

# CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS TIOMÓRFICOS DA VÁRZEA DO RIO CORURIBE, NO ESTADO DE ALAGOAS<sup>(1)</sup>

V. S. SOUZA JÚNIOR<sup>(2)</sup>, M. R. RIBEIRO<sup>(3)</sup> & L. B. OLIVEIRA<sup>(4)</sup>

## RESUMO

Com objetivo de caracterizar e classificar solos com problemas de tiomorfismo na várzea do rio Coruribe, Zona Úmida Costeira do estado de Alagoas, foram selecionados seis perfis na área pertencente à Usina Coruribe, onde está instalado um sistema de drenagem. Os solos foram morfologicamente caracterizados e, nas amostras de cada horizonte, foram determinados: granulometria, densidade global e das partículas, porosidade total, pH (H<sub>2</sub>O e KCl), matéria orgânica, bases trocáveis e CTC, sulfato solúvel e condutividade elétrica. As diferenças entre os perfis estudados foram determinadas principalmente pela espessura, teor de carbono orgânico e grau de decomposição do material orgânico dos horizontes superficiais e refletem o arranjo dos solos na paisagem. Os solos apresentaram altos teores de matéria orgânica, com valores entre 17 a 77% da massa do solo, que determinaram as propriedades físicas, a despeito da textura muito argilosa dos perfis. Os horizontes sulfúricos ocorreram à profundidade entre 45 e 90 cm, nos Gleissolos, e entre 15 e 43 cm, nos Organossolos. A capacidade de troca de cátions é muito alta em todos os perfis em virtude dos altos teores de matéria orgânica. Hidrogênio e alumínio são os cátions dominantes, conferindo o caráter distrófico aos perfis 2, 3 e 6 e álico aos perfis 1, 4 e 5. A condutividade elétrica apresentou valores elevados ( $\geq 4,0$  dS m<sup>-1</sup>) em apenas alguns dos horizontes sulfúricos, em virtude da presença do hidrogênio em solução, liberado com a oxidação da pirita e formação de ácido sulfúrico. Com base nos resultados obtidos, os solos estudados foram classificados como: Gleissolo Tiomórfico Hístico típico álico; Gleissolo Tiomórfico Húmico típico distrófico; Organossolo Tiomórfico Sáprico térreo distrófico; Organossolo Tiomórfico Sáprico térreo álico; Organossolo Tiomórfico Hêmico térreo álico; Organossolo Tiomórfico Hêmico térreo distrófico. Os critérios estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos mostraram-se adequados à classificação dos solos estudados.

**Termos de indexação:** Gleissolos, Organossolos, Taxonomia de solos.

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recebido para publicação em maio de 2000 e aprovado em março de 2001.

<sup>(2)</sup> Engenheiro-Agrônomo. Rua Maria Vicentina da Silva 64/04, Imbiribeira. CEP 51150-570 Recife (PE). E-mail: vsouzajr@yahoo.com

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Agronomia, Área de Solos, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros S/N, CEP 52171-900 Recife (PE). Bolsista do CNPq. E-mail: rosas@truenet.com.br

<sup>(4)</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, UFRPE. E-mail: lbdeoliveira@yahoo.com.br

**SUMMARY:** *CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF ACID SULFATE SOILS IN LOWLANDS OF CORURIBE RIVER VALLEY, ALAGOAS, BRAZIL*

Six soil profiles were selected in a drained lowland area at Coruribe Sugarmill, aiming to characterize acid sulfate soils occurring in the lowplain of the Coruribe River Valley, in the coastal humid zone of the state of Alagoas. The soils were morphologically characterized, and samples were taken from each horizon to determine particle size distribution, bulk and particle density, total porosity, pH (H<sub>2</sub>O and KCl), organic matter, exchangeable bases and CEC, soluble sulfate and electrical conductivity of the saturation extract. The differences between the studied soils were mainly determined by the thickness, amount and degree of decomposition of the organic matter in the surface horizons, and are dependent on the position of the soils in the landscape. Large amounts of organic matter were found, with values between 15 and 77% of the soil weight, and have great influence on physical properties, despite the heavy clay texture of the soils. The sulfuric horizons were found to be between 45 and 90 cm depth, in the Gleisols, and between 15 and 43 cm depth in the Organossols. The cation exchange capacity is very high in all soil profiles, due to the large amounts of organic matter. Exchangeable aluminum and hydrogen were the dominant cations resulting in the dystrophic character of profiles 2, 3 and 6, and allic character of profiles 1, 4 and 5. The electrical conductivity showed high values ( $\geq 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) in some of the sulfuric horizons due to the presence of H<sup>+</sup> in the soil solution related to the formation of sulfuric acid from oxidation of sulfide. According to the results, the studied acid sulfate soils were classified in the Brazilian system as: Gleissolo Tiomórfico Hístico típico, álico; Gleissolo Tiomórfico Húmico típico, distrófico; Organossolo Tiomórfico Sáprico terrico, distrófico; Organossolo Tiomórfico Sáprico terrico, álico; Organossolo Tiomórfico Hêmico terrico, álico; Organossolo Tiomórfico Hêmico terrico, distrófico. The criteria established in the Brazilian System of Soil Classification appeared to be adequate to the classification of the studied soils.

*Index terms:* acid sulfate soils, Gleisols, Organossols, Soil taxonomy.

## INTRODUÇÃO

Sob a denominação de solos tiomórficos são agrupados, atualmente, solos das classes dos Gleissolos e Organossolos que apresentam um horizonte sulfúrico gerado pela oxidação de materiais sulfídricos (EMBRAPA, 1999). Com a drenagem do terreno, o material sulfídrico sofre forte oxidação e os sulfetos transformam-se em sulfatos que, por sua vez, favorecem a formação de ácido sulfúrico, resultando em brusco abaixamento do pH dos solos para valores inferiores a 3,5. Nestas condições, as culturas estão sujeitas a um estresse fisiológico que é atribuído principalmente à toxidez do alumínio e a deficiências nutricionais, principalmente de fósforo.

