



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS**

Caracterização química, física e mineralógica de amostras de solos,
sedimentos e água da área de influência da Mineração Rio do Norte, em
Porto Trombetas, PA.

Relatório final

Prof. Luiz Eduardo Dias

**Viçosa – MG
Março de 2005**

CONTEÚDO

	Página
1. Introdução	2
2. Objetivo	2
3. Material e métodos	3
3.1 Mineralogia de amostras de solo e da poeira de bauxita (cond. 2.2)	3
3.2 Qualidade da água e de sedimentos do Rio Trombetas (cond. 2.12)	6
4. Resultados e discussão	8
4.1 Mineralogia de amostras de solo e da poeira de bauxita (cond. 2.2)	8
4.2 Qualidade da água e de sedimentos do Rio Trombetas (cond. 2.12)	10
4.2.1 Caracterização química das amostras de sedimentos do Rio Trombetas	10
4.2.2 Caracterização física das amostras de sedimentos do Rio Trombetas	18
4.2.3 Caracterização química das amostras de água do Rio Trombetas.	19
5. Conclusões	21
6. Anexos	22

1. Introdução

Entre as medidas condicionantes solicitadas pelo IBAMA para a renovação da LO da Mineração Rio Norte S.A.-MRN em Porto Trombetas, encontram-se dois estudos sobre o impacto da atividade mineraria naquela região. O primeiro tem como foco principal a REBIO Trombetas e o segundo o Rio Trombetas, conforme descrito a seguir:

Condição específica 2.2

“Apresentar estudo do impacto da atividade mineraria sobre a REBIO Trombetas, por meio de análise da mineralogia da camada superficial do solo, com apresentação de difratogramas e análises qualitativa dos minerais constituintes da amostra. O estudo deverá conter, no mínimo cinco pontos de amostragem significativos (fotografados e georreferenciados), cuja localização e coleta deverão ter anuência e acompanhamento da chefia da REBIO Trombetas. Efetuar o *background* com amostra em local situado fora da área de influência da mineração”.

Condição específica 2.12

“Apresentar caracterização geoquímica da área à montante das atividades de mineração, com amostras de água e sedimento do leito do rio, efetuando análise comparativa com dados da área diretamente afetada e à jusante”.

2. Objetivo

Este relatório tem como objetivo apresentar os resultados obtidos com as análises de amostras de solo, sedimento e água coletadas para atender os estudos sobre o

impacto da atividade mineraria, em atendimento as condicionantes 2.2 e 2.12 para renovação da LO em Porto Trombetas-PA.

3. Material e Métodos

A coleta de amostras de solo, sedimento e água foram realizadas pelo pesquisador Luiz Eduardo Dias, juntamente com membros da equipe de meio ambiente da MRN e técnicos do IBAMA, durante os dias 23 a 26 de outubro de 2004.

Na manhã do dia 22/10/2004 foi realizada uma reunião, na sede do IBAMA em Porto Trombetas, com os analistas ambientais Antônio e Ana, daquele Instituto, para o planejamento das amostragens de sedimentos do Rio Trombetas e de solos da REBIO a serem realizadas de maneira a atender as determinações das condicionantes.

3.1 Mineralogia de amostras de solo e da poeira de bauxita (cond. 2.2)

Esta condicionante teve como objetivo avaliar o impacto da poeira oriunda do processo de secagem de bauxita e da pilhas de armazenamento deste minério sobre a REBIO Trombetas. Para a execução deste estudo foram realizadas amostragens do solo superficial em cinco pontos da REBIO considerados como de influência direta e um ponto considerado sem influência de atividade mineraria (Tabela 1 e Figura 1). Em cada ponto de amostragem foram abertas três trincheiras (Fotografia 1) para a retirada de amostras simples nas profundidades de 0 a 5 e de 5 a 15 cm. As amostras simples foram homogeneizadas e destas, retiradas uma amostra composta por profundidade e ponto de amostragem. As amostras foram secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm e a fração argila separada para a confecção de lâminas para caracterização qualitativa mineralógica por meio de difratômetro de raios X. As lâminas foram preparadas no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa e as análises realizadas no Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto.

Simultaneamente foi realizada a coleta de três amostras de poeira junto aos exaustores do secador (1) e no depósito de bauxita (2), totalizando 15 amostras para caracterização qualitativa mineralógica Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das amostras de solo coletadas na REBIO e na área de referência e de poeira para a caracterização mineralógica

Amostra	Ponto	Profundidade cm	Referência	Coordenadas (UTM)	
				E	N
1	1	0-5	REBIO	0569971	9840874
2	1	5-15			
3	2	0-5	REBIO	0569416	9840060
4	2	5-15			
5	3	0-5	REBIO	0570055	9840866
6	3	5-15			
7	4	0-5	REBIO	0570118	9840866
8	4	5-15			
9	5	0-5	REBIO	0570177	9840912
10	5	5-15			
11	6	0-5	Boca do Lago Irepecú	0561583	9845158
12	6	5-15			
13	-	-	Exaustor do secador	-	-
14	-	-	Depósito de bauxita	-	-
15	-	-	Depósito de bauxita	-	-



Fotografia 1. Detalhe da retirada de amostra deformada de camadas superficiais de solo para caracterização mineralógica.

