

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DE  
CAMPOS NATIVOS NO NORDESTE DO ESPÍRITO SANTO**

Mateus Luiz Secretti

AQUIDAUANA – MS  
FEVEREIRO/2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DE  
CAMPOS NATIVOS NO NORDESTE DO ESPÍRITO SANTO**

Acadêmico: Mateus Luiz Secretti  
Orientador: Dr. Jolimar Antonio Schiavo

“Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)”.

AQUIDAUANA – MS  
FEVEREIRO/2013

S452c Secretti, Mateus Luiz

Caracterização e classificação de solos de campos nativos no nordeste do Espírito Santo /Mateus Luiz Secretti. Aquidauana, MS: UEMS, 2013.

52p. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Agronomia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Jolimar Antonio Schiavo.

1.Espodossolos, 2. Taxonomia de solos Assunto 3. SiBCS I.  
Título.

CDD 20.ed. 631.44

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**MATEUS LUIZ SECRETTI**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/02/2013.



---

Jolimar Antonio Schiavo. Dr. UEMS,  
Orientador.



---

Elói Panachuki. Dr. UEMS.



---

Vitor Matheus Bacani. Dr. UFMS.

"Quando a última árvore tiver caído, quando o último rio tiver secado, quando o último peixe for pescado, vocês vão entender que dinheiro não se come."

**Greenpeace**

*Aos meus pais, Lauro Secretti e Lurdes Daggios Secretti e em especial a minha  
avó Tereza Daggios "in memoriam"  
Dedico!*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me fortalecer a cada instante na ocupação de seus dias.

À minha família, meu pai Lauro, minha mãe Lurdes, minha irmã Viviana e minha prima Rafaela que sempre estiveram ao meu lado, obrigado pelos longos anos de motivação, incentivo e companheirismo.

Ao estimado Professor Dr. Jolimar Antonio Schiavo pela orientação desde a graduação, amizade, confiança e ensinamentos válidos para minha formação.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS – pelo acolhimento e oportunidade da realização do curso de graduação e pós-graduação em Agronomia.

Ao CNPq projeto “Casadinho” processo 620029/20080, pelo apoio financeiro e a CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

Ao pessoal do CENA pelo apoio nas coletas, em especial ao professor Dr. Luíz Carlos Ruiz Pessenda.

À todos meus amigos, principalmente à Juliana, Kelly, Maria, Milena e Miriam.

Ao pessoal do laboratório que sempre foram parceiros até nos finais de semana, Gabrielly, Jean Sérgio, Phillipe, Gustavo, Karina, Ricelly, Cleilson e Luciane.

Ao Renan Cardoso pela amizade e apoio sempre, principalmente no período que estive no Espírito Santo.

À todos os professores que de maneira direta ou indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica em especial ao professor Adriano e ao professor Elói.

À Embrapa Agropecuária Oeste, pelo apoio nas análises, em especial ao professor Dr. Júlio Salton que sempre esteve disposto quando precisei.

Aos professores Adriano e Rafael por contribuírem no aperfeiçoamento deste estudo.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	<b>Viii</b>
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS</b>	
1 INTRODUÇÃO.....	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	<b>2</b>
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	<b>2</b>
1.2.1 Definição e Classificação da Classe - Espodossolo.....	<b>2</b>
1.2.2 Ocorrência dos Espodossolos.....	<b>4</b>
1.2.3 Critérios para determinação do horizonte B espódico.....	<b>5</b>
1.2.4 Importância da Matéria Orgânica no solo.....	<b>7</b>
1.2.5 Vegetação.....	<b>8</b>
1.2.5.1 Restinga.....	<b>8</b>
1.2.5.2 Mussununga.....	<b>9</b>
1.3 REFERÊNCIAS.....	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DE CAMPOS NATIVOS NO NORDESTE DO ESPÍRITO SANTO</b>	
RESUMO.....	<b>16</b>
ABSTRACT.....	<b>16</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	<b>17</b>
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	<b>19</b>
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	<b>21</b>
2.3.1 Atributos morfológicos.....	<b>21</b>
2.3.2 Atributos físicos.....	<b>25</b>
2.3.3 Atributos químicos.....	<b>28</b>