De forma geral, estes solos ocorrem em todas as zonas climáticas do planeta, geralmente em áreas costeiras, desenvolvendo-se em sedimentos flúvio-marinhos recentes (Pons, 1973). Também ocorrem como material fóssil em minas de carvão, ouro e urânio (Seiller, 1992).

São raras as informações existentes sobre sua ocorrência no Brasil. Segundo Oliveira et al. (1992), há dados de perfis descritos no município de Campos (RJ), no litoral sul do estado de São Paulo e no Rio

Grande do Sul. Solos tiomórficos também foram estudados no Espírito Santo (Lani, 1998) e em Alagoas (Usina Coruribe, 1997).

Com relação à classificação brasileira, os solos tiomórficos estão agrupados, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, nas subordens dos Gleissolos Tiomórficos e Organossolos Tiomórficos, que apresentam um horizonte sulfúrico e, ou, materiais sulfídricos dentro de 100 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 1999).

Por se tratar de solos pouco conhecidos, particularmente na região nordeste, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e classificar os solos com problemas de tiomorfismo na várzea do rio Coruribe, no estado de Alagoas, visando fornecer subsídios à exploração agrícola sustentável desses solos e contribuir para o aprimoramento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### O meio físico

A área estudada localiza-se em terras da Usina Coruribe, no município de mesmo nome, zona

fisiográfica do Litoral, estado de Alagoas, cujas coordenadas são 10° 08' de latitude sul e 36° 11' de longitude a oeste de Greenwich. Corresponde a uma parte da várzea do baixo curso do rio Coruripe, que abrange uma área de 1.760 ha, distribuída de forma contínua ao longo da planície de inundação do rio, onde, em 1995, foi construído um sistema de drenagem e estabelecida a cultura da cana-de-açúcar. A drenagem destas áreas sem um conhecimento mais aprofundado dos solos promoveu a formação de horizontes sulfúricos, com reflexos sobre o desenvolvimento da cultura nos trechos mais afetados.

O clima da área enquadra-se, de acordo com a classificação de Köppen, no tipo As', ou seja, quente e úmido com chuvas de outono-inverno. As precipitações apresentam média anual da ordem de 1.400 mm, sendo o trimestre mais chuvoso correspondente aos meses de maio a julho. O trimestre mais seco recai nos meses de outubro a dezembro. A temperatura média anual é de 25°C, com uma amplitude térmica anual muito pequena, da ordem de 3°C, devido ao efeito termorregulador do oceano. O regime hídrico dos solos estudados é, entretanto, comandado pela presença do lençol freático, atualmente mantido a uma profundidade entre 20 e 60 cm por meio de um sistema de drenagem, com drenos abertos, controlado por comportas e bombeamento. Toda várzea é protegida contra enchentes por um sistema de diques e, apenas para permitir a colheita, é feito maior rebaixamento do nível do lençol freático.

Os solos estudados são predominantemente desenvolvidos de materiais recentes do Quaternário (Holoceno), constituídos por sedimentos aluviais e depósitos orgânicos, da planície de inundação do rio Coruripe, que entalha os Tabuleiros Costeiros do Grupo Barreiras. Os sedimentos aluviais, muitas vezes apresentando camadas intercaladas com materiais orgânicos, são predominantemente argilosos e muito argilosos e dão formação aos Gleissolos. Os materiais orgânicos turfosos estão relacionados com a parte da várzea mais próxima ao mar e mais encharcada e dão origem a solos orgânicos, geralmente tiomórficos (Usina Coruripe, 1997).

O relevo da área estudada é característico de várzea, apresentando-se predominantemente plano, com trechos levemente deprimidos que formam lagoas temporárias, muitas delas entupidas pela sistematização do terreno.

### Métodos

Com base no levantamento detalhado de solos da várzea (Usina Coruripe, 1997), foram feitos dois transectos, visando identificar os fatores responsáveis pelo arranjo e distribuição dos solos na paisagem. Foram selecionados seis locais para descrição e coleta dos perfis, em trechos típicos das áreas com tiomorfismo, e abrangendo os diferentes tipos de solos tiomórficos.

Os perfis foram descritos segundo o manual de descrição e coleta de solo no campo (Lemos & Santos, 1996), em março de 1998, final do período seco, após a colheita. O lençol freático estava mantido à profundidade de 20 a 30 cm, nos Organossolos, e entre 40 e 60 cm, nos Gleissolos. Apenas um dos perfis não apresentava lençol freático até os 150 cm. Após descrição dos perfis, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas por horizonte, visando à caracterização física e química dos solos. As amostras deformadas foram pré-tratadas, secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, para a obtenção da TFSA.

As análises físicas incluíram as determinações de: granulometria (após destruição da matéria orgânica), densidade global e porosidade total, de acordo com EMBRAPA (1997), e densidade das partículas, pelo método preconizado por Lambe (1951), utilizando água e aquecimento.

As análises químicas foram as seguintes: pH (em água e KCl, na proporção de 1:1), complexo sortivo, fósforo disponível, matéria orgânica, nitrogênio total, sulfato solúvel e condutividade elétrica do extrato da pasta saturada. Nestas, empregaram-se os métodos propostos pela EMBRAPA (1997), com exceção da matéria orgânica e do sulfato solúvel ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). A matéria orgânica foi determinada por combustão seca a 375°C, conforme método citado por Dent (1986), que considera a determinação por oxidação pelo dicromato inadequada para solos com sulfetos, em virtude da reação do dicromato com a pirita. O sulfato solúvel foi determinado por colorimetria, pela reação com o cromato de bário, com liberação do íon cromato, de cor amarela, em quantidade proporcional à de íons sulfato, de acordo com método descrito por Dewis & Freitas (1970).

