

ÁGUAS DA REGIÃO DO DELTA DO RIO DOCE COM ÊNFASE NO VALE DO SURUACA, LINHARES – ES¹

João Luiz Lani

Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa

Servulo Batista de Rezende

Professor Aposentado do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa

Jerry B. Sartain

Professor da University of Florida, Soil Department

José Antônio Lani

Pesquisador do INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa Agropecuária. Linhares, ES

1 Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

INTRODUÇÃO

O “Vale do Suruaca” localiza-se no lado norte da foz do rio Doce e predomina nas suas baixadas os solos hidromórficos (Figura 1). Foi uma das últimas áreas do sudeste brasileiro a ser colonizada em razão de ser pantanosa, de difícil acesso, com alta incidência de febre amarela e a sua drenagem envolvia a necessidade de altos investimentos. A drenagem iniciou-se a partir de 1968 por atuação do Governo Federal, através do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) (ENGENHARIA GALLIOLI, 1966 e 1970, ROBERTSON-SCHULTZ, 1973). A área, até então, em sua grande parte, era de terras devolutas. O objetivo da drenagem era o de ampliar a área agrícola do Estado do Espírito Santo. Nelas, seria cultivado em menor quantidade o

arroz e a prioridade seria para pastagens (pecuária). Somente parte do projeto original foi executado e os estudos de sua viabilidade técnica não contemplaram as conseqüências ambientais da drenagem e conseqüentemente do manejo do lençol freático. O retirar das águas e a viabilidade econômica do número de cabeças de gado que poderiam ali ser criadas e os sacos de arroz que poderiam ser colhidos nortearam o projeto. O apelo econômico sobrepujou os outros aspectos, especialmente os ambientais talvez por falta de conhecimento ou sensibilidade à época. Com a drenagem e principalmente com a descoberta de petróleo na região levou a Petrobrás a construir os meios de acesso (estradas), o que facilitou a utilização mais intensiva dos solos da região.

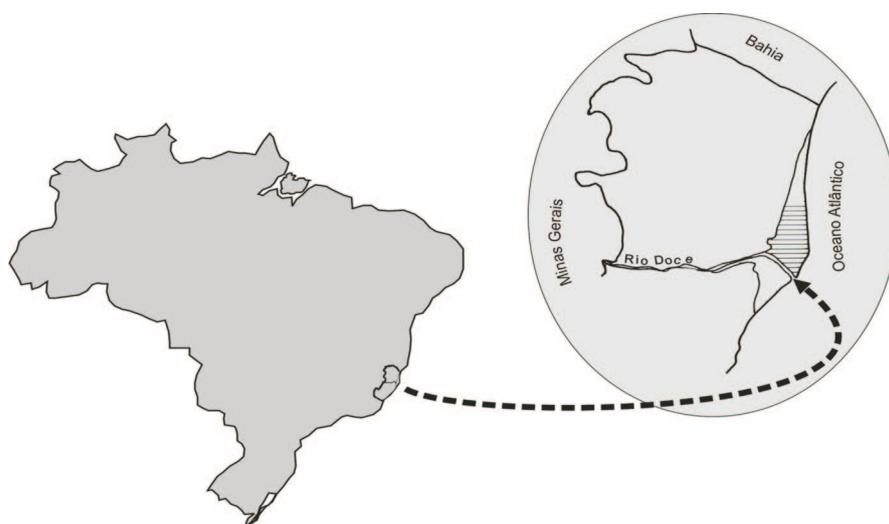


FIGURA 1. Localização do delta do rio Doce e do “vale do Suruaca” no Estado do Espírito Santo.

Águas da região do delta do rio doce com ênfase no vale do suruaca, Linhares-ES

Como ocorrem diversos tipos de solos com predominância dos Organossolos e Gleissolos tiomórficos (EMBRAPA, 1999; 2006) que tem na sua gênese a influência do processo de hidromorfismo procurou-se pela qualificação das águas e pela experiência dos moradores da região compreender melhor este ecossistema. Para tanto, tentou-se responder as seguintes questões: Quais os principais tipos de águas que ali ocorrem? Quais são as suas principais características físicas e químicas? Seriam águas próprias para o consumo humano? Elas relacionam com os diferentes tipos de solos que ali ocorrem? Será possível usá-las como identificadoras dos diversos ambientes? Quais

são os seus efeitos ao meio ambiente, na saúde humana e na animal?

DESENVOLVIMENTO

Com o conhecimento obtido através dos moradores da área, procurou-se coletar amostras de águas que atendessem aos seus critérios empíricos de classificação e também as que ocorressem em cada ambiente procurando verificar as características de cada uma delas como cor, sabor, tipo de solo e a presença de outros indicadores que pudessem associá-las ao tipo de ambiente (Tabela 1).

TABELA 1. Locais de coleta das amostras de água na região de estudo

Amostras	Local e Observações	Latitude Sul	Longitude Oeste
01	• A 15 km da saída da BR 101, Fazenda Paulista, em direção à Fazenda Cedro, lado esquerdo, descendo o barranco, na propriedade de Arildo Tessarolo	18° 52' 11"	39° 48' 16"
02	• Na ponte da Fazenda UNICAFÉ, no canal principal	18° 53' 00"	39° 47' 02"
03	• Fazenda de Guido Zon, próximo à Estação da Petrobrás.	18° 54' 29"	39° 47' 19"
04	• A 100 m antes da sede da Fazenda de Wilson Zon, no canal de drenagem, a 50 m distante da estrada, lado esquerdo.	18° 56' 01"	39° 48' 10"
05	• Poço de água para o gado, a 50 m da sede da Fazenda de Wilson Zon	18° 56' 44"	39° 47' 25"
06	• Após a sede da Fazenda do Sol, na estrada à direita, a 5 km, lado direito, após a ponte de cimento.	19° 17' 20"	39° 47' 02"
07	• Idem 06, no canal de drenagem, lado esquerdo.	19° 18' 24"	39° 46' 34"
08	• Fazenda do Sol – sede, água potável, (na torneira).	19° 17' 41"	39° 49' 52"
09	• Água do mar – praia do Pontal do Ipiranga.	19° 10' 07"	39° 43' 43"
10	• Ponte do rio Barra Seca- próximo a Petrobrás.	19° 07' 09"	39° 44' 30"
11	• Rio Doce - na ponte de Linhares (próximo da sede do INCAPER).	19° 25' 12"	40° 04' 54"
12	• Fazenda AGRIL – Riacho, Aracruz, no antigo talhão de arroz, no lado esquerdo.	19° 40' 45"	40° 00' 45"
13	• Fazenda AGRIL – Riacho, Aracruz, na ponte, local de captação de água	19° 41' 18"	40° 00' 45"

Para comparação, tomaram-se amostras de água do rio Doce, principal rio da região, que influencia quando das suas cheias toda a região do delta e também amostra da água do mar. Quando possível, estabeleceu-se como critério a coleta das amostras de água a 30 cm de profundidade e no meio do rio, córrego ou vala de drenagem. Logo após a coleta, as amostras foram rapidamente levadas ao laboratório da Universidade Federal de Viçosa

para o procedimento das análises segundo os critérios recomendados pela American Public Health Association (1971).

