

Caracterização, classificação e gênese de solos hidromórficos em regiões litorâneas do Estado do Espírito Santo

Characterization, classification, and genesis of hydromorphic soils in coastal regions of the state of Espírito Santo, Brazil

Paulo César do NASCIMENTO^{1,2}; João Luiz LANI³; Hugo José Oliveira ZOFFOLI⁴

¹ Parte da tese de Doutorado do primeiro autor

² Autor para correspondência, Professor Adjunto II - Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 00009911@ufrgs.br

³ Professor Associado, Departamento de Solos - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa; lani@ufv.br.

⁴ Pesquisador Convidado, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; zoffolihjo@yahoo.com.br

Resumo

Os solos de várzea apresentam como características principais feições resultantes dos processos pedogenéticos de hidromorfismo e, em alguns casos, de paludização. Demais características, muitas delas determinantes nas interações solo-ecossistema e suscetibilidade a impactos ambientais, são, no entanto, muito variáveis, de acordo com o ambiente de ocorrência. Com o objetivo de caracterizar; avaliar as relações solo-ambiente e, em alguns casos, estimar a influência de impactos ambientais, foram descritos, amostrados e analisados solos hidromórficos de duas regiões costeiras do Estado do Espírito Santo. Foram analisadas as características morfológicas, físicas (granulometria e densidade do solo) e químicas (análises de “rotina”, dissoluções seletivas e ataque sulfúrico). Os resultados demonstraram a influência da condição de saturação do solo por água, induzida pela posição do relevo, e expressa pela gleização, com formação de horizontes orgânicos superficiais, e, em alguns casos, material sulfídrico em subsuperfície, indicando a ocorrência também dos processos de paludização e sulfidização. As características do material de formação e alterações resultantes do histórico de uso e manejo também apresentaram influência em aspectos físicos, químicos e morfológicos. A acidificação acentuada, associada à redução no conteúdo de carbono orgânico nos horizontes superficiais, quando o solo é submetido à ação antrópica por meio da drenagem, torna as áreas sobre ocorrência de tiomorfismo sujeitas à maior suscetibilidade ambiental.

Palavras-chave adicionais: solos de várzea; gleização; solos orgânicos; tiomorfismo

Abstract

Swamp soils main characteristics are those related to pedogenic processes of gleization and, in some cases, paludization. The other characteristics - several of them of determining importance in the soil-ecosystem interactions and susceptibility to environmental impacts - are, nonetheless, highly variable in accordance with the environment where they occur. Viewing to characterize and to evaluate the soil-environment relations, and, in some cases, to estimate the influence of environmental impacts, hydromorphic soils of two coastal regions of the state of Espírito Santo, Brazil, were sampled, analyzed, and described. Morphological, physical (granulometry and bulk density), and chemical (routine analysis, selective dissolutions, and sulfuric dissolution) analyses were performed. The results showed the influence of the water saturated condition of the soil determined by the relief characteristics, and expressed by gleization with the formation of surface organic horizons and, in some cases, of subsurface formation of sulphydric material indicating the occurrence of paludization and sulfidization processes. The characteristics of the parent material and the changes resulting from the use history and management procedures also influenced physical, chemical, and morphological soil aspects. The increased acidity associated with reductions in the soil organic matter content at the surface horizons when the soil is submitted to anthropic action by means of drainage enhances the environmental fragility of these areas.

Additional keywords: wetlands; gleization; peat soils; tiomorphic soils

Introdução

Os solos hidromórficos apresentam características específicas, que refletem o ambiente de drenagem deficiente e a saturação por água na maior parte do tempo. A condição de déficit de oxigênio leva à redução química de uma série de elementos ou compostos (NO_3^- ; óxidos de Mn e Fe; SO_4^{2-}), relacionada à dinâmica da matéria orgânica do solo (PONNAMPERUMA, 1972). O processo pedogenético predominante nestes solos é a gleização (FANNING & FANNING, 1989; BUOL et al., 2003). Este processo resulta em características como a coloração acinzentada nos horizontes subsuperficiais, resultante da ausência de compostos de ferro na forma oxidada, com a possível presença de feições de oxidação de ferro localizadas, expressas por coloração cromática vermelha ou amarelada, denominadas como "redoximorphic features" (USDA, 2010).

Esta condição é também propícia ao acúmulo de matéria orgânica, decorrente da redução das taxas de decomposição. Este acúmulo de material orgânico caracteriza o processo pedogenético denominado paludização (BUOL et al., 2003; ANJOS et al., 2008). Em ambientes de solos hidromórficos, quando em regiões litorâneas, é comum ainda a formação de material sulfídrico, o qual traz implicações importantes nas características gerais do solo e seu comportamento mediante determinadas práticas de uso e manejo. Diversos trabalhos mostram alterações morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas resultantes da acidificação extrema nestes solos, a partir destas práticas, especialmente a drenagem do solo (BLOOMFIELD & COULTER, 1973; Van BREEMEN & PONS, 1978).

No Estado do Espírito Santo, os solos hidromórficos correspondem a 1.100 km², aproximadamente 2,5% do território. Apesar da pequena ocorrência, apresentam importância econômica (pecuária de corte, culturas do arroz e cana-de-açúcar), para vários municípios litorâneos, como Linhares e São Mateus, no norte; e Piúma e Rio Novo do sul, no Sul do Estado (IBGE, 2010). Algumas áreas destes municípios mostram avançado estágio de degradação, resultantes do histórico de uso e manejo (REZENDE et al., 2000).

Os objetivos deste trabalho são: (a) caracterizar, sob os pontos de vista morfológico, físico e químico, solos hidromórficos de duas localidades do Espírito Santo; (b) compreender as relações entre as características dos solos e o ambiente de ocorrência, e estimar a influência destas relações solo-ambiente na formação destes solos, por meio dos principais processos pedogenéticos; (c) avaliar, para alguns perfis de

solo estudados, o impacto da ação antrópica no solo e no ambiente, mediante informações referentes ao uso e manejo das áreas.

Material e métodos

Localidades de estudo

As regiões escolhidas para a amostragem dos solos hidromórficos abrangem duas diferentes localidades dentro do Estado do Espírito Santo, uma situada no litoral norte (LN), no Delta do Rio Doce; e outra no litoral sul (LS), na bacia do Rio Novo (Figura 1).