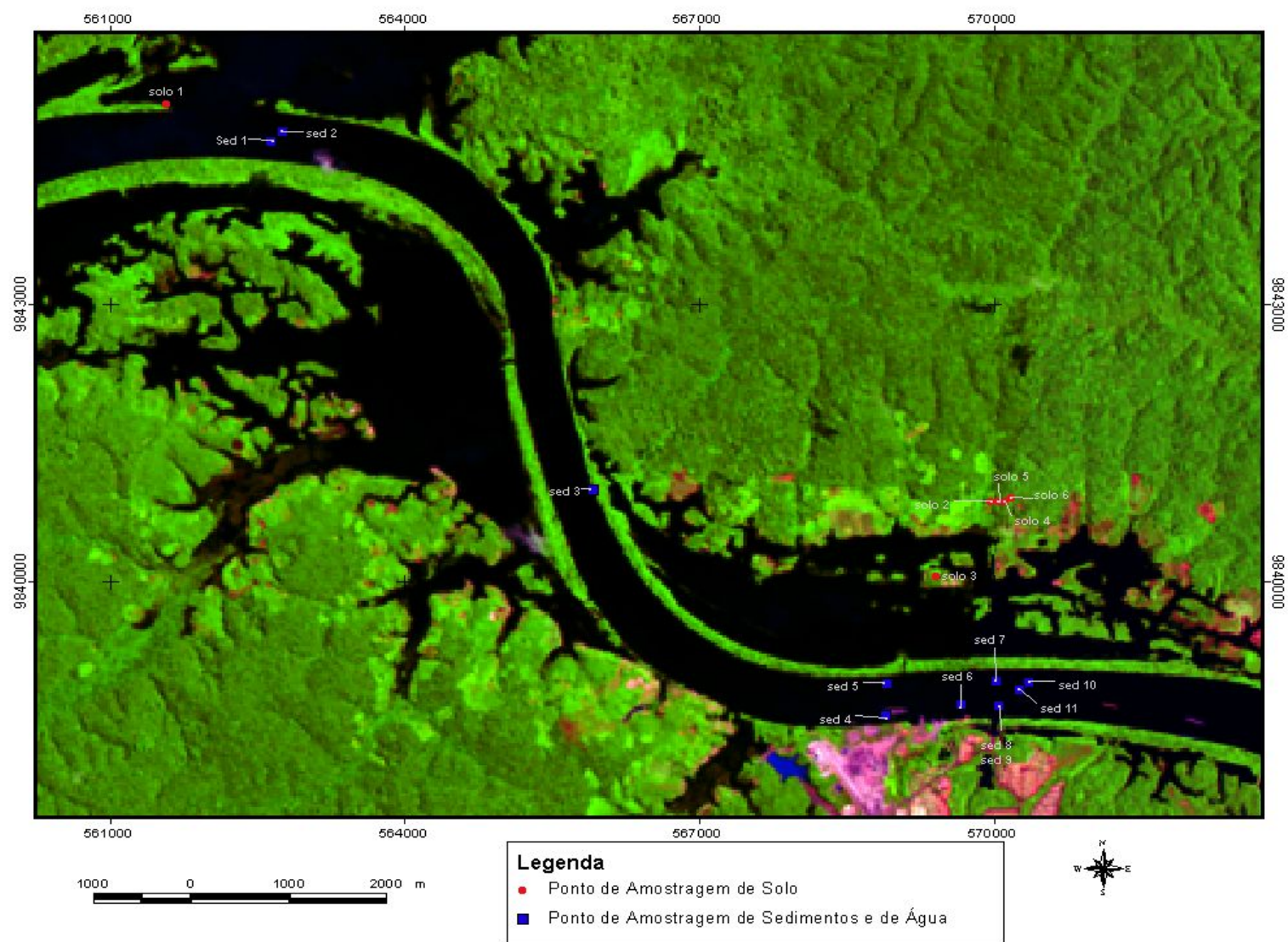


Figura 1. Imagem georeferenciada da área de estudo sob influência da Mineração Rio do Norte, destacando os pontos de amostragem de solo, sedimento e água do Rio Trombetas.

3.2 Qualidade da água e de sedimentos do Rio Trombetas (cond. 2.12)

Esta condicionante tem como objetivo avaliar se a atividade mineraria na região do porto promove impactos na qualidade da água e de sedimentos do Rio Trombetas.