As águas foram classificadas segundo os seguintes critérios de águas para irrigação adotada por Richards, (1954) e pelo diagrama de Piper (DAVIS et al, 1966). Amostras de águas do rio Doce (ponte de Linhares, ES) foram coletadas e obtidos os sedimentos pela evapo-

ração. O material de solo obtido foi submetido à análise química (EMBRAPA, 1997) e a difração de raios-X (fração argila). Usou-se um difratômetro Rigaku, radiação Cu K α de $\lambda = 1,5418$ Ao com filtro de Cu (WHITTIG & ALLARDICE, 1994; MOORE & REYNOLDS Jr., 1989).

Os diferentes tipos de solos foram também identificados com a abertura de trincheiras, descrição de perfis e coletas de amostras de solos (LEMON & SANTOS, 1996) e classificados segundo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999, 2006).

Percebeu-se (Tabela 2) a possibilidade de separar as águas em três classes, sendo duas principais: a de cor de café, normalmente com pH mais elevado e, as muito transparentes e adstringentes; no dizer dos moradores: “aquelas que apertam, parecendo pedra ume”, com pH excessivamente baixo. As demais apresentaram outras características em razão da peculiaridade de cada uma delas, como por exemplo, a água potável (amostra 8); água do mar, a do próprio rio Doce que dependendo da época do ano altera a sua composição e a coloração em razão da maior ou menor quantidade de sedimentos vindos de montante.

TABELA 2. Localização, características e importância da coleta de amostras de águas na região do Delta do rio Doce, ES.

Amostra	Localização (entre parênteses unidade de solo)	Características	Importância
----- Cor de café -----			
1	Fazenda Paulista de Arildo Tessarolo (GP)	Cor de café devido à presença de ácidos orgânicos; água do fundo do perfil de solo;	Avaliar a influência do lençol freático nas propriedades químicas do GP;
2	Canal principal de drenagem; Fazenda UNICAFÉ (PH; GP; GH e O)	Canal com aproximadamente 10 m de largura; águas com certa velocidade;	Avaliar as características das águas de drenagem de uma grande área drenada;
4	Canal de drenagem da Fazenda Barra Seca; (GP)	Presença de argila dispersa e elevado número de caramujos da esquistosomose; usada pelos animais;	Avaliar a água de drenagem do GPe argiloso usada pelo gado;
6	Lado direito; estrada da Fazenda do Sol (GPd)	Vala de drenagem de aproximadamente 20m de largura; dreno muito extenso;	Comparar com a água transparente do outro lado a estrada (amostra 7); a água drenada vem da parte superior da paisagem; a estrada forma um dique;
10	Na ponte da Foz do rio Barra Seca (PH; GP; GH; O)	Rio com aproximadamente 30m de largura; cor de café; resultado de praticamente toda a drenagem do Vale do Suruaca, (Bacia do rio Barra Seca);	Verificar a qualidade da água na bacia de drenagem;
----- Muito transparentes (cristalinas), baixo pH e adstringentes -----			
3	Fazenda do Guido Zon/Petrobrás (GP)	Lagoa de águas transparentes; ausência de vegetação aquática e sabor adstringente;	Conforme informações estas lagoas são áreas de depósitos de águas residuais da Petrobrás;
7	Lado esquerdo; estrada da Fazenda do Sol (GPt)	Transparente; vala de drenagem de aproximadamente	Comparar com água do dreno do outro lado da estrada;

(...)

Águas da região do delta do rio doce com ênfase no vale do suruaca, Linhares-ES

(...)		20m de largura, profundo, muito extenso; ausência de vegetação; adstringente; (tiomórficas);	neste, a água da parte de baixo da paisagem é drenada;
12	Fazenda AGRIL - dentro do talhão de arroz (GPt e GHt)	Água muito transparente; (tiomórficas);	Verificar a qualidade da água dentro dos talhões de arroz;
13	Fazenda AGRIL - local de captação de água para uso doméstico (GPt)	Água muito transparente com presença de vegetação subaquática (tiomórficas).	Avaliar a qualidade da água de drenagem de uma região com solos tiomórficos.
----- Outras características -----			
5	No barreiro próxima à sede da Fazenda Barra Seca (GP)	Cor amarelada, presença de argila dispersa; barreiro com pequena profundidade; usada pelo gado;	Avaliar a água do barreiro (represada) usada pelo gado;
8	Sede da Fazenda do Sol	Clara, potável, sem sabor; coletada em poço de Podzol Hidromórfico (4 m);	Comparar com as demais (padrão);
9	Pontal do Ipiranga - água do mar	Coletada próximo da praia; presença de sedimentos;	Comparar com as demais;
11	Rio Doce; sede da INCAPER	Água turva com presença de sedimentos	Avaliar a qualidade da água do principal rio da região que durante o período das cheias pode inundar a área;

GP: Gleí Pouco Húmico (Gleissolo Háplico); GH: Gleí Húmico (Gleissolo Melânico); PH: Podzol Hidromórfico (Espodossolo); O: Orgânico (Organossolo); t: tiomórfico; e: eutrófico; d: distrófico (EMBRAPA, 1978 e 1999; 2006).

A água da Petrobrás (amostras 3) (Tabela 3) é atípica ao ambiente natural. Apresentou salinidade bastante elevada e os seus teores de sódio excedem ao contido na água do mar, além dos seus elevados teores de chumbo.

TABELA 3. Resultados analíticos das amostras de água na região do Delta do rio Doce.