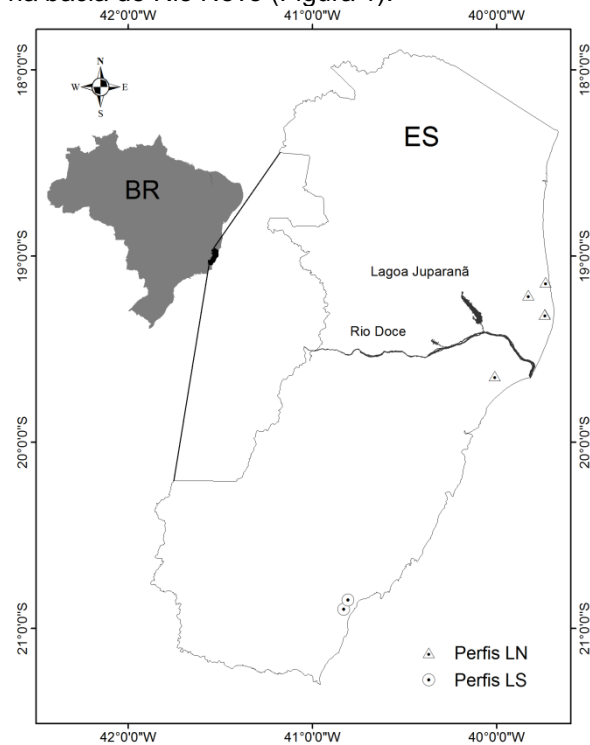


Figura 1 - Localização dos perfis estudados, no Litoral Norte e Sul do Estado do Espírito Santo. *Location of the studied profiles in northern and southern coastal regions of the state of Espírito Santo, Brazil.*

Ambas as regiões são formadas por uma associação de sedimentos coluviais, fluviais, lacustres e marinhos, com granulometria variável, em relevo plano a suave ondulado. Os sedimentos de textura grosseira ocupam em geral posições de cotas mais altas, enquanto áreas abaciaadas apresentam deposição de material mais fino e colmatação com resíduos vegetais, formando as "lagoas", principalmente em LN (REZENDE et al., 2000). Na região LS, os sedimentos apresentam influência de áreas relativamente próximas, formadas por rochas datadas do período Neoproterozóico III, com material litológico composto por Gnaisse, Mármore, Rocha Calcissilicática, Xisto, Quartzito, Metacalcário, Metacalcário Dolomítico, Metagrauvaca,

Metacalcário Calcítico, relacionadas aos Domínios Juíz de Fora e Costeiro (TUPINAMBÁ et al., 2007). Na região LN, o material de origem é definido como de depósitos aluvionares recentes com influência marítima, formados por argilas, areias e cascalhos pouco consolidados, e com alguma influência da faixa a oeste, caracterizada pela Formação Barreiras (CPRM, 2009). O clima destas regiões é tropical úmido (Aw, segundo Köppen), com precipitação anual de 1.000 a 1.200 mm, concentrada entre os meses de novembro e março (IBGE, 1983; IBGE, 1987). A vegetação original é higrófila, com algumas espécies características de mangue, no entanto

as áreas amostradas apresentam-se com espécies da família Poaceae, predominância do gênero *Panicum*.

A partir de uma amostragem inicial onde se procurou atingir uma densidade de observações correspondente a um levantamento de reconhecimento (EMBRAPA, 1995), foram escolhidos sete perfis, abrangendo as duas localidades. O critério utilizado para a escolha destes perfis foi a representatividade das características morfológicas dos solos, por ocasião da prospecção, e a extensão das localidades envolvidas, sendo cinco no LN (maior extensão) e dois no LS (Tabela 1).

Tabela 1 - Localização, histórico de uso e uso atual nas áreas dos perfis amostrados. *Location, former and present uses of the areas of sampled profiles.*

Nº perfil	Coordenadas UTM		Situação e utilização da área
	latitude	longitude	
LN 1	7883585	0422520	Várzea ⁽¹⁾ , pastagem sob rotação
LN 3	7864408	0421832	Várzea drenada, pastagem sob rotação
LN 5	7827619	0393819	Várzea com drenagem intensiva; pousio por cerca de 15 anos ⁽²⁾
LN 6	7864445	0422010	Cordão arenoso; pastagem sob rotação
LN 7	7875827	0412559	Cordão arenoso; pastagem sob rotação
LS 2	7688136	0309726	Várzea drenada; pousio por cerca de 3 a 4 anos
LS 3	7693665	0312048	Várzea drenada; pastagem sob rotação por cerca de 30 anos

⁽¹⁾ Lagoa do Suruaca; ⁽²⁾ Antiga área de cultivo de arroz sob drenagem sistematizada.

Contatos com moradores e produtores locais foram feitos, em uma abordagem que procurou seguir a forma de entrevistas semiestruturadas (VERDEJO, 2006). Estes permitiram o levantamento de informações sobre o histórico e o uso atual das áreas amostradas. Em geral, até o primeiro semestre de 2003, vinham sendo utilizadas sob pastagem de forma extensiva, sendo deixadas em pousio nos períodos de chuva mais intensa, devido ao alagamento. A exceção ocorre no perfil LN5, que se encontrava em pousio (sem utilização) nos últimos dez a quinze anos, após um período de lavoura de arroz irrigado até meados da década de 80, segundo relato de funcionários da propriedade. O perfil LS2 também se encontrava em pousio, porém por um período menor (cerca de 3 anos).

Amostragem e preparo do material do solo

Os perfis de solo foram descritos morfológicamente (SANTOS et al., 2005), e coletaram-se amostras dos horizontes pedogenéticos para a caracterização física e química por meio de análises de laboratório. Amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos de Kopecky, para a determinação da densidade do solo. Algumas amostras tiveram o pH determinado no campo, utilizando-se de pHmetro portátil DIGIMED, em suspensões com relação solo:água destilada de 1:1 (base em volume),

sendo este valor utilizado como referência para avaliação de variações de pH após secagem das amostras. Nos horizontes orgânicos, foi realizada a avaliação do grau de decomposição da matéria orgânica pela escala de decomposição de Von Post (STANEC & SILC, 1971, citado por EMBRAPA, 2006). No laboratório, as amostras foram secas ao ar, à exceção daquelas que apresentaram indícios de presença de material sulfídrico, por meio de avaliação visual, nas quais a secagem foi feita em câmara fria, com temperatura aproximada de 5 °C. Após a secagem, as amostras foram peneiradas em malha de 2,0 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).

Análises efetuadas

A densidade do solo foi determinada a partir da razão entre o peso seco da amostra indeformada e o volume do anel de Kopecky (EMBRAPA, 1997). A análise granulométrica foi feita por método de densímetro, dispersão por NaOH, e com uso de peneiramento para a fração areia (EMBRAPA, 1997). A condutividade elétrica foi determinada em extrato 1:1 (CE_{1:1}) (TEDESCO et al., 1995). Nas amostras de TFSA foram realizadas determinações do pH em água (1:2,5); teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ (extraídos por KCl 1mol L⁻¹); Na⁺, K⁺ e P disponível (extraídos por Mehlich-1); acidez potencial-H+Al (obtida por acetato de cálcio a pH 7,0) e foram calculados os

parâmetros de capacidade de troca catiônica (CTC); soma de bases (Sb) e saturação por bases (V) (EMBRAPA 1997).