As análises foram realizadas com três repetições para as análises físicas e duas repetições para as análises químicas, sendo os resultados representados pelas médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Propriedades morfológicas e posição dos solos na paisagem

As descrições morfológicas dos perfis estudados podem ser observadas no quadro 1. De maneira geral, os solos apresentam uma morfologia semelhante em profundidade, característica do horizonte Cg<sub>j</sub>, de textura argilosa ou muito argilosa, afetado pela presença do lençol freático. A diferenciação observada entre os perfis é determinada pela espessura, pelo teor e pelo grau de decomposição da matéria orgânica dos horizontes superficiais, que, por sua vez, refletem as condições de drenagem do local, favorecendo a formação de horizonte A húmico ou horizonte hístico.

**Quadro 1. Características morfológicas dos solos**

Horizonte	Profundidade cm	Cor úmida	Estrutura	Transição
<b>Perfil 1. Gleissolo Tiomórfico Hístico típico álico</b>				
Hp	0-30	10 YR 2/1	moderada pequena a média granular e blocos subangulares	clara e ondulada
ACg	30-55	10 YR 3/1	fraca a moderada pequena a média blocos subangulares	clara e plana
2Cgj	55-95+	10 YR 5/1	maciça	
<b>Perfil 2. Gleissolo Tiomórfico Húmico típico distrófico (epieutrófico)</b>				
Ap	0-20	10 YR 2/1	moderada pequena a média granular e blocos subangulares	clara e plana
ACg	20-45	10 YR 3/1	fraca média a grande blocos subangulares	gradual e plana
2Cg	45-90	10 YR 4/1	fraca muito grande prismática	gradual e plana
3Cgj	90-120+	10 YR 5/1	maciça	
<b>Perfil 3. Organossolo Tiomórfico Sáprico tértrico distrófico</b>				
Hdp	0-14	10YR 2/2	fraca pequena a média granular	clara e plana
2Hdo	14-43	7,5YR 3/2	maciça fibrosa	abrup. e plana
3Hdj	43-75	10YR 3/1	maciça	grad. e plana
4Cgj	75-130+	5Y 4/1	maciça	
<b>Perfil 4. Organossolo Tiomórfico Sáprico tértrico distrófico</b>				
Hdp	0-16	10YR 2/1	fraca pequena a média granular	clara e plana
2Hdoj	16-33	7,5YR 3/2	maciça	abrup. e plana
3Hdj	33-50	10YR 4/1	maciça	clara e plana
4Cgj <sub>1</sub>	50-80	N 5/1	maciça	gradual e plana
4Cgj <sub>2</sub>	80-140+	N 5/0	maciça	
<b>Perfil 5. Organossolo Tiomórfico Hêmico tértrico álico</b>				
Hdp	0-18	10YR 2/2	fraca pequena a média granular e blocos subangulares	abrup. e plana
2Hdoj	18-45	7,5YR 3/2	maciça	abrup. e plana
3Cgj	45-147+	5Y 5/1	maciça	
<b>Perfil 6. Organossolo Tiomórfico Hêmico tértrico distrófico</b>				
Hop	0-15	10YR 2/1	maciça fibrosa	clara e plana
2Hdoj	15-75	5YR 3/2	maciça fibrosa	abrup. e plana
3Cgj	75-142+	5Y 5/1	maciça	

Os Gleissolos, que mostram melhor condição de drenagem que os Organossolos, estão relacionados com a margem esquerda do rio, que se apresenta mais alta e menos sujeita a inundações. Apresentam seqüência de horizontes Hp, ACg e 2Cgj (perfil 1) e Ap, ACg, 2Cg e 3Cgj (perfil 2), com transições claras entre os horizontes superficiais e graduais em profundidade.

O perfil 1 apresenta um horizonte hístico com 30 cm de espessura, e o horizonte 2Cgj tem início a 55 cm de profundidade. O perfil 2 revela um horizonte A húmico e o horizonte 3Cgj ocorre a uma profundidade de 90 cm. Esta variação entre os perfis de Gleissolos está relacionada com o relevo, que controla a drenagem, localizando-se o perfil 1 em posição mais baixa e mais afastada da calha do rio, próximo ao sopé da encosta, enquanto o perfil 2 está numa posição de ombreira, mais alta e próxima à calha do rio. A melhor condição de drenagem é

corroborada pela profundidade do lençol freático que se encontrava a 40 cm no perfil 1, e a 60 cm no perfil 2, por ocasião da descrição dos perfis, como também pela profundidade do horizonte sulfúrico (Figura 1).

Os dois perfis são mal drenados e apresentam-se muito semelhantes com relação às demais características morfológicas. Observam-se cores preto (10YR 2/1) e cinzento muito escuro (10YR 3/1), nos dois primeiros horizontes, e cinzento (10YR 5/1), nos horizontes Cgj, com mosqueado geralmente bruno-forte e textura muito argilosa ao longo de todo o perfil. Em virtude dos altos teores de matéria orgânica dos horizontes superficiais, constatou-se grande divergência entre as determinações de laboratório e as classes texturais determinadas em campo, que foram definidas como franco-arenosa ou franca, e que melhor refletem a condição física e o comportamento destes horizontes.