Elementos	Ud	Amostras de água												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
pH		4.3	5.6	3.0	7.9	7.8	8.3	5.8	6.9	8.0	7.2	7.2	3.0	3.4
Turbidez	Ntu	1000	5	8	1	12	1	47	9	30	6	130	25	10
C. Elétrica	dS/m-1	0.23	0.09	26.70	3.48	3.70	1.11	1.73	0.11	58.80	0.59	0.10	1.01	0.48
Alcalinidade	-		11		159	128	1737	12	16	103	31	34		
Al	-	0.9	0.5	5.9	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	1.1	78.6	12.1
Silício	-	1.39	2.37	0.35	3.56	2.54	2.50	9.26	6.83	1.89	3.79	8.18	4.26	3.27
Salinidade	-	52	41	15900	1000	1650	57	160	41	33000	75	30.00	39	35
Dureza	-	37	18	4750	489	599	69	250	37	7190	47	16	40	56
SD	-	4900	2000	54700	3300	4000	2000	4700	2000	116000	2000	2000	2000	2000
NH4	-	0.29	0.14	10.39	0.23	0.09	1.84	6.64	0.09	0.20	0.15	0.00	0.57	0.77
NO3	-	94	29	10	21	11	43	11	2	4	15	14	11	2
P	-	0.28	0.07	0.32	0.22	0.23	0.13	0.21	0.04	0.63	0.09	0.11	0.18	0.07
PO4	-	0.859	0.215	0.981	0.675	0.705	0.399	0.644	0.123	1.932	0.276	0.337	0.552	0.215
Na	-	21.57	14.43	5252.59	454.56	526.30	150.51	207.31	9.41	3994.58	93.38	11.83	16.47	15.24
K	-	20.72	2.10	108.97	21.60	39.91	13.08	12.56	6.15	586.90	5.77	4.77	3.34	2.03
Ca	-	5.57	3.37	1335.59	195.93	152.41	43.54	88.97	3.15	331.16	14.16	4.16	13.90	11.55
Mg	mg L-1	10.28	2.22	254.96	61.28	75.36	35.82	85.69	4.48	902.09	14.73	1.41	13.86	8.36
S	-	17.94	2.02	3.24	63.92	47.49	65.85	252.60	5.29	849.44	17.16	2.11	195.22	55.53
SO4	-	54	6	10	192	142	197	757	16	2547	51	6	585	167
Fe	-	0.0	0.3	6.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	8.5	0.9
B	-	0.09	0.04	5.19	0.43	0.32	0.41	0.37	0.04	3.81	0.11	0.03	0.04	0.04
Co	-	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00		0.05	0.00	0.03	0.00		0.07	0.03
Cr	-	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00
Cu	-	0.03	0.01	0.07	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01
Hg	-	0.00	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.06	0.01
Mn	-	0.08	0.01	0.95	0.00	0.00	0.00	1.90	0.02	0.02	0.00	0.00	1.04	0.63
Pb	-	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.08	0.02
V	-	0.00	0.00	0.06	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	-	0.02	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01	0.22	0.05

TABELA 4. Efeitos das águas salinas em animais domésticos.

Salinidade	Comentários
---- mg L ⁻¹ ----	
< 1.000	Sem problemas a nenhuma espécie doméstica de interesse econômico;
1.000 - 3.000	Satisfatórias; diarreia apenas temporária e moderados sem afetar saúde ou desempenho;
3.000 - 5.000	Satisfatória, com exceção de aves; nessas, causam fezes aguadas, aumentando a mortalidade e reduzindo o crescimento, principalmente em perus;
5.000 - 7.000	Razoáveis para o gado de corte e leite, ovinos e equinos. É bom evitar uso das mais salinas em animais prenhes ou em lactação. Não são aceitáveis para aves;
7.000 – 10.000	Inadequadas para aves e provavelmente para suínos. Risco, se usadas em vacas prenhes ou em lactação; cavalos, carneiros e animais jovens dessas espécies;
> 10.000	Não recomendáveis sob nenhuma condição.

Adaptado de Shirley e Carvalho (1976).

Provavelmente, conforme informações obtidas dos moradores é proveniente de resíduos industriais da Petrobrás, que usa solução salina para facilitar a penetração da broca na perfuração dos poços de petróleo. Esta água

é depositada em lagoas, sujeitas à inundação, que ocorrem periodicamente com as cheias do rio Doce. Com a inundação poderia estender os seus efeitos maléficos a uma extensão maior, além de contaminar o lençol freático.

Águas da região do delta do rio doce com ênfase no vale do suruaca, Linhares-ES

Este fato reveste-se de suma importância, pois a hidrologia do “Vale do Suruaca” atua como se fossem verdadeiros vasos comunicantes e com isso teria-se o processo de contaminação por estas águas ampliado.

Sugere-se, na impossibilidade de ter-se outra opção de tratamento, que as mesmas fossem lançadas ao mar em razão do seu maior poder de diluição já que este se encontra bem próximo do local de depósito.

A água do barreiro (amostra 5), em razão de

o solo ser eutrófico (Gleissolo Háplico), alta evaporação da região e estar num ambiente fechado (poço), que impede a diluição com outras águas, apresenta salinidade que pode afetar os animais com diarreias temporárias (Tabela 4). Tal fato, no entanto, não foi constatado pelos pecuaristas.

A condutividade elétrica (CE) é a característica que mais se relaciona com as demais. Por esta característica de fácil determinação pode-se estimar os valores de salinidade, dureza, potássio e sódio com relativa precisão (Tabela 5).

TABELA 5. Equações de regressão e coeficientes de correlação entre a condutividade elétrica (x) e outros parâmetros.

	Equação	r
Salinidade	(\hat{Y}): $159,84x_2 - 225,50x + 87,28$	0,981
Dureza	(\hat{Y}): $28,737x_2 + 45,712x + 15,409$	0,987
Potássio	(\hat{Y}): $2,4643x_2 - 2,1565x + 7,3755$	0,836
Sódio	(\hat{Y}): $16,454x_2 + 77,77x + 1,5527$	0,983

Não foram consideradas as amostras 3 (Petrobrás) e a do mar (amostra 9).