As amostragens de sedimentos do Rio Trombetas foram realizadas no dia 22/10/2004, com a participação dos técnicos Antônio e Ana do IBAMA, Glariston da MRN e o pesquisador Luiz E. Dias da UFV. Foram determinados 11 pontos de amostragens, sendo três a montante, dois ao lado e seis a jusante do *shiploader* (Tabela 2 e Figura 1). Entre os pontos de amostragem, os pontos 1, 2 e 3 foram considerados como sem a influência direta da atividade mineraria (referências), por se encontrarem a montante do *shiploader*. Os pontos foram distribuídos em dois transectos. O primeiro transecto foi posicionado entre 20 e 50 metros da margem direita (TR1) e o segundo entre o meio do rio e a margem esquerda (TR2).

As amostragens foram realizadas, por meio de uma embarcação, com o lançamento de um amostrador de sedimentos tipo “Van Vin” (Fotografias 2a e 2b). Para cada ponto amostrado foram realizados diferentes lançamentos para a obtenção de três amostras com volume mínimo de 2,0 dm³ de sedimento.

As amostras de água foram retiradas no terço médio da profundidade máxima do rio, nos mesmos pontos de amostragem de sedimentos. As amostras foram acondicionadas em frascos plásticos e analisadas quanto aos valores de pH e de condutividade elétrica e teores de Ca, Mg, Fe, K, Zn, Mn, Cu, Ni, Pb, Cr e Cd, por meio da técnica de espectrometria por absorção atômica.

As amostras de sedimento do rio foram caracterizadas quanto aos teores totais (digestão com ácidos nítrico, clorídrico e fluorídrico) de Al, Fe, Ca, Mg, S, Cd, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb e Zn. Com a finalidade de melhor caracterizar as amostras, foi realizada uma extração menos enérgica que a total por meio do extrator Mehlich-3. Esse extrator tem sido utilizado para avaliar o teor disponível de metais em amostras de solo. No entanto, devido ao ambiente redutor predominante em sedimentos, existe a possibilidade desse extrator não disponibilizar necessariamente todas as frações biodisponíveis de metais, mas com certeza possibilita melhor estimativa do que a extração triácida de teores totais.

Os extratos obtidos após a extração foram dosados por espectrometria por indução de plasma-ICP-OES.

Os dados obtidos foram tabulados e analisados estatisticamente por meio de análise de variância e as médias comparadas por teste de Tukey a 5% de probabilidade.



A



B

Fotografia 2. (A) Visão do amostrador de sedimentos tipo Van-Vin e (B) coleta de sedimentos do Rio Trombetas.

Tabela 2. Localização, coordenadas e profundidade das amostras de sedimentos retiradas ao longo do Rio Trombetas, em dois transectos (TR)

Ponto	Referência	Profundidade de amostragem	Coordenadas (UTM)	
			m	E
1	Flutuante IBAMA Irepecú, TR1	10,5	0562638	9844740
2	Flutuante IBAMA Irepecú, TR2	25,6	0562755	9844850
3	Entre Moura e Boa Vista, TR1	12,0	0565918	9840988
4	<i>Shiploader</i> , TR1	9,8	0568901	9838546
5	<i>Shiploader</i> , TR2	24,5	0568905	9838892
6	Píer de rebocadores TR1	18,2	0569665	9838664
7	Píer de rebocadores, TR2	23,1	0570018	9838920
8	late, TR1	18,2	0570044	9838666
9	late, TR2	23,8	0570048	9838658
10	ETE, TR1	22,4	0570350	9838904
11	ETE, TR2	23,8	0570254	9838820

4. Resultados e discussão

4.1 Mineralogia de amostras de solo e da poeira de bauxita (cond. 2.2)

A interpretação dos difratogramas obtidos com a análise mineralógica dos materiais coletados indica basicamente dois grupos de amostras:

- Grupo I: formado pelas amostras de solo onde a presença de caulinita é evidenciada pelo aparecimento dos picos correspondentes aquele mineral.

- Grupo II: formado pelas amostras de referência onde a presença de gibbsita é evidenciada pelo aparecimento dos picos correspondentes aquele mineral.

A descrição sumarizada da mineralogia das amostras é apresentada a seguir:

- Amostras 1 e 2

As amostras 1 e 2 mostram claramente a presença da caulinita pelo aparecimento dos picos ou reflexões que correspondem aos espaçamentos interplanares de 0,724; 0,358 e 0,238 nm. Esses são os picos de 1^a, 2^a e 3^a ordens dos planos basais, característicos desse mineral. Além disso, em quantidades bem menores observa-se a presença de mica evidenciada pelos picos de 1,018; 0,487 e 0,334 nm. A presença de muito pequena quantidade de mineral silicatado do tipo 2:1 é também sugerida pelo pequeno pico de 1,44 nm, passível de comprovação a partir de tratamentos específicos na argila.