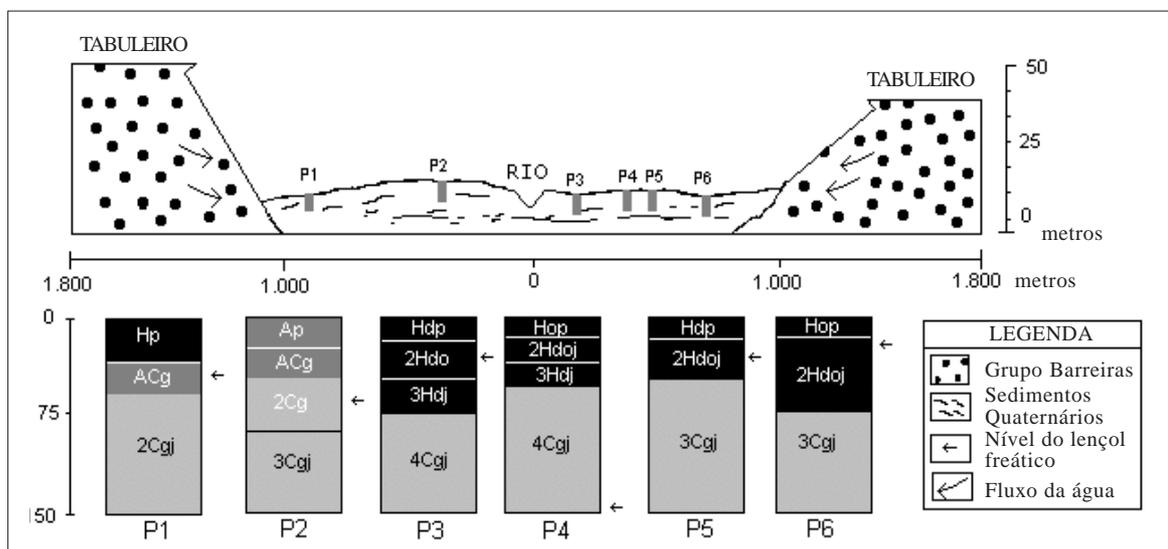


Figura 1. Localização dos perfis estudados em relação à topografia e à geologia.

A estrutura e a consistência dos Gleissolos estudados também são muito semelhantes, apresentando-se moderada, pequena a média granular e em blocos subangulares nos horizontes superficiais, com consistência ligeiramente dura ou dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, o que vem corroborar a influência da matéria orgânica no comportamento físico destes horizontes.

Os Organossolos ocupam a margem direita da várzea, mais baixa e mais inundável, e apresentam duas seqüências de variações de espessura e principalmente do teor e estágio de decomposição dos materiais orgânicos. A espessura da camada orgânica varia de 45 a 75 cm e normalmente é determinada pela maior restrição à drenagem, o que promove menor taxa de decomposição do material orgânico, favorecendo o seu acúmulo (Figura 1).

Com exceção da espessura, os solos orgânicos estudados apresentam características morfológicas muito semelhantes. As cores são muito escuras nos horizontes superficiais, no matiz 10YR, valor 2 e cromas entre 1 e 2, passando a colorações brunadas escuras, nos matizes 7,5YR e 5YR, valor 3 e cromas 2, com mosqueado geralmente bruno forte. O horizonte glei tem cor cinzenta na matiz 5Y, ou neutra (N 5/0) e ocorre à profundidade entre 45 e 75 cm, definindo os perfis estudados como térricos no 4º nível categórico (subgrupo). A textura é muito argilosa ou argilosa nos perfis 3 e 4, e franco-argilosa e franca, passando a muito argilosa nos perfis 5 e 6. A textura de campo dos horizontes orgânicos foi determinada como franco-arenosa ou franca em todos os perfis, decorrente da influência de percentagens de matéria orgânica ainda maiores que nos Gleissolos.

Os horizontes superficiais dos organossolos apresentaram estrutura fraca pequena a média

granular nos perfis 3, 4 e 5 (Hdp), ao passo que o horizonte Hop do perfil 6 apresentou ausência de estrutura, sendo descrito como maciço fibroso, mais compatível com o maior teor e pouco grau de decomposição do material orgânico. Nos horizontes orgânicos subjacentes, a estrutura foi considerada maciça fibrosa ou simplesmente maciça, que também foi observada nos horizontes Cgj. Deve-se levar em consideração que o grau de umidade do horizonte glei dificultou a observação correta da estrutura.

A consistência úmida, também muito uniforme nos perfis estudados, apresentou-se friável a firme na superfície e, geralmente, muito firme no horizonte glei. A consistência molhada, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa no horizonte superficial, devido à matéria orgânica, passou a muito plástica e muito pegajosa no horizonte Cg.

### Propriedades físicas

De acordo com os resultados da composição granulométrica apresentados no quadro 2, observa-se um predomínio da fração argila, ocorrendo as classes texturais muito argilosa e argila em praticamente todos os perfis estudados, com teores de argila que variaram entre 442 e 903 g kg<sup>-1</sup> de solo, característica compatível com a natureza dos sedimentos aluviais depositados nos vales dos baixos cursos dos rios, onde a proximidade do nível de base promove a redução da correnteza e favorece a deposição de materiais finos.

Apenas os perfis 5 e 6, de Organossolos Tiomórficos Hêmicos, apresentaram texturas franco-argilosas e franca nos horizontes superficiais Hdp ou Hop e 2Hdoj, com teores de argila que variaram de 211 a 378 g kg<sup>-1</sup> de solo. Estes perfis, superficialmente menos argilosos, estão relacionados com as posições