As amostras 4 e 5 apresentam elevados teores de cálcio e magnésio à exceção da água contaminada (amostra 3) e a do mar (amostra 9). Havia nelas uma grande quantidade de caramujos (*Australorbis* sp), cerca de 10 unidades por m² na parte mais rasa do canal de drenagem. Eles são vetores da esquistossomose, o que representa um sério perigo à saúde humana. Alguns exemplares destes caramujos foram analisados sob lupa binocular e não se encontrou neles a cercária, isto é, não estavam contaminados.

Esta constatação permite o seguinte raciocínio:

1. A presença do caramujo demonstra que se não houver um saneamento básico adequado esta área tornar-se-á altamente sujeita à contaminação com esta verminose. Há cál-

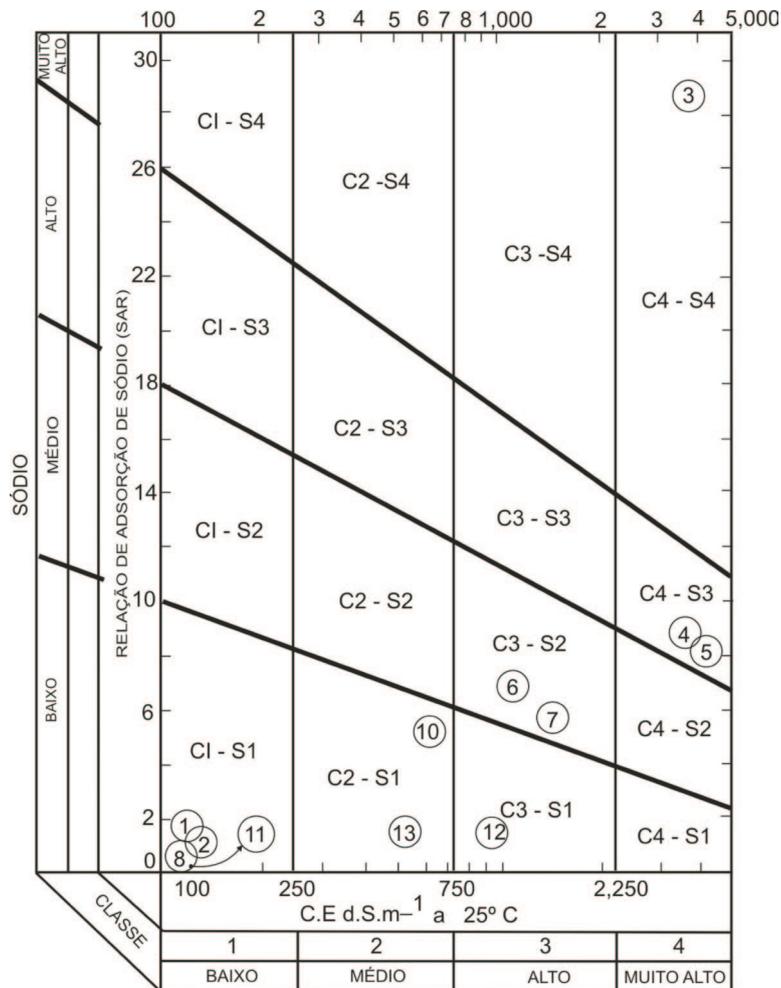
culo suficiente na água para a formação das carapaças (sobrevivência dos caramujos). Há ali um contato muito íntimo entre o homem e as águas. Os canais servem muitas vezes de transporte as áreas inundadas.

2. A começar um controle desta verminose deveria iniciar-se pelas águas eutróficas onde os caramujos são mais abundantes e com isto eliminar-se-ia os focos potenciais de criação de caramujo;
3. A presença do caramujo pode ser um indicador de águas eutróficas.

Classificação das águas

Pela classificação de águas para irrigação (Figura 2) (RICHARDS, 1954) as amostras 3 (Petrobrás) e a 9 (do mar), devido à alta salinidade fogem aos critérios estabelecidos. As demais são classificadas como:

FIGURA 2. Diagrama para a classificação de águas para irrigação (Richards, 1954). Número das amostras coletadas em círculo.



C1S1 - baixa salinidade e baixo SAR (Relação de absorção sódio) - Aptas a serem usadas para irrigação sem nenhum cuidado específico: a amostra 1 (Fazenda Paulista); amostra 2 (Canal principal da Fazenda da UNICAFÉ); amostra 8 (potável - sede da Fazenda do Sol) e amostra 11 (rio Doce);

C2S1 - média salinidade e baixo SAR. Uso possível para plantas tolerantes. Amostra 10 (Foz do rio Barra Seca - a proximidade do mar e a movimentação da maré influenciam a salinidade dessas águas) e amostra 13 (local de captação de água da Fazenda AGRIL) - influência do tiomorfismo no pH; água extremamente ácida. Não é considerado neste sistema de classificação, desaconselha-se o uso da mesma para irrigação ou qualquer outro uso.

As demais, são desaconselháveis os seus usos na irrigação, a não ser que se façam tratamen-

tos adequados. São classificadas como:

C3S1 - alta salinidade e baixo SAR. Amostra 12 (talhão de arroz na Fazenda AGRIL);