O enxofre total foi determinado por fusão seca com Na_2CO_3 , com extração do sulfato resultante em solução ácida, e determinação por turbidimetria, segundo método de ALVAREZ VENEGAS et al. (2001). O carbono orgânico foi determinado pelo método de YEOMANS & BREMNER (1988) descrito por NASCIMENTO et al. (2010), como método mais adequado para estes tipos de solo.

Os teores de SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 e MnO foram quantificados na TFSA, por meio de extração com ataque sulfúrico, com a determinação do Mn, Fe e Al feita em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). A quantificação dos teores de Fe nas formas pedogênicas oxidicas em dissoluções seletivas foi realizada por meio dos métodos do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Fed) e por solução de

oxalato de amônio (Feo), realizadas na fração argila (JACKSON et al., 1986). Nos horizontes de textura arenosa, as determinações de Fed e Feo não foram realizadas.

A avaliação conjunta dos dados obtidos para cada perfil permitiu a classificação dos mesmos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2006).

Resultados e discussão

Morfologia.

A sequência de horizontes observada foi A-C ou H-C e o horizonte C, na maioria dos perfis estudados, mostrou caráter hidromórfico, indicando ainda a influência dos processos de paludização e sulfidização, com reflexo na classificação dos solos (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Classificação dos solos estudados segundo EMBRAPA (2006). *Classification according to EMBRAPA (2006) of the studied soils.*

Perfil	Classificação
LN 1	Organossolo Tiomórfico hêmico salino
LN 3	Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico
LN 5	Planossolo Háplico sálico /tiônico ⁽¹⁾
LN 6	Neossolo Quartzarênico hidromórfico neofluvisólico
LN 7	Espodossolo Humilúvico hidromórfico organossólico
LS 2	Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico
LS 3	Gleissolo Háplico Tb eutrófico neofluvisólico

⁽¹⁾ classificação colocada a título de sugestão, contemplando o caráter tiomórfico inferido nos horizontes Btj e Cg.

Os perfis LN1, LN3, LN7 e LS2 apresentaram horizonte superficial hístico (FARNHAM & FINNEY, 1965; EMBRAPA, 2006). Nos perfis LN5, LN6 e LS3 diferentes causas resultam na ausência deste horizonte superficial. No primeiro, a área apresenta um histórico de drenagem intensa, resultando, entre outros processos de alteração na subsidência do solo (ANJOS et al., 2008; ROJSTACZER & DEVEREL, 1995). O LN6 ocorre em cota relativamente mais alta, em cordão de material deposicional arenoso, e apresenta textura arenosa em todo o perfil, proporcionando menor proteção e estabilidade da matéria orgânica resultante da interação com a fração mineral (DALAL & CHAN, 2001). No LS3, a drenagem também parece ter influenciado na ausência do horizonte hístico, apesar da composição orgânica (teor maior que 80 g kg^{-1}), devido à pequena espessura (menor que 20 cm).

Os horizontes subsuperficiais têm, na maioria dos casos, coloração neutra ou com baixo croma, o que representa indicativo de gleização. Nos horizontes subsuperficiais de alguns perfis, foi constatada a presença de

mosqueados comuns a abundantes, destacando-se o Btj do LN5, que apresenta cor com mosqueados amarelados entre 20 e 80 cm de profundidade. Estas feições indicam formação de jarosita, resultante da sulfurização (Van BREEMEN & HARMSSEN, 1975; FANNING & FANNING, 1989).

O perfil LS3, assim como o perfil LN5, apresenta nos horizontes subsuperficiais, coloração mosqueada ou mesmo variegada, em intensidade comum o que atesta a condição de drenagem mais acentuada devido ao uso com pastagem, que também refletiu na pequena espessura do horizonte superficial. Neste perfil (LS3), uma peculiaridade em relação aos demais perfis é a presença de fragmentos de conchas marinhas em subsuperfície, mostrando possível contribuição de material de origem marinha na formação do solo. O perfil LN7 mostrou, em profundidade, horizonte com feições indicativas de acúmulo de matéria orgânica, como coloração mais escura em relação à matriz e as lamelas do horizonte E, e estrutura em grau moderado, indicando ocorrência de podzolização (GOMES et al., 2007).

Tabela 3 - Principais características morfológicas dos perfis descritos. *Main morphological characteristics of the described soil profiles*

Perfil / horizonte	Prof. (cm)	Cor	Mosqueados ⁽¹⁾	Textura ⁽²⁾	Estrutura ⁽³⁾	Consistência ⁽⁴⁾
Perfil LN 1- Organossolo Tiomórfico hêmico salino						
H1	0-28	10 YR 3/2		Mat. org.	mod.md. grum	fv.;lig.pl.;lig. pj.
H2	28-42	10 YR 3/1		Mat. org.	mod.md.grum.	fv.;lig.pl.;lig. pj.
H3	42-54	2,5 Y2/1		arg. silt.	maciça	fr.;lig.pl.; pj.
Cgj1	54-90	10 YR 5/2		Argilosa	maciça	fr.;mt. pl.;mt. pj.
Cgj2	90-120+	4/10 Y		arg. silt.	maciça	fr.;lig.pl.;lig. pj.
Perfil LN 3- Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico						
H1	0-20	10 YR 2/1		Mat. org.	mod.md.grum	fv.;n.pl.; n. pj.
H2	20-35	10 YR 1/1		Mat. org.	mod.md. grum	fv.;lig.pl.;lig. pj.
Cg1	35-75	10 YR 4/1		Argilosa	mod md bl.sub	fr.; pl.; pj
2Cgj2	75-120+	4/5B		fr. arg.	maciça	fr.; pl.; pj
Perfil LN 5 - Planossolo Háplico sálico /tiônico						
A	0-18	10 YR 2/1		Mat. org.	mod md.grum.	fv.;n.pl.; n. pj.
E	18-22	10 YR 4/1		Arenosa	grãos simples	st.; n. pl; n. pj.
Btj	22-44	2,5Y 4/1	cm,md,pr 10 YR7/8	Argilosa	mod.gr bl. sub.	fr.;lig.pl.;lig. pj.
Cgj	44-120+	4/10 Y	cm,md,pr.10YR7/6	Argilosa	maciça	fr.; pl.; pj.
Perfil LN 6 - Neossolo Quartzarênico hidromórfico neofluviussólico						
A1	0-7	10 YR 2/1		Arenosa	fr. md bl.sub.	fr.; n. pl.; n. pj.
C1	7-13	10 YR 3/2		Arenosa	grãos simples	fr.; n. pl.; n. pj.
C2	13-22	10 YR 4/2		Arenosa	grãos simples	fr.; n. pl.; n. pj.
C3	22-31	10 YR 4/2		Arenosa	grãos simples	fr.; n. pl.; n. pj.
C4	31-45	10 YR 3/2	cm,pq,di 7,5YR4/6	Arenosa	grãos simples	fr.; n. pl.; n. pj.
C5	45-70+	10 YR 4/2	cm,pc,di 75 YR4/6	Arenosa	grãos simples	fr.; lig. pl.; lig. pj.
Perfil LN 7 - Espodossolo Humilúvico hidromórfico organossólico						
H	0-25	10 YR 1/1		Mat. org.	fr. gr. grum.	fr.; n. pl.; n. pj.
E	25-90*	10 YR 4/2		Arenosa	grãos simples	st.; n. pl.; n. pj.
Bh	90-115+	2,5 Y 2/1		Arenosa	mod md bl.sub	fr.; n. pl.; n. pj.
Lamela ⁽⁵⁾		10 YR 5/2		fr.arenosa	mod md bl.sub	fr.;lig.pl.;lig. Pj.
Perfil LS 2 - Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico						
H	0-26	10 YR 3/1		Mat. org.	fr. md. grum.	fv.;n.pl.; n. pj.
Cgj1	26-64	10 YR 4/2	cm,pq. pr. 10R 3/6	Argilosa	maciça	fr.; pl.; pj
Cgj2	64-105+	2,5 10 B		Argilosa	maciça	fr.; mt. pl.; lig. Pj
Perfil LS 3 - Gleissolo Háplico Tb eutrófico neofluviussólico						
A	0-10	10 YR 2/1		Mat. org.	mod.md.grum	fv.;n.pl.; n. pj.
Cg1	10-27/30	10 YR 3/1	pc,md,pr 10 YR4/6	Mto. arg.	maciça	mt. fr.; pl.; pj
Cg2	27/30-60	10 YR 3/1	co,pq,pr 10 YR 5/8	Mto. arg.	maciça	mt. fr.; pl.; pj
Cg3	60-120	10 YR 6/1	co,pq,pr 10 YR 5/8	Mto. arg.	maciça	mt. fr.; pl.; pj
2Cg4 ⁽⁶⁾	120-160+	6/10 Y		Argilosa	maciça	fr.; pl.; mto. pj.