**Quadro 2. Propriedades físicas dos solos estudados**

Horizonte	Profundidade	Fração granulométrica			Classe textural	Densidade global	Densidade da partícula	Porosidade total
		Areia	Silte	Argila				
	cm	g kg <sup>-1</sup>				kg dm <sup>-3</sup>		%
Perfil 1. Gleissolo Tiomórfico Hístico típico álico								
Hp	0-30	80	182	738	Muito Argilosa	0,77	2,32	66
ACg	30-55	110	213	678	Muito Argilosa	0,66	2,31	71
2Cgj	55-95+	30	222	748	Muito Argilosa	0,92	2,45	63
Perfil 2. Gleissolo Tiomórfico Húmico típico distrófico (epieutrófico)								
Ap	0-20	60	162	778	Muito Argilosa	0,78	2,27	66
ACg	20-45	110	172	718	Muito Argilosa	0,78	2,33	66
2Cg	45-90	42	55	903	Muito Argilosa	0,73	2,50	71
3Cgj	90-120+	80	363	558	Argila	1,04	2,35	56
Perfil 3. Organossolo Tiomórfico Sáprico térreo distrófico								
Hdp	0-14	70	182	748	Muito Argilosa	0,63	2,22	72
Hdo	14-43	60	122	818	Muito Argilosa	0,46	2,60	82
4Cgj	75-130+	90	372	538	Argila	1,09	2,53	57
Perfil 4. Organossolo Tiomórfico Sáprico térreo distrófico								
Hdp	0-16	234	269	497	Argila	0,52	1,90	72
Hdoj	16-33	348	210	442	Argila	0,45	1,92	76
Hdj	33-50	150	292	558	Argila	0,53	2,42	78
4Cgj <sub>1</sub>	50-80	20	292	718	Muito Argilosa	0,65	2,56	75
4Cgj <sub>2</sub>	80-140+	50	162	788	Muito Argilosa	0,57	2,62	78
Perfil 5. Organossolo Tiomórfico Hêmico térreo álico								
Hdp	0-18	390	292	318	Franco Argilosa	0,42	1,85	77
2Hdoj	18-45	301	424	275	Franca	0,18	1,80	90
3Cgj	45-147+	10	212	778	Muito Argilosa	0,61	2,83	79
Perfil 6. Organossolo Tiomórfico Hêmico térreo distrófico								
Hop	0-15	390	232	378	Franco Argilosa	0,58	1,88	69
2Hdoj	15-75	482	307	211	Franca	0,36	1,59	77
3Cgj	75-142+	10	272	718	Muito Argilosa	1,07	2,48	57

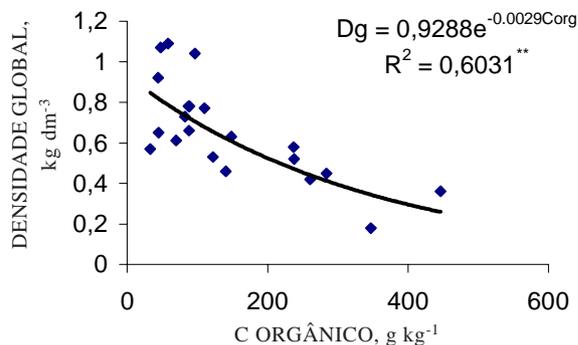
mais baixas, de pior drenagem, e com os teores mais elevados de matéria orgânica.

Os teores de areia são geralmente muito baixos e diminuem com a profundidade. A presença da fração areia só teve maior expressão nos horizontes superficiais dos perfis 5 e 6, que também apresentaram os maiores valores de silte (424 g kg<sup>-1</sup> de solo).

Fato de grande importância, do ponto de vista da utilização agrícola, é que os altos teores de argila dos horizontes e camadas superficiais A ou H têm sua influência nas propriedades físicas modificada pelo alto teor de matéria orgânica, que está presente em valores da ordem de 150,98 e 768,64 g kg<sup>-1</sup> de solo.

Com relação à densidade global e das partículas, os solos tiomórficos estudados apresentaram valores e variação influenciados pelos altos teores de matéria orgânica, típicos desses solos.

Como mostra o quadro 2, a densidade global mostrou valores que variaram de 0,18 a 1,09 kg dm<sup>-3</sup> de solo. Nos horizontes orgânicos, os resultados variaram de 0,18 a 0,63 kg dm<sup>-3</sup>, dependendo do teor e do grau de decomposição da matéria orgânica, correspondendo os valores mais baixos aos horizontes ou camadas com teores mais altos de matéria orgânica e caráter hístico. Tais resultados são compatíveis com os de Zelazny & Carlisle (1974), que, estudando solos orgânicos da Flórida, observaram uma relação da densidade global com o grau de decomposição da matéria orgânica, onde solos mais decompostos apresentaram maior densidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Conceição (1989), em solos orgânicos do Rio de Janeiro, e por Kämpf & Schneider (1989), em solos orgânicos do Rio Grande do Sul. A baixa densidade global dos solos orgânicos deve ser levada em



**Figura 2. Correlação entre teores de carbono orgânico (CO) e densidade global (Dg) de solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe (AL).**

consideração quando da interpretação de resultados analíticos para comparação com solos de maior densidade.

Mesmo nos horizontes minerais, que contêm altos teores de argila, os níveis de matéria orgânica foram suficientes para promover uma densidade global, também baixa, variando de 0,57 a 1,09 kg dm<sup>-3</sup>, dependendo do aumento dos teores da matéria orgânica. A figura 2 mostra a correlação significativa da densidade global com os teores de matéria orgânica dos solos.

Com relação à densidade das partículas, também influenciada pela presença da matéria orgânica, foram observados valores entre 1,59 e 2,83 kg dm<sup>-3</sup>, variando de forma inversamente proporcional aos teores da matéria orgânica.

A porosidade total, calculada com base na densidade global e das partículas, mostrou percentuais muito altos, entre 56 e 90%, variando conforme os teores da matéria orgânica e da fração argila, os valores mais baixos, correspondendo aos horizontes minerais mais profundos (Quadro 2). Conceição (1989) encontrou valores bem semelhantes em Solos Orgânicos e Gleissolos no Rio de Janeiro, observando, também, que os valores da porosidade diminuíam em profundidade, coincidindo com a diminuição dos teores de matéria orgânica.

### Propriedades Químicas

Os teores de carbono orgânico nos Gleissolos foram elevados, considerando que são solos minerais, como pode ser observado no quadro 3. O valor mais alto de carbono orgânico para estes solos foi observado no horizonte superficial do perfil 1 com teor de 109,68 g kg<sup>-1</sup>, sendo enquadrado como horizonte mineral pela relação  $C\% < 8 + 0,067 \times \%$  de argila (EMBRAPA, 1999).