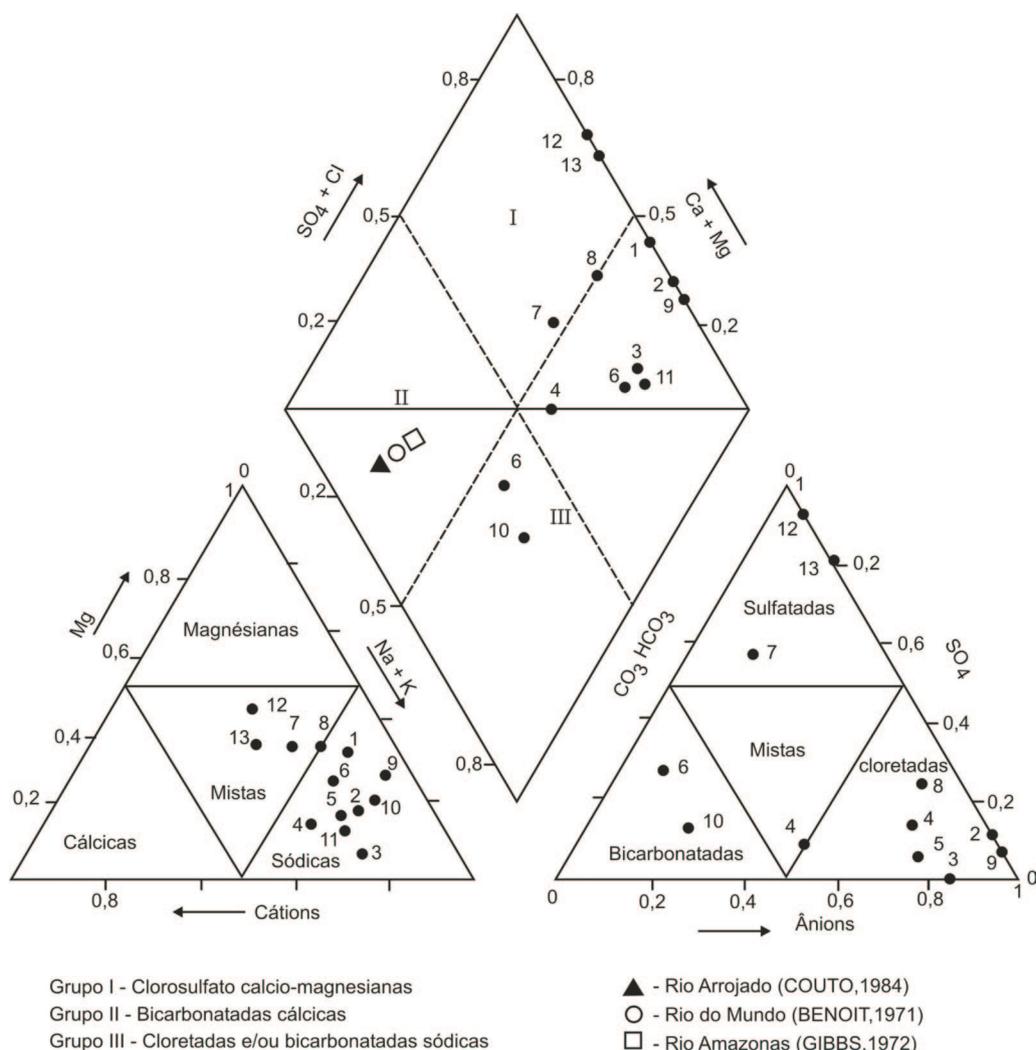
C3S2 - alta salinidade e médio SAR. Amostras 6 e 7 (lado direito e esquerdo da estrada da Fazenda do Sol - canais de drenagem);

C4S3 - muita alta salinidade e médio SAR. Amostras 4 e 5 (ambas na Fazenda Barra Seca);

C4S4 - muita alta salinidade e muito alto SAR. Amostra 3 (Petrobrás).

Quanto ao caráter químico (Diagrama de Piper) (Figura 3), grande parte das amostras tais como as amostras 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12 e 13 são classificadas como cloro sulfato calcomagnessianas (grupo I) e as amostras 6 e 10 são classificadas no grupo II como bicarbonatadas cálcicas.

FIGURA 3. Classificação das águas quanto ao caráter químico (diagrama de Piper) (DAVIS et al., 1966).



Fósforo

Os teores de fósforo são elevados em praticamente todas as amostras (Tabela 6). Os valores variam de 0,04 mg L⁻¹ na amostra de água potável (Fazenda do Sol) a 0,28 mg L⁻¹ no perfil do Gleissolo Háptico (Fazenda Paulista). Nesta análise desconsiderou-se a amostra contaminada (Petrobrás) e a água do mar que são atípicas. Qual ou quais são os fatos que influenciam estes elevados teores de fósforo? Para algumas amostras é possível encontrar uma explicação. Por exemplo, a do talhão de arroz possivelmente deva-se aos resíduos de

adubos fosfatados aplicados na cultura. A do rio Doce é possível que seja em razão dos sedimentos dos solos ferríferos à montante que apresentam elevados teores de fósforo total (FONTES et al.; 1985; CURI & FRANZMEYER, 1987). Os resultados analíticos da argila em suspensão do rio Doce apresentaram teores médios de fósforo (14,2 mg dm⁻³) e elevados teores de ferro e manganês, o que corrobora com esta hipótese (Tabela 7). Foram identificados nestes sedimentos pela difração de raios-X, a presença de mica, goethita, gibb-sita e caulinita (Figura 4).

TABELA 6. Teores de fósforo total em águas de rios, canais e do lençol freático de vários locais

Água analisada	Localização	mg.L-1	Fonte
Rio Arrojado 1	Cerrado	0,026	COUTO, 1984
Rio Arrojado 2	Cerrado	0,021	COUTO, 1984
Rio Arrojado 3	Cerrado	0,027	COUTO, 1984
Lençol freático de Solo Orgânico	Cerrado	0,034	COUTO, 1984
Rio Amazonas	Amazônia	0,013	GIBBS, 1972
Lençol freático de PH 1 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,937	GOMES, 1995
Lençol freático de PH 2 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,386	GOMES, 1995
L. freático de Areia Quartzosa-Podzol 1 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,221	GOMES, 1995
L. freático de Areia Quartzosa-Podzol 2 (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,004	GOMES, 1995
Lençol freático de Podzol (Cabo Frio)	Restinga, Rio de Janeiro	0,308	GOMES, 1995
Canal de drenagem (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,724	GOMES, 1995
Canal de irrigação de canavial (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,046	GOMES, 1995
Riacho cortando canavial (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,019	GOMES, 1995
Canal Lagoa Feia, Macaé (Quissamã)	Restinga, Rio de Janeiro	0,008	GOMES, 1995
Canal rio Uma	Restinga, Rio de Janeiro	0,019	GOMES, 1995
Afluentes do rio Madeira	Foz do rio Ji-Paraná	0,016	PESSENDA et al., 1986
Afluentes do rio Madeira	Foz do Jamari	0,006	PESSENDA et al., 1986
Afluentes do rio Madeira	Rio Aripuanã	0,016	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Porto Velho	0,019	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Humaitá	0,022	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Fátima	0,022	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Manicoré	0,019	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	América	0,036	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Fazenda Vista Alegre	0,016	PESSENDA et al., 1986
Rio Madeira, canal principal	Uricutituba	0,013	PESSENDA et al., 1986
Média		0,119	CV: 23,72
Glei Pouco Húmico (perfil)	Fazenda Paulista	0,28	
Canal principal de drenagem	Fazenda UNICAFÉ	0,07	
Lagoa de depósitos residuais	Fazenda Guido Zon/ Petrobrás	0,32	
Canal de drenagem	Fazenda Barra Seca	0,22	
Barreiro	Fazenda Barra Seca	0,23	
Canal de drenagem (lado direito)	Fazenda do Sol	0,13	
Canal de drenagem (lado esquerdo); tiomórfico	Fazenda do Sol	0,21	
Água potável	Fazenda do Sol (sede)	0,04	
Mar	Pontal do Ipiranga	0,63	
Rio Barra Seca	Foz	0,09	
Rio Doce	Linhares	0,11	
Talhão de arroz – tiomórfico	Fazenda AGRIL	0,18	
Local de captação de água - tiomórfico	Fazenda AGRIL	0,07	
Média (13 amostras)	Delta do rio Doce	0,198	CV: 15,60

PH – Podzol Hidromórfico (Espodossolo).