- Amostras 3 e 4

Basicamente observa-se a presença da caulinita dada pelos picos de 0,724; 0,358 e 0,238 nm já mencionados.

- Amostras 5 e 6

A amostra 5 repete o padrão observado da presença da caulinita e a amostra 6 mostra uma série de picos diferenciados mas que são produto de uma manipulação diferente dessa amostra pois não houve uma completa orientação da mesma o que provoca o aparecimento de picos da caulinita mas de diferentes espaçamentos interplanares que não apenas os de 1^a, 2^a e 3^a ordens dos planos basais. Assim, os picos em 0,460; 0,434 e 0,414; 0,257; 0,249; 0,238 e 0,235 são todos pertencentes à caulinita, em função da má orientação da amostra.

- Amostras 7, 8, 9, 10,11, 12:

Basicamente presença da caulinita dada pelos picos de 0,724; 0,358 e 0,238 nm.

- Amostras 13, 14 e 15:

Presença marcante da gibbsita evidenciada pelos picos de 0,482-0,485 nm e por picos secundários que aparecem principalmente na amostra 15 como os de 0,437; 0,330; 0,244 e 0,237. Ainda nessa amostra tem-se uma indicação da presença da hematita pelos picos de 0,270 e 0,251, além de quantidades pequenas de caulinita evidenciada pelos picos de 0,72 e 0,357.

As amostras de referência (pó da bauxita) coletadas no exaustor de secador e no depósito de bauxita apresentaram basicamente gibbsita em sua composição. Esta composição era de se esperar uma vez que a gibbsita é o principal constituinte da bauxita. Já as amostras de solo coletadas na área da REBIO apresentaram composição mineralógica igual as amostras coletadas na boca do Lago Irepecú, tomadas como referência fora da área de influência da planta de secagem de bauxita.

O fato das amostras de solo não terem apresentado em sua composição nenhum traço de gibbsita, indica que o pó da secagem de bauxita não tem sido depositado na área amostrada da REBIO.

4.2 Qualidade da água e de sedimentos do Rio Trombetas (cond. 2.12)

4.2.1 Caracterização química das amostras de sedimentos do Rio Trombetas

- Valores de pH e teores de matéria orgânica

Os valores de pH (Tabela 3) obtidos com as amostras de sedimento coletadas em diferentes pontos do Rio Trombetas apresentaram uma amplitude de 4,30 a 4,80, sendo o menor valor observado para a amostra retirada em frente ao píer de rebocadores (6-TR1) e o maior para a amostra obtida em frente o *shiploader* (4-TR1). Numa comparação com as amostras testemunhas retiradas na boca do lago Irepecú e entre os lagos do Moura e do Boa Vista a amostra do *shiploader* é cerca de 2,5 décimos mais alcalina. No entanto, a análise de variância mostrou que as amostras não diferem entre si quanto ao valor de pH.

O baixo valor de pH do sedimentos é uma característica esperada na medida em que a geologia local apresenta materiais ricos em alumínio e significativa fração deste elemento encontra-se sob formas passíveis de serem hidrolisadas e gerarem acidez.

Tabela 3. Valores de pH, teores de matéria orgânica (MO) e teores totais e solúveis em Mehlich-3 de Al e Fe das amostras de sedimentos coletadas no Rio Trombetas

Amostra	pH	MO dag/kg	Total		Mehlich-3	
			Al ----- dag/kg -----	Fe -----	Al ----- mg/kg -----	Fe -----
1	4,55 A	7,20	8,73 ABC	2,57 ABC	1.481,2 B	735,5 B
2	4,56 A	7,51	7,68 ABCD	1,95 BCD	1.408,3 B	660,6 B
3	4,49 A	6,28	6,65 BCDE	1,80 CD	1.626,0 B	865,9 B
4	4,80 A	1,56	6,79 BCDE	1,94 BCD	1.601,2 B	742,8 B
5	4,44 A	3,50	4,50 CDEF	1,51 DE	1.310,4 B	774,2 B
6	4,30 A	3,61	10,48 AB	3,48 A	1.481,2 B	792,4 B
7	4,44 A	1,93	2,60 DEF	0,81 EF	1.216,2 A	865,5 B
8	4,40 A	6,34	12,69 A	2,97 A	3.039,3 B	1.375,4 A
9	4,36 A	1,42	1,88 EF	0,66 EF	10.39,9 AB	817,9 B
10	4,32 A	6,93	10,56 AB	2,87 AB	1.635,1 B	870,8 B
11	4,39 A	1,27	1,42 F	0,55 F	1.010,9 AB	815,1 B
CV(%)	5,55		26,3	16,8	31,8	11,28

Os teores de matéria orgânica das amostras variaram significativamente em função do ponto de coleta (Tabela 3). As amostras coletadas nos pontos de referência (1, 2 e 3), juntamente com a amostra coletada em frente ETE (10) foram as que apresentaram maior teor de matéria orgânica. As amostras 7, 9 e 11, coletadas no transecto dois apresentaram baixos valores de matéria orgânica. Esse resultado provavelmente decorra do fato destas amostras terem sido coletadas mais próximas do

meio do rio, onde não existe uma deposição tão intensa de resíduos vegetais como existe nas proximidades das margens.