2.3.4 Classificação dos Solos.....	46
2.4 CONCLUSÕES.....	47
2.5 AGRADECIMENTOS.....	47
2.6 REFERÊNCIAS.....	47

## RESUMO

Os solos da classe dos Espodossolos em sua grande maioria ocorrem em regiões de clima frio como Norte da Europa, Ásia, Rússia e outros; e também tem sido registrado em menor proporção em regiões tropicais. No Brasil, normalmente são encontrados em ambientes costeiros (Estados de São Paulo, Espírito Santo e Bahia), com característica de vegetação de restinga. Além do ambiente costeiro, os Espodossolos também ocorrem em grandes áreas na Amazônia, e na região do Pantanal (Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul). Tais solos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte diagnóstico B espódico, simbolizado por Bh, Bs ou Bhs, conforme prevalência de matéria orgânica (h), óxidos de alumínio e, ou ferro (s) ou ambos (hs), que se localiza imediatamente abaixo do horizonte E, A (mais raramente), ou horizonte hístico. O presente trabalho teve por objetivo caracterizar e classificar solos, de ocorrência nos campos nativos no nordeste do Espírito Santo na reserva da empresa Vale, de modo a auxiliar na maior compreensão nos níveis hierárquicos mais baixos do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SiBCS). No Brasil ainda é necessário estudos de caracterização e classificação na classe dos Espodossolos, que são deficientes quando comparado a outros sistemas de classificação como o *Soil taxonomy* e o *World Reference Base for Soil Resources* *Ida*, que utiliza vários dos chamados atributos diferenciais para classificação de solos, atributos quais estão sendo inseridos no SiBCS através de trabalhos de classificação, tornando o sistema mais completo.

**Palavras-Chave:** Espodossolos, taxonomia de solos, SiBCS

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1 INTRODUÇÃO**

Os Espodosolos em sua grande maioria ocorrem em regiões de clima frio como Norte da Europa, Ásia, Rússia e outros e também tem sido registrado em menor proporção em regiões tropicais. No Brasil, normalmente são encontrados em ambientes costeiros, denominados série barreiras e com vegetação de restinga (GOMES, 2005; OLIVEIRA et al., 2010; COELHO et al., 2010). Além do ambiente costeiro, os Espodosolos também ocorrem em grandes áreas na Amazônia (MAFRA et al., 2002) e na região do Pantanal (SILVA & ABDON, 1998; FERNANDES et al., 2007, SCHIAVO et al., 2012). De uma maneira geral, os Espodosolos são arenosos, quimicamente pobres, formados por sedimentos fluviais do período quaternário (OLIVEIRA et al., 2010; COELHO et al., 2010) e raramente utilizados para desenvolvimento agrícola.

Os Espodosolos são caracterizados por serem solos minerais, com seqüência de horizontes A-E-Bh e, ou, Bs e, ou, Bhs-C. Esta classe de solo apresenta como característica o horizonte B espódico que é formado pelo processo chamado de podzolização, que consiste na translocação de material orgânico com Al e/ou Fe, dos horizontes superficiais para o horizonte subsuperficial (GOMES et al., 1998), onde se acumulam misturas de complexos organometálicos, acompanhadas ou não de oxihidróxidos de Fe e Al e aluminossilicatos com diferentes graus de cristalinidade (ESTADOS UNIDOS, 1999).

São solos que apresentam uma idade sedimentar relativamente jovem e uma grande variabilidade, que é resultado das diferentes etapas e processos de sedimentação, assim a gênese desse solo depende da evolução dos ambientes sedimentares presentes nos diferentes compartimentos geológico-geomorfológicos ali existentes, bem como da evolução da própria vegetação que os recobre (MOREIRA, 2007).

Assine (2003) acrescenta que neste ambiente de acúmulo de sedimentos, e propenso à inundação periódica, a oscilação do nível do lençol freático pode ser considerada um dos principais responsáveis pelas variações nas características morfológicas (cor, por exemplo) e químicas, resultando na gênese diferenciada do material sedimentado.

No sistema Brasileiro de Classificação de solo (EMBRAPA, 2006), a classificação dos Espodossolos é ainda deficiente, por que no Brasil a ocorrência desta classe de solos é pequena (2%) em relação às demais, por isso os estudos são escassos, o que dificulta a adequação de critérios analíticos para definição do horizonte B espódico, e conseqüentemente para a classificação dos Espodossolos. Trabalhos mais detalhados, buscando maior entendimento sobre quais formas de Fe e Al estariam complexadas com a matéria orgânica do solo na formação do horizonte B Espódico, gerando maiores informações para os níveis hierárquicos mais baixos do SiBCS foram desenvolvidos por Oliveira et al., (2010) e Coelho et al., (2010) na região costeira do Brasil em áreas de restinga.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Caracterização e classificação de solos (Espodossolos) formados em campos nativos do nordeste do Espírito Santo, de modo a auxiliar na maior compreensão nos níveis hierárquicos mais baixos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

## **1.2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.2.1 Definição e Classificação da Classe – Espodossolos**

De acordo com o SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) e Fernandes et al., (2007) os Espodossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte diagnóstico B espódico bem característico desta classe, e ocorrem dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou 400 cm se os horizontes A + E ou hístico + E apresentam espessura superior a 200 cm. Este horizonte é simbolizado pelos sufixos Bh, Bs ou Bhs, conforme prevalência de matéria orgânica (h), óxidos de alumínio e/ou ferro (s) ou ambos (hs), que se localiza frequentemente abaixo do horizonte E, ou até com menor frequência abaixo do horizonte A, ou horizonte hístico. Pode apresentar fragipã, duripã e ortstein (camadas endurecidas), formados por processos de cimentação da matéria orgânica e alumínio com ou sem

ferro.