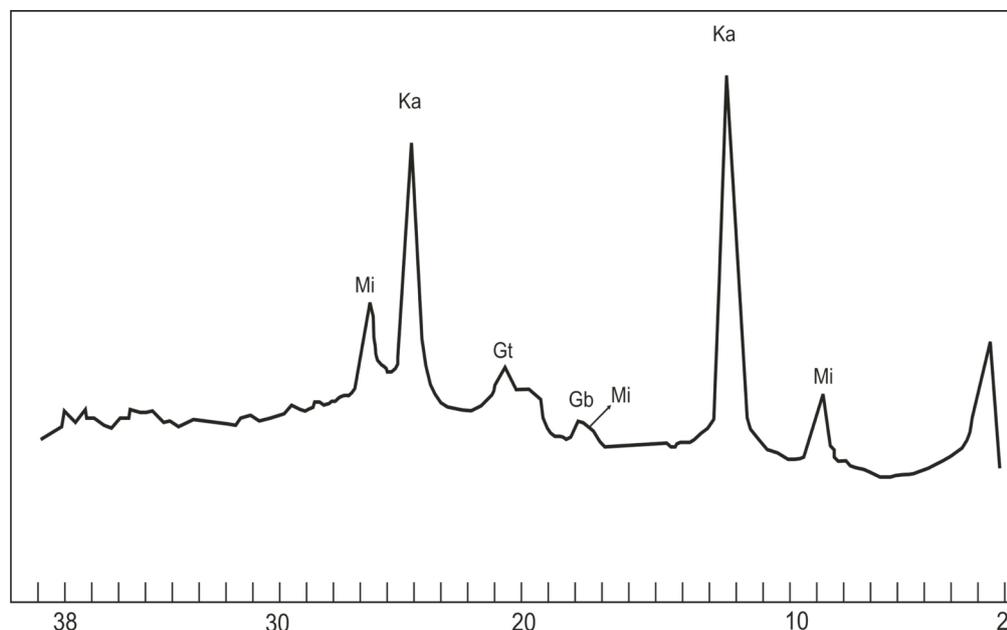
Águas da região do delta do rio doce com ênfase no vale do suruaca, Linhares-ES

TABELA 7. Resultados analíticos dos sedimentos (argila) colhidos das águas do rio Doce, em Linhares, ES.

Características	Valor
pH (água, 1: 2,5)	8,0
Fósforo (mg dm-3)	14,2
Potássio (mg dm-3)	1.358,0
Alumínio (cmolc dm-3)	0,0
Cálcio (cmolc dm-3)	6,1
Magnésio (cmolc dm-3)	2,0
Hidrogênio + alumínio (cmolc dm-3)	0,3
Soma de bases (cmolc.dm-3)	11,52
CTC efetiva (cmolc.dm-3)	11,52
CTC total (cmolc.dm-3)	11,82
Saturação por bases (%)	97,5
Zinco (mg dm-3)	21,2
Ferro (mg.dm-3)	154,0
Manganês (mg.dm-3)	94,0
Cobre (mg.dm-3)	27,2

P e K – Extrator Mehlich-1; Al, Ca e Mg – KCl 1 mol L-1.

FIGURA 4. Difratoograma de raios-X dos sedimentos das águas do rio Doce colhida na ponte de Linhares, ES. Mi – mica; Ka – caulinita; Gt – goethita; Gb – gibsita.



Outro fato que talvez dê uma maior contribuição a estes elevados teores de fósforo são os resíduos domésticos e industriais, principalmente os detergentes lançados no rio Doce pelas pequenas e médias cidades a montante como Linhares, Colatina, Governador Valadares e outras que se localizam ao longo de seu curso. Outra hipótese é a quantidade de fósforo contida na própria água em razão dessa

atravessar um enorme volume de sedimentos antes de alimentar as nascentes, fato observado também por Couto, (1984) no rio Arrojado. Esta hipótese é pouco provável devido ao alto poder de adsorção de fósforo dos solos dessa região. É possível que o fósforo seja originado da fração orgânica que está sendo mineralizada.