⁽¹⁾ cm.: comum; pc.: pouco; pq.: pequeno; di:distinto; pr: proeminente; md.: médio; ⁽²⁾ mat. org.: material orgânico; arg. silt.: argilossiltosa; fr. arg.: francoargilosa; mto. arg.: muito argilosa; ⁽³⁾ fr.: fraca; mod.: moderada; md.: média; gr.: grande; grum.:grumosa; bl. sub.: blocos subangulares; ⁽⁴⁾ st.: solta; fv.: friável; fr.: firme; n.: não; lig.: ligeiramente; mto.: muito; pl.: plástica; pj.: pegajosa; ⁽⁵⁾ presentes no horizonte E; 0,5 a 1 cm de espessura; ⁽⁶⁾ presença de conchas marinhas.

Caracterização física e química.

Os perfis das duas localidades apresentam textura média ou mais fina nos horizontes subsuperficiais, com exceção dos perfis LN6 e LN7 (Tabela 4). Estes dois perfis provavelmente estão relacionados aos cordões deposicionais arenosos, presentes na região. Nos perfis LN3 e LS3 são observadas variações irregulares na granulometria em profundidade, especialmente na relação entre areia fina e areia grossa, podendo indicar diferentes origens dos

sedimentos e descontinuidade nos eventos de deposição (BORTOLUZZI et al., 2008; HOPKINS & FRANZEN, 2003).

Os valores de densidade do solo distinguem os horizontes compostos por material orgânico dos de material mineral. Nos primeiros o valor máximo foi de 0,64 g cm⁻³ (horizonte A do LS3), neste caso, provavelmente, devido à drenagem natural mais acentuada em relação ao outro perfil da região (LS2) e ao uso com pastagens por mais de 30 anos.

Os valores de condutividade elétrica (CE) foram maiores que 10 dS m^{-1} nos horizontes subsuperficiais dos perfis LN1; LN5 e LS2. Apesar da diferença de metodologia utilizada (extrato 1:1, e não pasta saturada), pode-se inferir ocorrência de caráter sálico para estes horizontes, e salino para o caso do LN3 (EMBRAPA, 2006). Apesar dos cuidados na secagem, a alta condutividade elétrica em alguns horizontes parece ser resultado da acidificação intensa resultante da oxidação de material sulfídrico, induzindo maior atividade de elementos em solução (McBRIDE, 1994; SOUZA JÚNIOR. et al., 2001). Esta indicação é reforçada pelos valores de pH em água, que teve grande variação entre as determinações de campo e de laboratório, para horizontes dos perfis LN1, LN3, e LS2 (Figura 2). Van BREEMEN & PONS (1978) citam valores de pH menores que 4,0 como indicativos de solos sulfatados ácidos, o que pode ser observado nestes perfis. O perfil LN5 apresentou

valor de pH extremamente ácido, no campo, constituindo-se em um indicativo de sulfurização. BLOOMFIELD & COULTER (1973) referem-se a estes como solos sulfatados ácidos (SSA), onde o processo de degradação já está em fase avançada; enquanto LN1, LN3 e LS2 são enquadrados como solos potencialmente sulfatados ácidos (SPSA).

O perfil LS3 apresentou pH praticamente neutro nas determinações em campo e laboratório. Neste caso, parece não haver qualquer indicio de material sulfídrico, ao menos até a profundidade amostrada.

Em geral, a CTC dos horizontes superficiais foi alta, provavelmente relacionada aos altos teores de carbono orgânico (Tabela 5). Nestes, ocorre normalmente baixa saturação por bases, resultante dos altos teores de H^+ , pela dissociação deste elemento de grupos funcionais das moléculas orgânicas (EBELING et al., 2008; SILVA et al., 2008).