- Teores totais e disponíveis de Al

Os teores totais de Al variaram significativamente entre as amostras (Tabela 3). O maior valor foi observado para a amostra obtida a cerca de 50 m da margem em frente ao iate (amostra 8) e o menor valor para a amostra obtida no meio do rio em frente a estação de tratamento de esgoto de PTR (amostra 11). Observa-se uma tendência para que os valores maiores seja observados mais próximos da margem direita do que no meio do rio (amostras 8, 10 e 6).

Por outro lado, os valores de Al solúvel em Mehlich-3 (Tabela 2) não variaram tanto como o observado para o Al total, existindo diferença estatística apenas entre os três maiores valores (amostras 7, 9 e 11) e as demais. As três amostras foram retiradas no meio do rio, a jusante do porto, ou seja, em frente ao píer, o iate e a ETE, respectivamente.

Aspecto importante refere-se ao fato de que as amostras controle retiradas a montante da área do porto (amostras 1, 2 e 3) apresentam valores intermediários de Al total e disponível, sugerindo que o background na região pode ser maior que o valor obtido com as amostras retiradas no meio do rio, por exemplo.

- Teores totais e disponíveis de Fe

Os teores de Fe total (Tabela 3) diferiram estatisticamente entre si, apresentando um padrão semelhante ao observado para o Al total, ou seja, os três maiores valores observados referem-se às amostras (6, 8 e 10). No entanto, a amostra controle (1) não diferiu estatisticamente daquelas, indicando que todos os valores observados deste metal encontram-se dentro da faixa natural de background para a região.

O teor de Fe solúvel em Mehlich-3 da amostra retirada em frente ao iate, no transecto 1, (8) foi significativamente superior aos valores observados para as demais amostras.

- Teores totais e disponíveis de Ca, Mg e S

Observando-se os teores totais de Ca, Mg e S (Tabela 4) nota-se um certo padrão na medida em que as amostras 1, 2, 3, 8 e 10 mostram-se como as de maior valor, indicando que as concentrações observadas encontram-se dentro da faixa normal de background da região. Assim como observado para outros elementos, as menores concentrações foram observadas para as amostras obtidas no transecto do meio do rio, notadamente aquelas retiradas em frente ao iate e a ETE.

A maior concentração de Ca disponível por Mehlich-3 foi obtida com as amostras retiradas entre os lagos do Moura e do Boa Vista a 25 m da margem (amostra 3), tomada como referência pois encontra-se a montante da área do porto. No entanto, em função do elevado valor de coeficiente de variação observado para Ca disponível, não foi observada diferença estatísticas entre as concentrações das diferentes amostras (Tabela 3). Interessante notar que a diferença entre os teores totais e solúveis com Mehlich-3 não é tão grande como o verificado para outros elementos. Esse resultado sugere que as formas de Ca presentes seriam de maior solubilidade.

Já para os teores de Mg disponível, as maiores concentrações foram observadas para as amostras obtidas em frente o iate e entre o Moura e o Boa Vista (referência a montante do Porto), ambas no transecto 1.

Tabela 4. Teores totais e solúveis em Mehlich-3 de Ca, Mg e S das amostras de sedimentos coletadas no Rio Trombetas. Médias de três repetições^{1/}

Amostra	Total			Mehlich-3		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
----- mg/kg -----						
1	534,7AB	780,1 A	522,96 A	357,5 A	51,5 ABC	27,6 AB
2	546,7 A	674,0 AB	400,17 AB	337,8 A	52,8 AB	28,3 AB
3	454,5 ABC	596,8 ABC	333,13 BCD	415,5 A	58,2 A	31,5 AB
4	262,2 ABC	316,1 BC	163,49 EF	347,2 A	27,9 ABC	24,1 B
5	357,9 ABC	532,5 ABC	234,64 DE	290,8 A	49,2 ABC	37,7 AB
6	194,3 C	518,1 ABC	243,01 CDE	219,4 A	39,1 ABC	33,7 AB
7	277,5 ABC	331,6 BC	127,61 EF	156,4 A	33,2 ABC	23,7 B
8	422,0 ABC	780,5 A	406,13 AB	330,1 A	60,5 A	38,8 AB
9	277,8 ABC	263,1 C	77,05 F	102,9 A	17,6 BC	25,9 AB
10	476,2 ABC	770,2 A	397,65 ABC	368,6 A	50,9 ABC	49,8 A
11	249,1 BC	213,7 C	61,50 F	91,7 A	14,0 C	19,9 B
CV(%)	27,31	26,51	19,76	40,5	31,6	26,4