Este teor de carbono orgânico foi, entretanto, suficiente para enquadrar o horizonte no conceito de horizonte histórico do novo sistema, que admite o horizonte superficial que, após revolvido, apresente

nos primeiros 25 cm teor de carbono orgânico segundo a relação  $C\% \geq 5,3 + (0,088 \times \%$  argila).

Os Organossolos, por definição, apresentam teores elevados de carbono orgânico, que enquadram os horizontes superficiais no conceito de horizonte histórico. A subdivisão dos Grandes Grupos, Sáprico e Hêmico, foi, entretanto, feita morfológicamente de acordo com a escala de decomposição de von Post (Stanek & Silc, 1977, citado por EMBRAPA, 1999).

Nos seis perfis estudados, o pH apresentou a reação extremamente ou fortemente ácida em todos os horizontes (Quadro 3). Nos horizontes subsuperficiais, os valores de pH inferiores a 3,5 associados a teores de sulfato solúvel superiores a 500 mg kg<sup>-1</sup> (Quadro 3) definiram estes horizontes como horizontes sulfúricos. Os horizontes sulfúricos ocorreram a partir de 45 cm, nos Gleissolos, e a partir de 15 cm, nos Organossolos.

A capacidade de troca de cátions é muito alta em todos os perfis em virtude dos altos níveis de matéria orgânica. Hidrogênio e alumínio são os cátions dominantes, conferindo caráter distrófico aos perfis 2, 3 e 6, e álico aos perfis 1, 4 e 5 (Quadro 3), no 5º nível categórico definido pela EMBRAPA (1999).

No quadro 3, encontram-se os valores da condutividade elétrica dos perfis estudados, que apresentaram valores elevados (C.E.  $\geq 4,0$  dS m<sup>-1</sup>) apenas em alguns dos horizontes sulfúricos. Tais valores, entretanto, não estão relacionados com a salinidade, mas, sim, com o hidrogênio em solução liberado pela oxidação da pirita com formação de ácido sulfúrico (Souza Junior, 1999). Esta afirmação pode ser corroborada pela figura 3, que mostra as correlações significativas entre a condutividade elétrica e os teores de íons sulfato, hidrogênio e pH, bem como a correlação entre sulfato e hidrogênio. Por outro lado, as observações morfológicas não constataram a presença de eflorescências salinas nestes solos.

### Classificação e gênese dos Solos

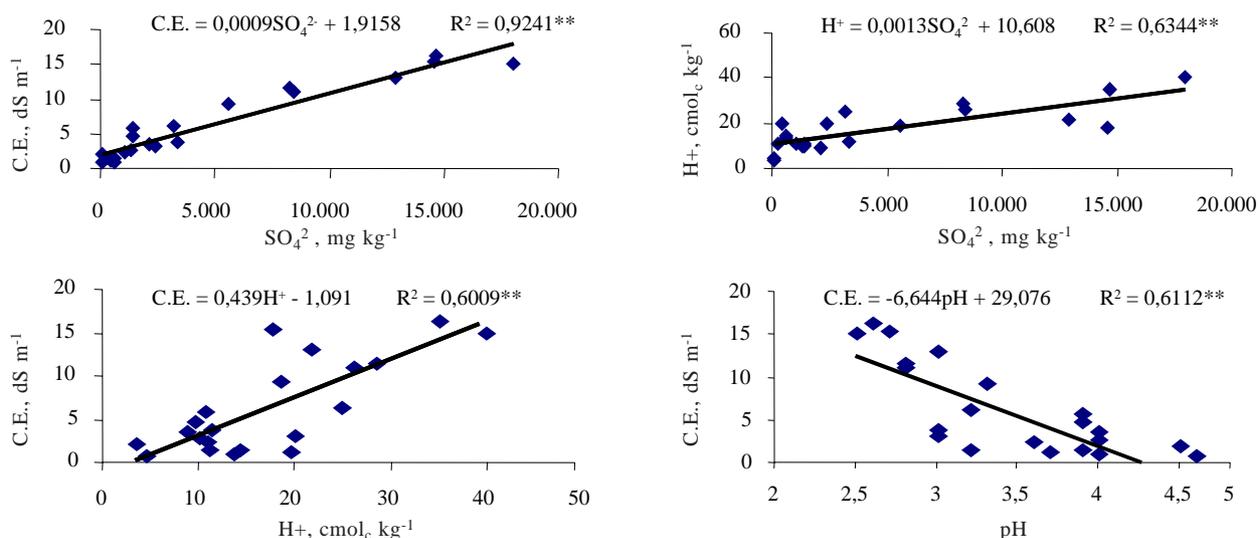
Os solos estudados foram selecionados com base no Levantamento Detalhado de Solos das Várzeas da Usina Coruripe, em áreas de ocorrência de solos então classificados como Glei Tiomórficos e Orgânicos Tiomórficos (Usina Coruripe, 1997).