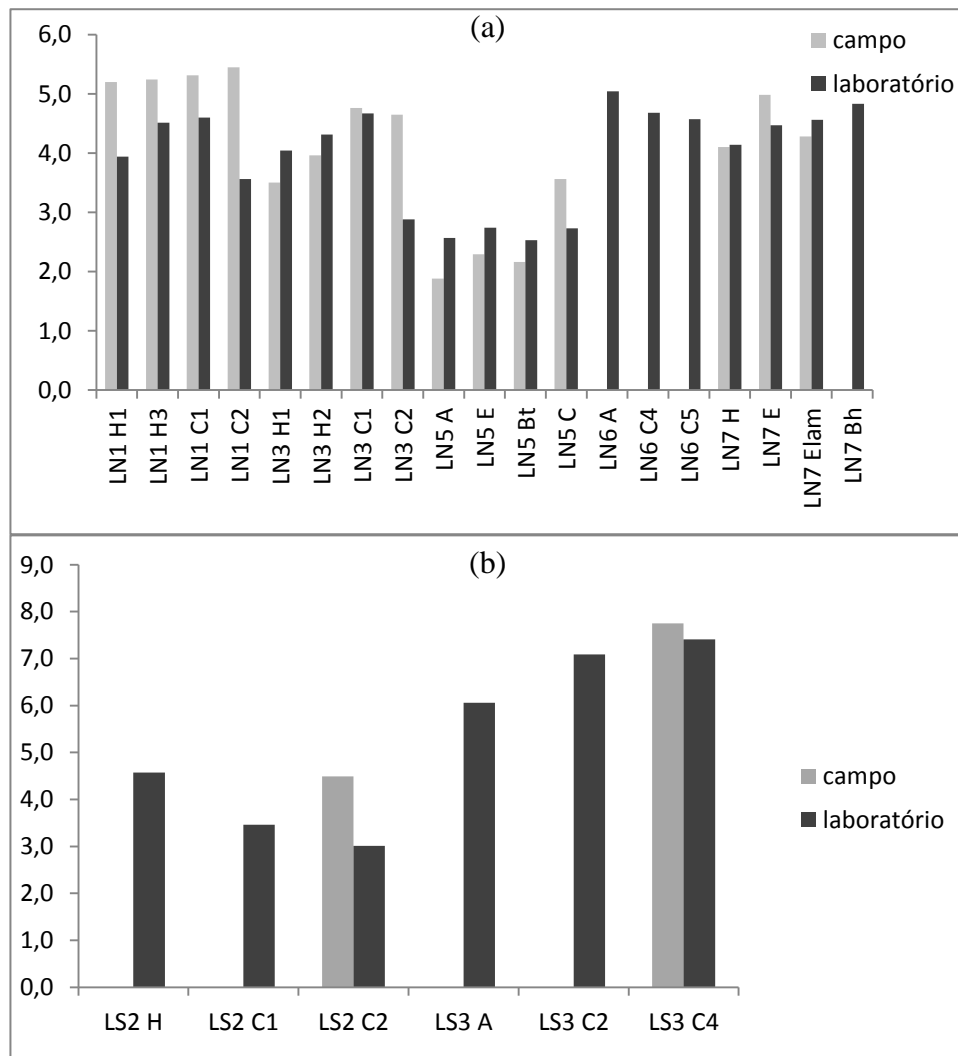


Figura 2 – Valores de pH obtidos em campo e em laboratório, para os perfis do Litoral Norte (a) e Litoral Sul (b). *Field and laboratory pH values of soil profiles from the North (a) and South (b) coastal regions.*

Nos horizontes subsuperficiais, a textura franco-argilosa ou mais fina parece ser um fator importante relacionado à CTC. No entanto, também a presença de sais solúveis, resultantes da acidificação provocada pela sulfuração, pode estar proporcionando uma superestimativa deste atributo (BLOOMFIELD & COULTER, 1973). São os casos dos horizontes subsuperficiais dos perfis LN1, LN5 e LS2, que também tiveram altos valores de H^+ , resultantes

da acidificação provocada pela oxidação do material sulfídrico, reforçando a inferência sobre a presença destes materiais nestes solos. Os teores de carbono orgânico confirmaram a presença de horizontes hísticos na maioria dos perfis. Estes, porém, podem ter valores superestimados em horizontes subsuperficiais de alguns perfis, pela presença de compostos com enxofre oxidável.

Tabela 4 - Distribuição granulométrica, densidade do solo e condutividade elétrica para os perfis de solo estudados. *Granulometric distribution, density, and electrical conductivity of the studied soil profiles.*

Perfil / horizonte	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Densidade do solo ($g\ cm^{-3}$)	Condutividade elétrica ($dS\ m^{-1}$)
 (g kg^{-1})					
Perfil LN 1 - Organossolo Tiomórfico hêmico salino						
H1	nd	nd	nd	nd	0,33	0,8
H3	nd	nd	nd	nd	nd	2,4
Cgj1	0	10	420	570	1,28	8,7
Cgj2	40	60	450	450	0,92	14,4
Perfil LN 3 - Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico						
H1	nd	nd	nd	nd	0,31	0,8
H2	nd	nd	nd	nd	0,22	0,4
Cg1	10	20	340	630	nd	1,4
2Cgj2	20	130	410	430	nd	5,8
Perfil LN 5 - Planossolo Háptico sálico /tiônico						
A	nd	nd	nd	nd	0,38	2,2
E	900	20	20	60	nd	nd
Btj	270	340	100	290	1,09	8,1
Cgj	470	160	130	240	0,78	10,6
Perfil LN 6 - Neossolo Quartzarênico hidromórfico neofluvisólico						
A	650	160	50	140	nd	0,2
C4	600	190	50	140	1,56	0,2
Perfil LN 7 - Espodossolo Humilúvico hidromórfico organossólico						
H	nd	nd	nd	nd	0,35	nd
E	710	100	40	150	1,48	0,6
E – lam.	570	60	90	280	1,22	0,8
Bh	780	80	30	110	nd	0,9
Perfil LS 2 - Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico						
H	nd	nd	nd	nd	0,44	0,1
Cgj1	30	50	220	700	0,80	5,9
Cgj2	200	330	160	310	0,64	19,9
Perfil LS 3 - Gleissolo Háptico Tb eutrófico neofluvisólico						
A	nd	nd	nd	nd	0,64	nd
Cg1	0	90	230	680	1,36	0,6
Cg2	20	120	260	600	1,00	nd
2Cg4	20	20	360	600	nd	0,5

nd - não determinado.

Tabela 5 - Características químicas dos perfis de solo estudados. *Chemical characteristics of the studied soil profiles.*