^{1/} Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

- Teores totais e disponíveis de Mn, Pb e Zn

Os teores de Mn, Pb e Zn totais observados para as amostras 1 e 2 (referências) foram superiores aos observados para as demais amostras (Tabela 5). Da mesma forma que o observado para outros elementos, esse resultado indica que os teores observados nos pontos em frente ao *shiploader* e a jusante desses apresentam valores normais sem qualquer indicação de anomalias.

A extração mais branda com o extrator Mehlich-3 solubilizou quantidades significativamente menores daqueles metais, principalmente de chumbo. O padrão se repete para os teores de Mn e Zn.

Tabela 5. Teores totais e solúveis em Mehlich-3 de Mn, Pb e Zn, das amostras de sedimentos coletadas no Rio Trombetas. Médias de três repetições^{1/}

Amostra	Total			Mehlich-3		
	Mn	Pb	Zn	Mn	Pb	Zn
	----- mg/kg -----					
1	431,1 A	21,3 A	47,1 A	233,5 A	*	15,2 ABC
2	342,3 AB	17,0 AB	36,4 AB	179,4 AB	*	13,3 BCD
3	246,5 BCD	16,3 AB	31,1 ABC	142,8 BC	*	18,1 AB
4	165,4 CDE	7,9 DE	15,6 CDE	36,2 F	*	9,3 CDE
5	276,6 BC	13,1 BCD	23,2 BCD	121,5 BCD	*	11,1 CDE
6	221,7 BCDE	6,0 E	16,8 CDE	79,1 DEF	*	11,8 CDE
7	149,3 CDE	10,5 CDE	8,8 DE	58,0 EF	0,1 A	8,9 DE
8	262,6 BCD	16,8 AB	40,6 A	125,2 BCD	0,1 A	20,9 A
9	137,5 DE	8,2 DE	3,7 E	47,1 F	0,2 A	7,3 DE
10	269,8 BC	15,3 BC	36,5 AB	114,3 CDE	*	19,0 AB
11	99,3 E	7,3 E	1,8 E	41,9 F	0,1 A	6,2 E
CV(%)	18,9	14,9	24,8	19,38	-	16,3

* Valor abaixo do limite de detecção da espectroscopia por indução de plasma-ICP-OES.

^{1/} Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

- Teores totais e disponíveis de Cd, Cr e Cu

O maior teor de Cd total observado para a amostra retirada em frente ao píer de rebocadores (amostra 6) não significa necessariamente uma anomalia (Tabela 6). Apesar de estatisticamente diferir das amostras de referência (1 e 2), o valor de

4,5 mg/kg na chega a ser preocupante, pois a magnitude não ultrapassa as faixas normalmente observadas para solos. Esse mesmo comportamento pode ser observado para o cromo, que apesar de não existir diferença significativa entre as amostras seis e um, os valores são muito próximos e dentro da faixa de normalidade ou background da região.

Para o cobre, o comportamento foi semelhante aos demais metais na medida em que a maior concentração foi observada para a amostra referência (1).

A extração com Mehlich-3 não foi capaz de solubilizar as formas de Cd, Cr e Cu presentes nas amostras.

Tabela 6. Teores totais e solúveis em Mehlich-3 de Cd, Cr e Cu das amostras de sedimentos coletadas no Rio Trombetas. Médias de três repetições^{1/}

Amostra	Total			Mehlich-3		
	Cd	Cr	Cu	Cd	Cr	Cu
	----- mg/kg -----					
1	3,7 BC	27,3 A	6,9 A	*	*	*
2	3,3 CD	26,5 AB	4,8 ABC	*	*	*
3	3,0 D	17,6 AB	5,2 ABC	*	*	*
4	3,4 CD	25,2 AB	0,1 C	*	*	*
5	2,8 DE	15,1 BC	2,4 ABC	*	*	*
6	4,5 A	28,1 A	1,2 ABC	*	*	*
7	2,2 EF	5,7 CD	1,3 BC	*	*	*
8	4,1 AB	26,2 AB	6,3 AB	*	*	*
9	2,0 F	3,0 D	0,6 C	*	*	*
10	4,1 AB	25,0 AB	4,1 ABC	*	*	*
11	1,9 F	2,4 D	0,2 C	*	*	*
CV(%)	6,64	21,84	59,33	-	-	-

* Valor abaixo do limite de detecção da espectroscopia por indução de plasma-ICP-OES.