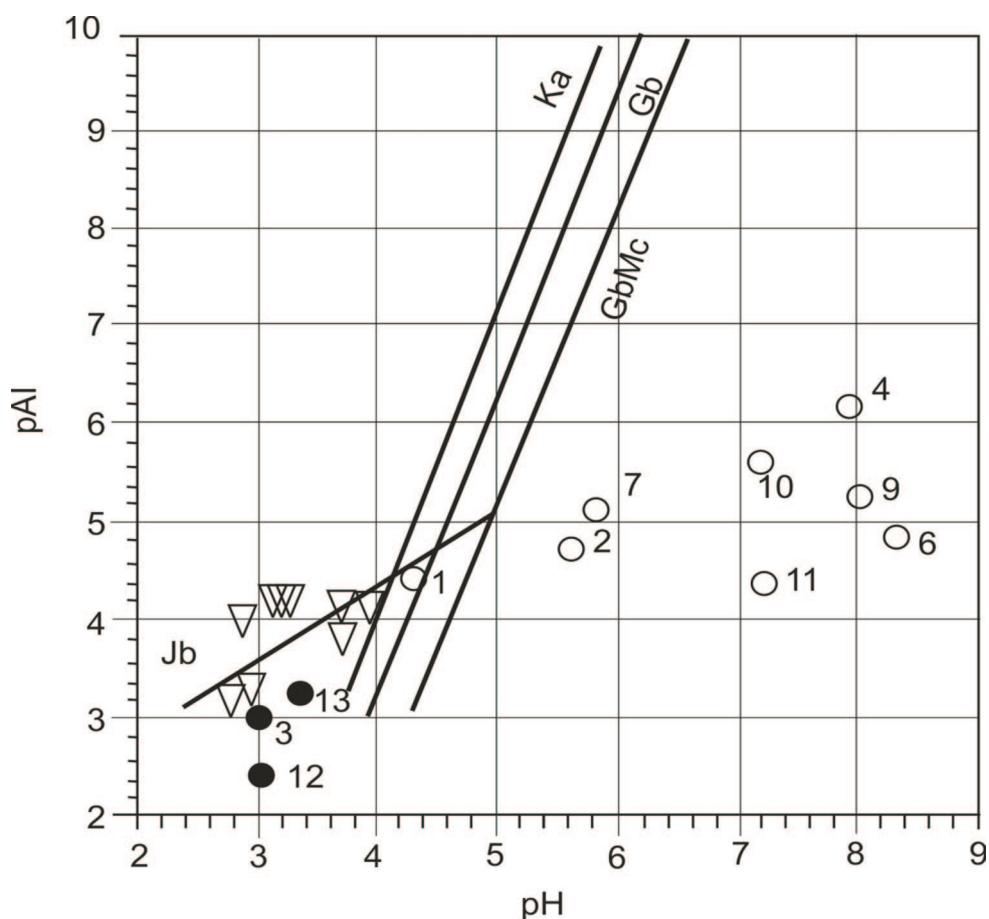
Equilíbrio químico

Pelo diagrama (Figura 5) é possível identificar os minerais que possivelmente controlam a atividade de alumínio na água. Para as amostras 3 (Petrobrás), 12 e 13 (Fazenda AGRIL - tiomórficas) é a jurbanita. Van Breemen,

(1973), especula que este mineral pode estar na forma amorfa ou presente em quantidades não detectáveis pelos raios-X. Na amostra 1, o pAl é controlado pela caulinita e as demais pela gibbsita microcristalina. É possível ainda observar no diagrama que pelo pH pode-se separar três grupos de águas:

- Classe 1 - de pH superior a 7,0;
- Classe 2 - de pH próximo a 6,0 e;
- Classe 3 - de pH abaixo de 4,3.

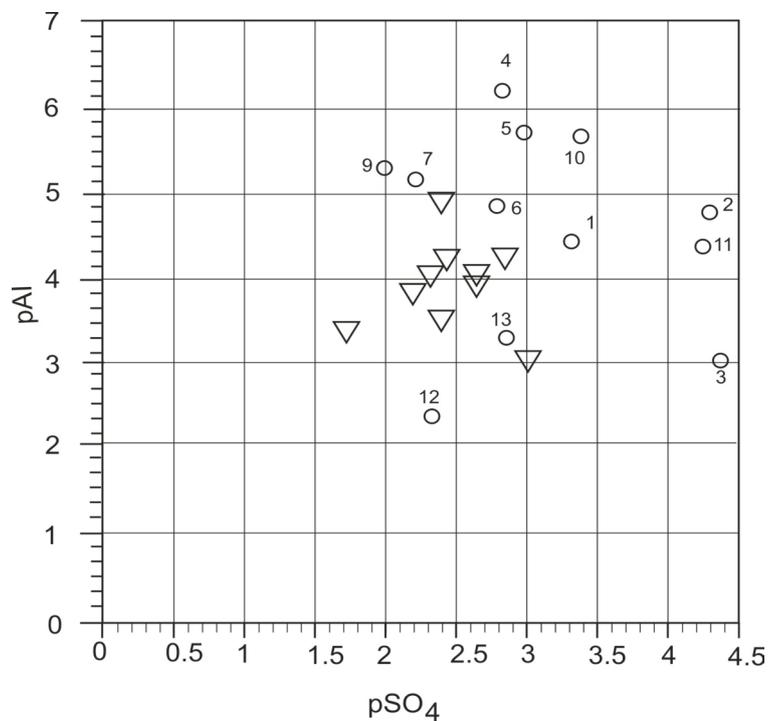
FIGURA 5. Relação entre o pH e pAl+3 para água de superfície em referência às linhas de solubilidade de jurbanita (Jb), caulinita (Ka), gibbsita (Gb) e gibbsita microcristalina (Gbmc).



Há uma tendência de relacionamento entre o pSO₄ e pAl₃- (Figura 6). Esta relação corrobora com as informações obtidas por Kara-

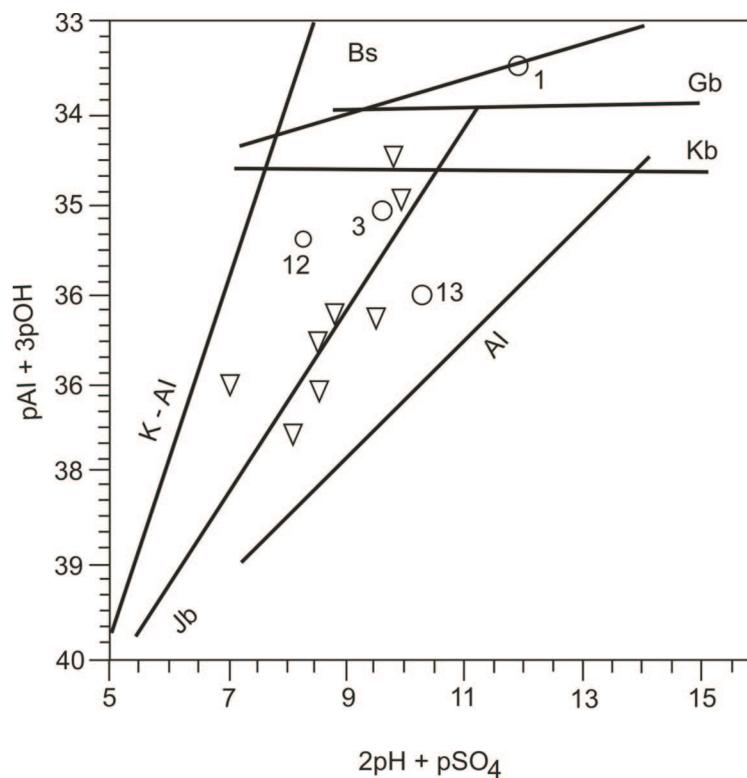
thanasis, (1988) e Nordstrom & Ball, (1986) para águas tiomórficas provenientes de minas de carvão.