Perfil / horizonte	Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	P (mg.L ⁻¹)	H ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	CTC (%)	V (%)	S total ... (dag kg ⁻¹)	C. org. ... (dag kg ⁻¹)
Perfil LN 1 - Organossolo Tiomórfico hêmico salino											
H1	2,36	2,75	0,08	2,22	6,4	21,19	3,96	32,55	22,72	0,61	22,79
H3	6,04	4,00	0,09	4,80	2,7	24,40	0,60	39,93	37,38	1,22	19,92
Cgj1	3,04	3,78	0,15	3,85	1,3	8,70	0,60	20,12	53,77	0,49	4,27
Cgj2	4,47	4,00	0,04	3,52	3,5	20,45	7,50	39,98	30,09	5,81	7,85
Perfil LN 3 - Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico											
H1	4,83	1,88	0,08	0,79	3,2	33,93	2,22	43,73	17,33	0,77	43,35
H2	7,56	2,40	0,00	0,02	3,0	23,08	0,72	33,78	29,55	0,49	43,18
Cg1	6,31	2,02	0,02	0,35	1,3	12,61	5,94	27,25	31,94	0,46	4,06
2Cgj2	10,46	3,87	0,01	0,05	1,8	9,26	15,74	39,38	36,52	3,77	4,81
Perfil LN 5 - Planossolo Háptico sálico /tiônico											
A	0,87	0,70	0,01	0,10	2,0	36,90	14,40	52,97	3,16	0,56	28,27
E	0,30	0,18	0,00	0,01	0,1	4,22	3,18	7,89	6,24	0,22	Nd
Btj	1,30	1,05	0,00	0,03	0,1	15,88	15,62	33,88	7,02	1,28	2,47
Cgj	7,27	3,21	0,00	0,03	1,6	22,21	14,84	47,55	22,08	5,53	3,85
Perfil LN 6 - Neossolo Quartzarênico hidromórfico neofluvíssólico											
A	1,34	0,40	0,07	0,07	4,3	9,95	1,20	13,03	14,45	nd	1,61
C4	0,58	0,31	0,02	0,07	0,2	2,52	1,08	4,58	21,44	nd	0,10
Perfil LN 7 - Espodossolo Humilúvico hidromórfico organossólico											
H	3,39	2,60	0,06	0,59	1,6	30,66	4,94	42,24	15,72	0,18	38,28
E	0,54	0,37	0,01	0,14	Nd	5,61	1,44	8,10	12,93	nd	1,01
E – lam.	0,58	0,81	0,01	0,30	3,3	5,61	1,74	9,04	18,69	0,09	1,86
Bh	2,77	2,17	0,01	0,64	3,2	19,40	1,50	26,47	21,05	0,56	6,74
Perfil LS 2 - Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico											
H	12,46	3,32	0,06	0,52	3,6	27,01	0,54	43,90	37,25	0,61	39,15
Cgj1	8,15	2,69	0,03	0,54	0,5	19,64	4,56	35,60	32,01	1,00	8,84
Cgj2	12,32	3,95	0,02	0,10	8,7	51,06	30,44	97,88	16,74	5,39	10,07
Perfil LS 3 - Gleissolo Háptico Tb eutrófico neofluvíssólico											
A	16,69	2,85	0,44	0,24	7,5	8,15	0,00	28,37	71,27	0,28	18,67
Cg1	13,31	1,60	0,05	0,23	0,9	0,60	0,00	15,78	96,20	nd	0,93
Cg2	14,09	1,25	0,06	0,25	5,5	0,10	0,00	15,73	99,36	0,06	0,62
2Cg4	12,81	1,63	0,12	0,65	1,7	0,10	0,00	15,31	99,35	0,16	0,92

nd - não determinado

O enxofre (S) total do solo apresentou, de maneira geral, a tendência de incremento em profundidade, o que também reforça a inferência de ocorrência dos materiais sulfídricos em horizontes subsuperficiais, a partir da formação de minerais com enxofre na forma oxidável (pirita). A influência do enxofre na condutividade elétrica mostrou-se efetiva, apresentando coeficiente de correlação entre S e CE de $r=0,83$ ($p<0,05$, $n=17$); o mesmo ocorrendo entre S e a variação do pH (diferença entre valores de pH obtidos no campo e laboratório), com $r = 0,73$ ($p<0,05$, $n=21$). Os altos valores de condutividade elétrica e a variação de pH são também processos relacionados aos altos teores de compostos com enxofre oxidável e ao desencadeamento do processo de oxidação destes compostos (PRADAGAMERO et al., 2004; EMBRAPA, 2006). Estes dados reforçam a inferência acerca da ocorrência de material sulfídrico nos perfis LN1, LN3, LN5 e LS2, em que pese não ter sido realizado o

procedimento-padrão de incubação das amostras, conforme EMBRAPA (2006)

Os elementos determinados por ataque sulfúrico mostraram variação nos teores, mesmo dentro de cada perfil (Tabela 6). O manganês apresentou maiores teores em horizontes hísticos, provavelmente devido à interação com compostos orgânicos (STEVENSON, 1982), e também nos horizontes com maior profundidade. O caráter hidromórfico dos solos resultou em redução do elemento, com translocação para maior profundidade, e em formas de baixa estabilidade. Os teores de Fe₂O₃ acima de 4 dag kg⁻¹, em alguns perfis do LN, também podem ser considerados indicativos da presença de pirita, enquanto teores relativamente altos em LS3 indicam materiais de origem enriquecidos em ferro, provavelmente de origem coluvial (EMBRAPA, 1978). Neste último, a coloração variegada do solo, com mosqueados abundantes, evidencia os maiores teores deste elemento. O perfil LN7, no horizonte Bh, apresentou baixo

teor de ferro, porém com aumento da forma menos cristalizada (Feo) em relação ao horizonte sobrejacente. Por este resultado, avalia-se que o elemento não participou expressivamente do processo de podzolização, porém podendo ter alguma participação na precipitação e acúmulo de material orgânico no horizonte (COELHO et al., 2010; FARMER et al., 1983).

As relações moleculares entre os elementos, expressas pelo índice Ki, mostram valores relativamente baixos, indicando presença de material mais intemperizado. Os maiores valores de Ki em subsuperfície estão presentes

no horizonte B espódico, enquanto nos horizontes superficiais o perfil LN6 apresenta Ki de 2,55, provavelmente pelo ataque parcial de frações mais grosseiras que a argila, visto tratar-se de material de textura arenosa. Os valores encontrados assemelham-se aos obtidos por ANJOS & PEREIRA (1999), em solos hidromórficos originados de sedimentos aluviais ou coluviais no Estado do Rio de Janeiro.

Os maiores valores de Fed ocorreram no LS3, horizonte Cg2, provavelmente relacionados aos mosqueados presentes. (Tabela 6).

Tabela 6 - Teores totais de elementos obtidos pela extração por ataque sulfúrico, e formas de ferro obtidas por dissoluções seletivas, para os perfis das localidades estudadas. *Total contents of mineral elements resulting from extraction by sulfuric acid and ferric forms resulting from selective dissolutions in soil profiles of the studied regions.*

Perfis/Horizontes	MnO (mg kg ⁻¹)	Fe ₂ O ₃ (dag kg ⁻¹)	SiO ₂ (dag kg ⁻¹)	Al ₂ O ₃	(¹)Ki	Feo ... (g kg ⁻¹)	Fed ...	Feo/Fed	Fed/Fes
Perfil LN 1 - Organossolo Tiomórfico hêmico salino									
H1	47,14	0,93	9,04	7,22	nd ⁽³⁾	0,60	3,38	0,18	0,36
H3	113,08	1,24	12,84	9,09	nd	nd	nd	nd	nd
Cgj1	53,61	2,16	24,95	27,30	1,55	0,79	3,80	0,21	0,18
Cgj2	106,80	4,69	20,65	20,66	1,70	7,79	25,47	0,31	0,54
Perfil LN 3 - Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico									
H1	120,10	2,88	9,15	5,18	nd	nd	nd	nd	nd
Cg1	38,65	1,36	26,03	26,01	1,70	0,79	4,10	0,19	0,30
2Cgj2	137,54	4,25	21,94	21,07	1,77	3,11	12,87	0,24	0,30
Perfil LN 5 - Planossolo Háplico sálico /tiônico									
A	26,79	2,61	8,49	6,00	2,41	1,50	7,78	0,19	0,30
Btj	93,27	3,38	8,71	8,10	1,83	0,66	17,82	0,04	0,53
Cgj	68,44	4,72	12,98	10,59	2,08	8,08	25,40	0,32	0,54
Perfil LN 6 - Neossolo Quartzarênico hidromórfico neofluvisólico									
A	170,33	1,53	7,51	5,01	2,55	nd	nd	nd	nd
C4	130,32	1,18	6,87	5,56	2,10	nd	nd	nd	nd
Perfil LN 7 - Espodossolo Humilúvico hidromórfico organossólico									
Lam E	49,74	1,50	12,89	14,94	1,47	0,22	7,48	0,03	0,50
Bh	36,32	2,35	4,71	2,68	2,98	0,80	1,83	0,44	0,08
Perfil LS 2 - Gleissolo Tiomórfico órtico organossólico									
H	165,37	2,88	11,21	10,41	nd	2,39	5,81	0,41	0,20
Cgj1	48,88	2,07	27,53	26,36	1,78	1,00	6,85	0,15	0,33
Cgj2	125,00	3,00	13,79	12,37	1,90	5,52	13,99	0,39	0,47
Perfil LS 3 - Gleissolo Háplico Tb eutrófico neofluvisólico									
Cg2	178,58	12,09	21,17	21,67	1,66	0,88	67,91	0,01	0,56
2Cg4	197,03	5,07	24,73	19,33	2,17	1,43	21,97	0,07	0,43