^{1/} Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

- Teores totais e disponíveis de B, Ni e Mo

O maior teor de B total observado para a amostra seis (Tabela 7), também necessariamente não significa uma anomalia, pois estatisticamente não difere da amostra um (1) de referência. Já para o Ni e Mo totais as maiores concentrações foram observadas para a amostra um (1) de referência. Teores solúveis de Ni e Mo não foram detectados.

Tabela 7. Teores totais e solúveis em Mehlich-3 de B, Ni, Mo das amostras de sedimentos coletadas no Rio Trombetas. Médias de três repetições^{1/}

Amostra	Total			Mehlich-3		
	B	Ni	Mo	B	Ni	Mo
	----- mg/kg -----					
1	101,5 ABC	9,7 A	4,6 A	0,6 BC	*	*
2	80,1 BCD	8,0 AB	3,2 B	0,1 C	*	*
3	62,1 CDE	7,3 AB	2,6 BC	4,0 AB	*	*
4	102,3 AB	3,7 CD	2,7 BC	0,2 C	*	*
5	54,9 DEF	5,5 BC	2,0 C	0,2 C	*	*
6	128,7 A	4,3 CD	2,7 C	1,4 BC	*	*
7	26,1 EF	3,7 CD	2,5 BC	3,5 ABC	*	*
8	106,2 AB	8,5 A	2,6 BC	5,3 A	*	*
9	19,7 F	2,7 D	2,2 BC	6,2 A	*	*
10	106,5 AB	7,3 AB	2,6 BC	5,1 A	*	*
11	17,1 F	2,3 D	2,6 BC	7,0 A	*	*
CV(%)	18,79	16,2	13,9	40,39	-	-

* Valor abaixo do limite de detecção da espectroscopia por indução de plasma-ICP-OES.

^{1/} Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

4.2.2 Caracterização física das amostras de sedimentos do Rio Trombetas

Os materiais coletados nos diferentes pontos apresentaram grande variabilidade quanto à textura (Tabela 8). As amostras de referência (1, 2 e 3), assim como as retiradas no transecto 1, apresentam um predomínio de partículas mais finas. Esta tendência decorre do fato daquele transecto encontrar-se mais próximo da margem, portanto mais susceptível a receber materiais mais finos oriundos de processo erosivos.

As demais amostras apresentam materiais mais grosseiros, sem, contudo, apresentarem um padrão que sugira anomalias.

Tabela 8. Análise granulométrica e valores de condutividade elétrica das amostras de sedimentos coletadas no Rio Trombetas.

Amostra	Areia	Areia	Silte	Argila	Classe textural	Cond. elétrica
	grossa	fina				
	----- % -----					μS/cm
1	7	23	25	45	Argila	216
2	12	31	19	38	Franco-argilosa	193
3	2	36	21	41	Argila	89
4	35	42	8	15	Franco-arenosa	128
5	46	8	17	29	Franco-argilo-arenosa	183
6	36	30	11	23	Franco-argilo-arenosa	148
7	37	53	4	6	Areia	90
8	2	19	28	51	Argila	210
9	40	48	4	8	Areia-franca	135
10	1	27	26	46	Argila	252
11	43	45	5	7	Areia-franca	226

De maneira geral os valores de condutividade elétrica (Tabela 8) não podem ser considerados como altos, pois se situam dentro de uma faixa considerada normal para solos não salinos. Os resultados não indicam um padrão definido, quanto aos pontos de coleta, que possa sugerir anomalias ou indicações de efeito direto da atividade antrópica sobre a qualidade do sedimento.

4.2.3 Caracterização química das amostras de água do Rio Trombetas.

As amostras de água coletadas nos diferentes pontos de amostragem no Rio Trombetas apresentaram diferentes valores de pH (Tabela 9). As amostras retiradas nos pontos de controle, a montante do porto, (amostras 1, 2 e 3) e as amostras retiradas em frente ao *shiploader* e do iate (TR2) apresentaram valor de pH próximo a neutralidade. Esse resultado se confronta com os obtidos com as demais amostras que apresentaram valores de pH próximo ou maior que oito, portanto de caráter alcalino.

Os maiores valores de pH foram observados para as amostras retiradas em frente ao iate e da ETE, no transecto 1 próximo à margem esquerda do rio. Estes valores mais elevados de pH não eram esperados na medida em que cursos d'água livres de impactos antrópicos tendem a apresentar relação estreita entre a mineralogia local e características químicas da água. Assim, de acordo com mineralogia local o pH da água do Rio Trombetas deveria apresentar um caráter ácido em não alcalino. Uma possível explicação para este resultado deve-se ao fato de que as amostras permaneceram estocadas por um tempo relativamente longo antes de serem analisadas, possibilitando a formação de um ambiente redutor internamente nos frascos, com o conseqüente aumento do pH.