A partir dos dados morfológicos, físicos e químicos obtidos neste trabalho (Quadros 1, 2 e 3), os seis perfis descritos foram reclassificados, segundo critérios mais recentes, estabelecidos no novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Os solos foram classificados a nível de família (Quadro 1), confirmando a classificação definida no Levantamento Detalhado (Usina Coruripe, 1997). As diferenças observadas dizem respeito à nova nomenclatura e estruturação das classes nas

**Quadro 3. Complexo sortivo; saturação por bases e alumínio; sulfato solúvel, pH, condutividade elétrica e carbono orgânico dos solos**

Horizonte		Complexo sortivo								pH (1:1)		C	E	dS	CO <sup>(a)</sup>	
Símbolo	Profundidade	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m					Sulfato solúvel
	cm	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> de TFSA								%		mg kg <sup>-1</sup>		m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
Perfil 1. Gleissolo Tiomórfico Hístico típico álico																
Hp	0-30	2,7	1,7	0,09	0,45	4,9	16,1	13,6	34,7	14	74	600	4,0	3,5	1,0	109,68
ACg	30-55	1,2	1,8	0,04	0,50	3,6	12,5	19,4	35,4	10	84	400	3,7	3,4	1,2	88,03
2Cgj	55-95+	0,6	1,4	0,15	0,25	2,4	6,5	14,1	22,9	10	86	600	3,2	2,9	1,5	44,02
Perfil 2. Gleissolo Tiomórfico Húmico típico distrófico (epieutrófico)																
Ap	0-20	10,5	12,1	0,26	0,84	23,7	13,7	3,3	40,6	58	12	100	4,5	3,9	2,0	88,46
ACg	20-45	8,7	12,3	0,07	1,08	22,2	13,6	4,5	40,3	55	17	100	4,6	3,8	0,8	87,57
2Cg	45-90	5,3	8,2	0,19	0,85	14,5	11,2	11,0	36,6	40	43	300	3,9	3,3	1,4	82,43
3Cgj	90-120	9,8	19,7	0,05	0,55	30,2	11,5	17,6	59,3	51	55	14600	2,7	2,5	15,3	96,58
Perfil 3. Organossolo Tiomórfico Sáprico térreo distrófico																
Hdp	0-14	7,4	8,1	0,30	0,84	16,6	20,9	9,6	47,1	35	37	1400	3,9	3,6	4,6	148,23
Hdo	14-43	7,8	8,8	0,16	0,77	17,5	21,4	9,9	48,8	36	36	1300	4,0	3,6	2,7	140,40
4Cgj	75-130	10,5	24,3	0,08	0,37	35,2	18,0	34,9	88,1	40	50	14700	2,6	2,3	16,2	58,25
Perfil 4. Organossolo Tiomórfico Sáprico térreo distrófico																
Hdp	0-16	9,5	8,0	0,35	1,54	19,3	33,6	10,5	63,5	31	35	1400	3,9	3,7	5,7	237,79
Hdoj	16-33	4,5	6,3	0,30	1,11	12,3	46,4	24,8	83,5	15	67	3200	3,2	3,2	6,2	283,99
Hdj	33-50	2,7	8,2	0,06	1,02	11,9	22,6	39,9	74,5	16	77	18000	2,5	2,4	15,0	122,16
4Cgj <sub>1</sub>	50-80	2,9	17,0	0,07	0,25	20,2	8,8	28,3	57,3	35	58	8300	2,8	2,5	11,5	44,39
4Cgj <sub>2</sub>	80-140	7,4	25,7	0,04	0,27	33,4	5,9	18,4	57,7	58	35	5600	3,3	2,9	9,2	32,42
Perfil 5. Organossolo Tiomórfico Hêmico térreo álico																
Hdp	0-18	2,6	1,6	0,16	0,81	5,2	38,4	10,9	54,4	9	68	1100	3,6	3,5	2,3	260,41
2Hdoj	18-45	3,1	3,1	0,31	0,82	7,4	56,4	20,0	83,7	9	73	2400	3,0	3,0	3,1	346,57
3Cgj	45-147	4,6	21,0	0,06	0,23	25,8	17,4	26,1	69,3	37	50	8400	2,8	2,5	11,0	69,22
Perfil 6. Organossolo Tiomórfico Hêmico térreo distrófico																
Hop	0-15	10,2	5,4	0,12	1,05	16,8	34,1	8,7	64,5	26	34	2100	4,0	3,8	3,5	236,77
2Hdoj	15-75	8,7	7,0	0,32	1,45	17,4	81,5	11,3	110,2	16	39	3400	3,0	2,9	3,7	445,85
3Cgj	75-142	8,2	20,9	0,06	0,36	29,5	12,5	21,7	63,7	46	42	12900	3,0	2,7	13,0	47,39



**Figura 3. Correlações entre: sulfato solúvel e condutividade elétrica (a), sulfato solúvel e hidrogênio trocável (b), hidrogênio trocável e condutividade elétrica e pH e condutividade elétrica (d) em solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe (AL).**

diversas categorias do Sistema. Algumas diferenças foram também observadas em consequência das novas definições e especificações para enquadramento nos diversos horizontes diagnósticos superficiais.

Os solos tiomórficos, também conhecidos como solos ácidos sulfatados, desenvolvem-se em sedimentos costeiros sob condições de hidromorfismo, bem como em fundos de lagoas onde existam altos teores de sulfatos. A gênese destes solos apresenta duas etapas fundamentais para seu desenvolvimento: acumulação inicial de sulfeto de ferro, especialmente pirita, sob condições de redução, e oxidação da pirita após drenagem dos solos (Seiler, 1992).

Na várzea do baixo curso do rio Cururipe, os solos tiomórficos estão relacionados com as posições de pior drenagem, mais baixas e mais próximas ao mar, que reúnem ou reuniam as condições essenciais para acumulação da pirita que, segundo Pons & Van Breemen (1982), são: influência da água do mar para fornecer sulfatos, acumulação de materiais orgânicos e bactérias redutoras de sulfato.

De acordo com Fanning & Fanning (1989), o processo de sulfidização ocorre em solos e sedimentos ao longo da costa marinha, onde a água do mar, que contém em torno de 900 mg L<sup>-1</sup> de sulfato, constitui a fonte de fornecimento de enxofre. O sulfato é reduzido a sulfeto por bactérias na oxidação da matéria orgânica e o ferro provém dos óxidos livres nos sedimentos.