(¹) Ki = 1,7x (SiO₂/Al₂O₃); (2) Kr = (1,7 x SiO₂) / (Al₂O₃ + 0,63 x Fe₂O₃); (3) nd - não determinado; Fed - teor de ferro obtido em dissolução por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB); Feo - teor de ferro obtido em dissolução por oxalato de amônio; Fes - teor de ferro obtido em dissolução por ataque sulfúrico.

Os valores de Fed e Feo apresentaram aumento em profundidade, principalmente para os solos onde é percebida a influência do tiomorfismo (LN1, LN3, LN5, LS2) e também para o LN7, refletindo-se em maiores valores para a relação Fed/Fes. Esta tendência, a princípio, seria improvável, em razão da preservação da pirita em profundidade. Considera-se que a jarosita, resultante do processo de oxidação da pirita, é solubilizada em DCB, porém é considerada de baixa solubilidade em extração por oxalato de amônio; enquanto a pirita tem baixa dissolução em ambos os tratamentos (WILLETT & WALKER, 1982).

Estes minerais, além disso, apresentam pouca compatibilidade para coexistência em equilíbrio químico, dadas as diferenças em termos de potencial redox e pH para a estabilização de cada um deles (Van BREEMEN & HARMSSEN, 1975). Desta forma, avalia-se que o aumento relativo de Fed em profundidade, nestes perfis, ocorre principalmente pela maior concentração de Fe nestes horizontes, com oxidação e segregação em pequenos sítios com maior aeração (poros e canais de maior abertura). O aumento da relação Feo/Fed em profundidade reforça essa possibilidade, uma vez que indica a baixa estabilidade dessas formas de ferro, em virtude da oscilação das condições de saturação do solo (KAMPF, 1987). O horizonte Btj, em LN5, apresentou valores muito baixos para a Feo/Fed, podendo ser explicado pela estabilização de formas de minerais, como a jarosita. Os horizontes do perfil LS3 e as lamelas do horizonte E em LN7 também apresentam condição de melhor drenagem, possibilitando maior estabilidade e cristalinidade dos compostos com ferro (SCHWERTMAN & TAYLOR, 1989; CORRÊA et al., 2003; ANJOS & PEREIRA, 1999). Esta relação, por sua vez, apresentou valores que correspondem, em geral, à amplitude dos encontrados para solos hidromórficos (ANJOS & PEREIRA, 1999; SCHWERTMAN & KAMPF, 1983).

Processos pedogenéticos e classificação dos solos.

Os processos de formação e, em alguns casos, as alterações por histórico de uso são contemplados, ainda que parcialmente, na classificação destes solos (Tabela 2). No Litoral Norte, são percebidas semelhanças entre os perfis LN1, LN3 e LN5, em relação à geomorfologia e ao material de origem, apesar de o primeiro estar em posição de menor cota e sujeito a inundações mais frequentes (Lagoa do Suruaca). A localização em região de delta, de grande extensão, parece ter propiciado a formação e o desenvolvimento de materiais

sulfídricos, principalmente em subsuperfície, caracterizando o processo de sulfidização. Apesar da não realização da incubação de amostras destes perfis, para detecção de material sulfídrico, conforme preconizado por EMBRAPA (2006), esta inferência é reforçada pelos valores de pH, condutividade elétrica e teores de enxofre (Van BREEMEN & PONS, 1978; CHAROENCHAMRATCHEEP et al, 1987; FANNING & FANNING, 1989; SOUZA JÚNIOR et al, 2001). Nos perfis LN3 e LS2, a drenagem e a utilização com pastagem resultaram, de forma geral, em perda de material orgânico e diminuição da espessura do horizonte hístico, induzindo as alterações morfológicas em grau variado. O LN5 apresenta um histórico de uso mais intensivo, chegando ao processo de sulfurização em grau expressivo. Avalia-se que a drenagem, com redução de espessura do horizonte orgânico, resultou em alteração na classificação dos perfis LN3, LS2 e LS3, para a classe de Gleissolos.

No LN5, onde se percebe impacto maior resultante da ação antrópica, a transição e a mudança textural abruptas entre os horizontes E e Bt permitiram o enquadramento na classe dos Planossolos. A título de sugestão, é proposta a inserção do termo “tiônico” no quarto nível categórico, contemplando os indícios de sulfidização (CHAROENCHAMRATCHEEP et al., 1987). Os perfis LN6 (Neossolo Quartzarênico) e LN7 (Espodossolo), por outro lado, apresentaram influência da ocorrência em cotas mais altas, formadas por cordões arenosos deposicionais. No Litoral Sul, sob influência da região estuarina do Rio Novo, percebeu-se a ocorrência de material sulfídrico em LS2, detectado também pelos valores de pH e pela condutividade elétrica. Os maiores valores de pH obtidos a campo evidenciam que este perfil ainda não apresentou processo expressivo de oxidação de materiais sulfídricos, ao contrário do LN5. O LS3, em cota mais alta, apresentou influência de constituição de origem marinha e provável participação de material calcário, não sendo detectados, até a profundidade descrita, indicativos da ocorrência de materiais sulfídricos.

Conclusões

Os solos das regiões estudadas apresentam feições relacionadas aos processos pedogenéticos de gleização (hidromorfismo), paludização e sulfidização, com predomínio da influência da saturação com água atual ou pretérita.

Alterações como a diminuição da espessura do horizonte de acúmulo de material orgânico, a acidificação acentuada, e mudança na forma e dinâmica de alguns elementos (destaque

para o ferro) são observadas em perfis de áreas submetidas a sistemas mais intensivos de uso e manejo, atestando a maior suscetibilidade ambiental destes solos.