A possibilidade de anomalia a princípio é descartada em função das amostras 1, 2 e 3 também apresentarem pH alcalino. A fim de que essa dúvida seja sanada recomenda-se um novo programa de amostragens com a medição do pH e da condutividade elétrica *in situ* no momento da amostragem.

Os valores observados de condutividade elétrica foram relativamente baixos, indicando pequena presença de íons em solução. Apenas a título de comparação, um

levantamento realizado em diferentes rios da bacia do Rio Paraíba do Sul apresentou valores médios que variaram de 25,8 a 117,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Torres et al., 1991).

Para as demais variáveis analisadas verificou-se diferença estatística entre as amostras apenas para os teores de cálcio. O maior valor foi observado para a amostra retirada em frente ao iate no transecto 2 (amostra 9), entre o meio do rio e a margem direita e o menor valor para a amostra retirada em frente ao iate no transecto 1 (amostra 10). Desta maneira, apenas essas duas amostras diferem dos valores observados para as amostras de referência, retiradas a montante do porto (1,2 e 3).

Tabela 9. Valores de pH, condutividade elétrica e teores de Ca, Mg, Fe e K das amostras de água coletadas no Rio Trombetas. Médias de três repetições^{1/}

Amostra	pH	CE	Ca	Mg	Fe	K
		$\mu\text{S}/\text{cm}$	----- mg/L -----			
1	7,37 C	12,20 A	0,13 BC	0,23 A	0,07 A	6,34 A
2	7,22 C	11,87 A	0,22 ABC	0,25 A	0,05 A	5,00 A
3	7,27 C	14,07 A	0,32 AB	0,23 A	0,05 A	5,00 A
4	7,25 C	13,17 A	0,24 ABC	0,25 A	0,04 A	5,00 A
5	7,20 C	12,47 A	0,26 AB	0,23 A	0,07 A	5,00 A
6	8,00 BC	12,70 A	0,28 AB	0,22 A	0,06 A	5,00 A
7	7,98 BC	12,87 A	0,24 ABC	0,21 A	0,06 A	5,00 A
8	8,73 AB	12,97 A	0,21 ABC	0,20 A	0,06 A	5,00 A
9	7,44 C	11,90 A	0,37 A	0,24 A	0,05 A	5,00 A
10	9,45 A	16,17 A	0,02 C	0,13 A	0,06 A	5,00 A
11	8,06 BC	12,37 A	0,32 AB	0,30 A	0,03 A	5,00 A
CV(%)	5,23	11,42	34,43	22,02	29,66	8,99

^{1/} Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores de Mg, Fe e K das amostras não diferiram estatisticamente, indicando que a concentração destes elementos, nos diferentes pontos amostrados, encontra-se na faixa natural de background da região.

Para todas as amostras não foi detectada a presença de zinco, manganês, cobre, níquel, chumbo, cromo e cádmio, indicando que se esses elementos encontram-se presentes na água amostrada, as concentrações são muito baixas, inferiores a resolução da técnica de dosagem por espectrometria por absorção atômica. Para esses elementos a resolução da técnica é inferior as concentrações máximas estabelecidas para as águas classe 1 da resolução número 10 do COPAM de 16/12/1986.

5. Conclusões

Os difratogramas de raio X obtidos com as amostras de solo retiradas na boca do Lago do Irepecú (amostra referência) e na REBIO evidenciaram a predominância de caulinita, sem indicação qualquer da presença de gibbsita, que é o mineral predominante na poeira da bauxita. Este resultado indica que as áreas amostradas na REBIO não estão sendo impactadas pela deposição de poeira da bauxita.

A análise química das amostras de sedimentos coletadas a montante, em frente e a jusante do *shiploader* não evidenciou nenhuma anomalia ou influência direta de atividade antrópica sobre a qualidade daqueles materiais. A presença de elevados teores totais de Al e Fe, bem como os baixos valores de pH, são perfeitamente previsíveis em função da composição das rochas locais.

A caracterização das amostras de água coletadas nos diferentes pontos não evidenciou anomalias. Os valores de pH não foram relacionados com as características geoambientais da região, indicando que durante o tempo de armazenamento das amostras houve a formação de ambiente redutor promovendo o aumento dos valores de pH. Para a caracterização desta variável recomenda-se a sua determinação *in situ*.

6. Bibliografia

Torres et al. 1991. Heavy metals on sedimentys from low Paraíba do Sul River watershed. In: Intern. Conf. of Heavy Metals in the Environment vol1, Endinburgh, Scotland, 1991.p.253

ANEXOS