FIGURA 6. Relação entre pAl^{3+} e pSO_4^{2-} nas amostras de água.



Pelo diagrama de solubilidade dos minerais alumosilicatados e sulfatados aluminosos (Figura 7) a amostra 1 é controlada pela basalunita, as amostras 3 e 12 pela alunita e a amostra 13 pela jurbanita.

FIGURA 7. Diagrama de solubilidade de minerais alumosilicatados e sulfatos aluminosos controlados pela dissolução de Al^{3+} no pAl^{3+} versus $2pH + pSO_4^{2-}$ ($pH_4SiO_4 = 3,5$; $pK^+ = 4,0$).



▽ KARATHANANIS et al. (1988)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que há diversos tipos de água na região do delta do rio Doce. Elas podem ser usadas como indicadoras dos diferentes ambientes. Os moradores da região já as classificam pela cor e pelo sabor. As águas muito transparentes (hialinas) podem auxiliar na identificação dos solos com tiomorfismo. A presença de caramujos identifica as águas eutróficas. Devem-se tomar medidas para não acumular nas lagoas artificiais as águas contaminadas que representam um sério risco de contaminação do lençol freático. As águas tiomórficas (extremamente ácidas) contêm altos teores de alumínio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13. ed. Washington, D.C., 874 p. 1971.
- BENOIT, R.J. Geochemistry of eutrophication. In: Rohich, G. A. (Ed.). Washington, D.C.: National Academy of Sciences, p.614-630. 1971.
- COUTO, E.G. Caracterização, gênese e uso de solos utilizados pelos pequenos agricultores do alto vale do rio Arrojado, Bahia. 1984. 119p. Dissertação de Mestrado. Viçosa: UFV.
- CURI, N.; FRANZMEYER, D.P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some Oxisols in Brazil. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 51, p. 153-158, 1987.
- DAVIS, S.N., DEWIEST, R. J. M. Hydrology. New York, Wiley, 463p. 1966.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro: 461p. 1978.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 412p. 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 306p. 2006. 2a Ed.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p. 1997. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- ENGENHARIA GALLIOLI. Várzea litorânea entre os rios Doce e São Mateus, região da lagoa Suruaca (Estado do Espírito Santo), Plano de Saneamento, Relatório. Rio de Janeiro, 1966. Não paginado. (Processo, 376, agosto 1966).
- ENGENHARIA GALLIOLI. Várzea litorânea entre os rios Doce e São Mateus, região da lagoa Suruaca (Estado do Espírito Santo), plano de saneamento, estimativa sumária de custo. Rio de Janeiro, Não paginado. 1970.
- FONTES, M.R.; FABRIS, J.; RESENDE, M. Concreções ferruginosas de alguns solos brasileiros. II. Caracterização mineralógica. Rev. Bras. de Ci. do Solo. Campinas, v.9, n., p119-123, 1985.
- GIBBS, R.J. Water chemistry of the Amazon River. Geochimica et Cosmochimica Acta, v.36, p.1061-1066, 1972.
- GOMES, J.B.V. Caracterização, gênese e uso de solos de três sítios de restinga sob diferentes coberturas vegetais no Estado do Rio de Janeiro. 1995. p.158. Dissertação de Mestrado. Viçosa: UFV.
- KARATHANASIS, A.D.; EVANGELOU, V.P.; THOMPSON, Y.L. Aluminum and iron equilibria in soil solutions and surface waters of acid mine watersheds. J. Environ. Qual., v.

17, n. 4, p. 534-542, 1988.

LEMOS, R.C. & SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 4a Ed. SBCS/SNLCS. Campinas, 84p. 1966.

MOORE, D.M., REYNALDS JUNIOR, R.C. X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. New York: Oxford University Press, 332p. 1989.

NORDSTROM, D.K.; BALL, J.W. The geochemical behavior of aluminum in acidified surface waters. *Science*, Washington, v. 232, p. 54-56, 1986.

PESSENDA, L.C.R.; FERREIRA, J. R.; TANCREDI, A. C. F. N. S. Caracterização química das águas de alguns rios do Estado de Rondônia. In: Esteves, A. F. (Ed). *Acta limnologica Brasileira*. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas aquáticos e terrestres. Sociedade Brasileira de Limnologia. São Carlos, v.1, p.179-199, 1986.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and improvement of saline and alkali soils. Washington, D.C.: USDA, 160p. 1954 (USDA, 60).

ROBERTSON-SCHULTZ. Estudo preliminar do potencial para desenvolvimento do Vale do Suruaca, Estado do Espírito Santo. São Paulo, 1973, 29p. (Mimeografado).

SHIRLEY, R.L.; CARVALHO, J.H. A água como fontes de minerais. In.: Simpósio Latino-Americano sobre Pesquisa em Nutrição mineral de Ruminantes em Pastagens, 1976, Belo Horizonte. *Anais.*, Belo Horizonte: UFMG, 34-50p. 1976.

VAN BREMEN, N. Soil forming processes in acid sulphate soils. In: Dost, H. (Ed). *Acid sulphate soils*. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, v. 1, 66-128p. 1973.

WHITTIG, L.D., ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Socie-

ty of America, 1994. pt.1, p.331-359.

RESUMO

Este estudo objetivou a caracterização física e química dos principais tipos de águas, relacionando-as com as classes de solos; usando suas características para identificar os principais tipos de ambientes. Foram analisadas treze amostras de águas originadas do delta do rio Doce. Concluiu-se que através das mesmas é possível identificar os principais tipos de ambientes como, por exemplo, os tiomórficos. Constatou-se a presença de lagoas de águas residuais da indústria com altos teores de sódio e chumbo com possibilidade de contaminar o ambiente pelas cheias do rio Doce ou mesmo pela contaminação direta do lençol freático.

Palavras chaves: Solos hidromórficos, drenagem, tiomorfismo.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the physics and chemical characteristics of the main types of waters, to relate them with the classes of soils; to use its characteristics to identify the main environments. Thirteen waters samples from delta of the Doce River were analyzed. Through the analysis of water is possible to identify some environments, for example, the thiomorphics. It was verified the presence of industry residual waters ponds with high contents of sodium and lead, indicating the possibility of environment contamination by the overflowing of the Doce river or by the direct contamination of the water table.

Key words: Hydromorphic soil, drainage, thiomorphism.