O mapeamento da ocorrência do tiomorfismo nos solos destas regiões é uma medida recomendável, no sentido de contribuir para o planejamento do uso e do manejo compatíveis com a fragilidade do ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, pelo auxílio financeiro ao projeto; à Petrobrás, pelo apoio logístico e em infraestrutura, especialmente nas atividades de campo na região do Delta do Rio Doce; e aos proprietários e trabalhadores das áreas estudadas, pela receptividade e apoio.

Referências

- ALVAREZ VENEGAS, V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JR., E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, A. C. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 131p.
- ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Matéria orgânica e pedogênese. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.66-85.
- ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Formas extraíveis de Ferro em solos do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, n.3, p.371-381, 1999.
- BORTOLUZZI, E. C.; PERNES, M.; TESSIER, D. Mineralogia das partículas envolvidas e formação de gradiente textural em Argissolo subtropical. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.5, p.997-1007, 2008.
- BLOOMFIELD, C.; COULTER, J. K. Genesis and Management of Acid Sulfate Soils. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 25, p. 265-323, 1973
- BUOL, S. W.; HOLE, F. D.; McCRAKEN, R. J. **Soil genesis and classification**. Iowa: Iowa State University Press, 2003. 435p.
- CHAROENCHAMRATCHEEP, C.; SMITH, C. J.; SATAWATHA, S.; PATRICK JR., W. H. Reduction and oxidation of acid sulfate soils of Thailand. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, n.2, p.630-634, 1987.
- COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO, P.; PEREZ, X. L. O.; MARTINS, V. M.; VAZQUEZ, F. M. Química e gênese de solos desenvolvidos sob vegetação de restinga no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.34, n.6, p.1951-1964, 2010.
- COMISSÃO DE PESQUISA EM RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 18 abr. 2009.
- CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos da região das várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.3, p.311-324, 2003.
- DALAL, R. C.; CHAN, K. Y. Soil organic matter in rainfed cropping system of the Australian cereal belt. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.39, n.2, p.435-465, 2001.
- EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p. 429-439, 2008.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Procedimentos normativos para levantamentos pedológicos**. Brasília (DF), 1995. 101p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, 1978 (Boletim Técnico 45)
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Brasília (DF), 1997.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006, 412p.
- FANNING, S. D.; FANNING. **Soil genesis, morphology and classification**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 394p.
- FARMER, V. C.; SKJEMSTAD, J. O.; THOMPSON, C. H. Genesis of humus B horizons in hydromorphic humus podzols. **Nature**, London, v.304, p.342-344, 1983.
- FARNHAM, R. S.; FINNEY, H. R. Classification and Properties of Organic Soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.17, p.115-162, 1965.
- GOMES, F. H.; VIDAL-TORRADO, P.; MACIAS, F.; GHERARDI, B.; PEREZ, X. L. O. Solos sob vegetação de restinga na ilha do Cardoso (SP). I - Caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.6, p.1563-1580, 2007.
- HOPKINS, D. G.; FRANZEN, D. W. Argillic Horizons in Stratified Drift: Luverne End Moraine, Eastern North Dakota. **Soil Science Society of America Journal**, v.67, n.4, p.1790-1796, 2003.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de recursos naturais. Projeto Radambrasil**. Rio de Janeiro, 1983. v 34.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de recursos naturais. Projeto Radambrasil**. Rio de Janeiro, 1987. v 34.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidades>>. Acesso em: 15 set. 2012
- JACKSON, M. L.; LIM, C. H.; ZELAZNY, L. A. Oxides, Hidroxides and Aluminossilicates In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KENNEDY, D. R. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy & Soil Science Society of America, – Wisconsin, 1986. p.101–130.
- KAMPF, N. O Ferro no solo. In: REUNIÃO SOBRE FERRO EM SOLOS INUNDADOS, A., 1987, Brasília, Anais. Provárzeas Nacional, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura. p.35-71.
- McBRIDE, M. **Environmental chemistry of soils**. Oxford University Press, 1994. 405p.
- NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica dos solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.34, n.2, p.339-3347, 2010.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24, p.29-96, 1972.
- PRADA-GAMERO, R.M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T. O. Mineralogia e físico química dos solos de mangue do Rio Iriri no canal Bertioga (Santos – SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 233-243, 2004.
- REZENDE, S.B.; LANI, J.L.; RESENDE, M.; CERQUEIRA, A. F.; FRANCELINO, M. R. **Diagnóstico e mapeamento de ambientes com ênfase em solos do delta do rio Doce**. Viçosa: Núcleo de Estudos e Planejamento de uso da Terra (NEPUT), Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 90 p.
- ROJSTACZER, S.; DEVEREL, S. J. Land Subsidence in drained Histosols and highly organic mineral soils of California. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.59, n.3, p.1162-1167, 1995.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92p.
- SILVA. E. B.; SILVA, A. F.; GRAZIOTTI, P. H.; FARNEZI, M. M. M.; FERREIRA, C. A.; COSTA, H. A. O.; HORAK, I. Comparação entre métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH SMP em Organossolos da Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.6, p. 2007-2013, 2008.
- SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. Caracterização de solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe, no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.3, p.977-986, 2001.
- SCHWERTMAN, U.; KAMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.7, n.1, p.251-256, 1983
- SCHWERTMAN, U.; TAYLOR, R. M. Iron Oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S. B. **Minerals in soil environment**. Soil Science Society of America, Madison, p.379-435, 1989.
- STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: Genesis, composition, reactions**. New York: John Wiley & Sons, 1982. 443p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188p. (Boletim Técnico, 5).
- TUPINAMBÁ M.; HEIBRON, M.; DUARTE, B. P.; NOGUEIRA, J. R.; VALLADARES, C.; ALMEIDA, J.; SILVA, L. G. E; MEDEIROS, C. R.; ALMEIDA, C. G.; MIRANDA, A.; RAGATKI, C. D.; MENDES, J.; LUDKA, I. Geologia da faixa ribeira setentrional: estado da arte e conexões com a faixa Araçuaí. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.15, n.1, p.67-79, 2007.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Keys to Soil Taxonomy**. 11th ed., 2010. 345 p.
- Van BREEMEN, N.; HARMSEN, K. Translocation of iron in Acid Sulfate Soils: I. Soil morphology, and the chemistry and mineralogy of iron in a chronosequence of Acid Sulfate Soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 39, n. 2, p. 1140-1148, 1975.
- Van BREEMEN, N.; PONS, L. J. Acid Sulfate Soils and Rice. In: **Chemical and eletrochemical changes in rice soils**. Phillipines: International Rice Resesearch Institute, 1978. p.739–759.
- VERDEJO, M. E. **Diagnóstico rural participativo – Guia prático**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006. 62p.
- WILLETT, J. R.; WALKER, P. K. Soil morphology and distribution of iron and sulfur fractions in a coastal flood plain toposequence. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.20, n.1; p.283-294, 1982.