Tendo em vista que a várzea estudada não sofre atualmente a influência das marés e que durante o Quaternário os oceanos ocuparam posição de nível bem mais alta que a atual (Bittencourt et al., 1983), pode-se deduzir que o processo de sulfidização nos solos estudados ocorreu neste período, quando a água do mar foi a fonte fornecedora de sulfatos. Esta constatação também foi feita por Dent & Pons (1995), que afirmaram ser a recuperação do nível do mar no Holoceno responsável pela formação de solos tiomórficos em várias áreas do mundo, podendo o processo de sulfurização ocorrer nos materiais sulfídricos se estes forem drenados em consequência de levantamentos tectônicos ou regressões marinhas.

Considerando os estádios que ocorrem no processo de sulfurização, definidos por Fanning & Fanning (1989), os solos da área estudada, antes da instalação do sistema de drenagem, estavam no estágio de pré-sulfurização, em que a oxidação dos materiais sulfídricos está inibida devido à saturação contínua com água. Apesar da drenagem natural provocada pela última regressão marinha, as condições de encharcamento da várzea foram mantidas pelo fluxo de água proveniente do sopé dos Tabuleiros que limitam a várzea e que comandam a alimentação do lençol freático (Figura 1). Esta condição foi provavelmente responsável pelos baixos níveis de salinidade observados nos solos da área em relação aos níveis comumente observados em outras áreas de solos tiomórficos, como na região de

Campos (Alves, 1997). A lavagem de sais solúveis destes solos provavelmente iniciou-se com a última regressão do oceano para a posição atual, de nível insuficiente para atingir estas áreas. Com o rebaixamento do nível de base, a calha do rio passou a funcionar como um dreno natural, resultando em um fluxo de água que promoveu a lavagem dos sais solúveis.

Com a instalação do sistema de drenagem em 1995, os solos entraram no processo de sulfurização ativa (Fanning & Fanning, 1989), atingindo valores de pH < 3,5, mais de 500 mg kg<sup>-1</sup> de sulfato solúvel e desenvolvimento de mosqueados de cor bruno forte, provavelmente de jarosita, que caracterizam o horizonte sulfúrico (EMBRAPA, 1999), responsável pelo enquadramento dos solos como Gleissolos e Organossolos Tiomórficos.

## CONCLUSÕES

1. As diferenças entre os perfis estudados foram uma consequência da posição dos solos na paisagem, compreendendo principalmente a espessura, o teor de carbono e o grau de decomposição do material orgânico dos horizontes superficiais.
2. Os horizontes sulfúricos ocorreram a profundidades de 45 a 90 cm, nos Gleissolos, e de 15 a 43 cm, nos Organossolos, demonstrando a melhor condição de drenagem dos primeiros.
3. Apesar dos altos teores de argila dos solos estudados, as propriedades físicas dos horizontes superficiais foram determinadas pela matéria orgânica, que contribuiu com teores que variaram de 15 a 77% da massa do solo.
4. Os critérios estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos mostraram-se adequados à classificação dos solos estudados.

## LITERATURA CITADA

- ALVES, E.A.B. Solos orgânicos salinos tiomórficos: Influência da calagem, sob drenagem controlada, nas características químicas do solo e na produção e composição mineral de *Brachiária decumbens*, *Panicum repens* L. e cana-de-açúcar. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1997. 82p. (Tese de Mestrado)
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L. & FERREIRA, Y.A. Evolução paleogeográfica quaternária da costa do estado de Sergipe e da costa sul do estado de Alagoas. R. Bras. Geoc., 2:93-97, 1983.
- CONCEIÇÃO, M. Natureza do humus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí-Santa Cruz, RJ. Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1989. 169p. (Tese de Mestrado)

- DENT, D. Acid Sulphate Soils: a baseline for research and development. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1986. 203p. (Public, 39)
- DENT, D.L. & PONS, L.S. A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma*, 67:263-276, 1995.
- DEWIS, J. & FREITAS, F. Physical and chemical methods of soil and water analysis. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1970. p.233-238. (Soils bulletin, 10)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de Solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p (Embrapa-CNPS,1)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - Serviço de Produção de Informação - SPI. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Brasília, 1999. 412p.
- FANNING, D.S. & FANNING, M.C.B. Soil morphology, genesis and classification. New York, John Wiley & Sons, 1989. 395p.
- LAMBE, T.W. Soil testing for engineers. New York, Massachusetts Institute of Technology, 1951. p.15-21.
- LANI, J.L. Deltas dos Rios Doce e Itapemirim: Solos, com ênfase nos tiomórficos, água e impacto ambiental do uso. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 169p. (Tese de Doutorado)
- LEMO, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- KÄMPF, N. & SCHNEIDER, P. Caracterização de solos orgânicos do Rio Grande do Sul: propriedades morfológicas e físicas como subsídio à classificação. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:227-236, 1989.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1992. 201p.
- PONS, L.J. Outline of the genesis, characteristics, classification and improvement of acid sulphate soils. In: DOST, H., ed. Acid sulphate soils. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1973. v.1. p.3-27.
- PONS, L.J. & van BREEMEN, N. Factors influencing the formation of potential acidity in tidal swamps. In: DOST, H. & van BREEMEN, H., eds. Acid sulphate soils. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1982. p.37-51.
- SEILER, E. Acid sulphate soils - Their formation and agricultural use. Hannover, Institute for Scientific Co-operation, 1992. p.92-110. (Natural Resources and Development, 35)
- SOUZA JÚNIOR, V.S. Caracterização, gênese e manejo de solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe, estado de Alagoas. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1999. 92p.(Tese de Mestrado)
- USINA CORURIPE. Levantamento detalhado de solos (Várzeas) da Usina Coruripe. Coruripe, 1997. 45p. (não publicado)
- ZELAZNY, L.W. & CARLISLE, V.W. Physical, chemical, elemental and oxygen-containing functional group analysis of selected Florida Histosols. In: AANDAHL, A.R. et al., eds. Histosols: their characteristics, classification and use. Madison, Soil Science Society of America, 1974. p.63-78. (Special Publication Series, 6)