24	8	0	0	0	1	32	32	98	17,64	4068,17	236,91
C3	8,5	0,24	3	3	3	0	0	0	1	6	7	83	29,05	23.713,43	1858,89
P4 - Vertissolo Háplico Órtico gleissólico fortemente contaminado imperfeitamente drenado															
Apg	6,0	0,29	33	18	8	0	0	0	8	26	34	77	20,76	4.498,90	348,89
ABvg	6,0	0,08	9	19	5	0	0	0	10	24	33	71	18,07	2.136,01	325,36
BAvg	5,8	0,08	3	26	8	0	0	1	6	33	39	84	0,1	LD	83,3
Bivg	6,2	0,06	2	30	9	0	0	1	5	39	44	89	LD	LD	51,63
Cvg	5,2	0,06	2	20	10	0	0	8	15	29	44	67	LD	LD	55,9
P5 - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico contaminado bem drenado															
A	6,4	0,07	12	8	5	0	0	0	3	13	16	82	LD	289,59	39,16
C	6,4	0,04	7	8	6	0	0	0	2	14	16	86	LD	251,8	41,9
2C	6,7	0,04	5	7	5	0	0	0	2	12	13	89	LD	227,59	17,07
3C	6,7	0,04	4	6	6	0	0	0	1	12	13	90	LD	216,65	31,74
4C	6,9	0,04	4	5	4	0	0	0	1	8	9	86	LD	193,65	16,14
5Cg	6,8	0,05	5	11	7	0	0	0	2	18	20	91	LD	LD	35,27
6C	7,1	0,02	6	4	3	0	0	0	3	7	9	72	LD	LD	18,51
7C	7,1	0,02	14	2	2	0	0	0	2	4	5	68	LD	LD	18,45
8C	7,7	0,07	5	1	1	0	0	0	1	2	4	67	LD	LD	7,55

Tabela 2 - Valores de referência para Cd, Pb e Zn do CONAMA.

	Cd	Pb	Zn
	mg kg ⁻¹		
Referência de Qualidade	<0,5	17	60
Prevenção	1,3	72	300
Intervenção Agrícola	3,0	180	450
Intervenção Residencial	8,0	300	1000
Intervenção Industrial	20	900	2000