Classificado ha nível de subordens como: Espodossolos Humilúvicos (horizonte B espódico com sufixo Bh e/ou Bhm ou seja quando tem o acúmulo predominante de carbono orgânico); Espodossolos Ferrilúvicos (horizonte B espódico com sufixo Bs e/ou Bsm ou seja com acúmulo de alumínio podendo ou não conter ferro) e Espodossolos Ferrihumilúvicos (horizonte B espódico que não se enquadra nos anteriores e geralmente com o acúmulo de carbono orgânico, alumínio e/ou ferro). Classificação esta, que pode variar de acordo com os sistemas de classificação a ser utilizado (Soil Classification Working Group, Soil Taxonomy entre outros).

Ainda, estes solos são caracterizados pelo acúmulo de quartzo em detrimento dos argilominerais, principalmente a caulinita. Tal acúmulo ocorre devido ao processo de podzolização, com a hidrólise dos argilominerais e, a migração de matéria orgânica e de complexos organometálicos para a subsuperfície (SCHWARTZ, 1988; BRAVARD & RIGHI, 1989 apud HORBE et al., 2003).

Características como elevação do volume de chuva e menor variação da temperatura (influenciados pela elevação do nível de água do lençol freático, principalmente em regiões litorâneas) e a cobertura vegetal do solo, são consideradas como as mais fortes características relacionadas com o processo de podzolização (MIECHÓWKA et al., 2006), conseqüentemente favorecendo o processo de formação dos Espodossolos.

Em todos os locais de ocorrência registrada, os Espodossolos, são solos muito pobres em fertilidade, moderada a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa, podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível, e com propriedades físicas desfavoráveis ao aproveitamento agrícola, para a maioria das culturas economicamente cultivadas, principalmente por apresentarem toxicidade do alumínio e deficiência de fósforo, problemas comuns para esta classe de solo (FAO, 2006; EMBRAPA, 2006). Os Espodossolos mais evoluídos são geralmente utilizados para pastagem extensiva ou ficam ociosos sob vegetação natural, ou ainda torna-se reserva legal das propriedades (FAO, 2006).

### 1.2.2 Ocorrência dos Espodossolos

Os solos da classe dos Espodossolos em sua grande maioria ocorrem em regiões de clima frio como Norte da Europa, Ásia, Rússia, Austrália e outros, e em menor proporção, também tem sido registrado em regiões tropicais. No Brasil, normalmente ocorrem em ambientes costeiros, denominados série barreiras e com vegetação de restinga (Estado de São Paulo, Espírito Santo e Bahia). Além do ambiente costeiro, os Espodossolos também ocorrem em grandes áreas na Amazônia (MAFRA et al., 2002), e na região do Pantanal (SILVA & ABDON, 1998; FERNANDES et al., 2007; SCHIAVO et al., 2012). Sua ocorrência no Brasil é expressa em uma área de aproximadamente 142.000 km<sup>2</sup>, em uma escala de 1:5.000.000 (EMBRAPA, 1981; IBGE, 1993), valor que representa menos que 2% do total dos solos (COELHO et al., 2002), com maior representatividade no estado do Amazonas, também de forma bem expressiva nos estados de Alagoas e Paraíba (OLIVEIRA et al., 1992), e em menor proporção em ambientes costeiros (Estados de São Paulo, Espírito Santo e Bahia) (Figura 1).



**Figura 1.** Ocorrência dos Espodossolos no Brasil (Coelho et al. 2002)

### 1.2.3 Critérios para determinação do horizonte B espódico

São vários os sistemas de classificação de solos presentes no mundo, alguns mais desenvolvidos que outros de acordo com a importância dos solos presentes em suas regiões. No Brasil a classificação dos solos é feita através do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, que baseia-se na identificação de horizontes diagnósticos, atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos para cada classe, e em algumas, como por exemplo os Espodossolos sua classificação é adaptada de outras literaturas como a do *Soil taxonomy*, e do *World Reference Base for Soil Resources* da FAO e adaptadas para regiões tropicais, visto que informações desta classe para o Brasil ainda são escassas (JACOMINE, 2000; MOURA FILHO, 1998).

De acordo com EMBRAPA (2006), o horizonte B espódico ocorre normalmente sob qualquer tipo de horizonte A ou sob um horizonte E (álbico ou não) que pode ser precedido de horizonte A ou horizonte hístico, é caracterizado pelo acúmulo de compostos orgânicos iluviais associados a óxidos de Al e/ou Fe, com espessura mínima de 2,5 centímetros, com ou sem grau de cimentação, levando em consideração as seguintes características mais específicas:

- Um horizonte E (álbico ou não) sobrejacente e cores úmidas de acordo com um dos itens a seguir:
  - matiz 5YR ou mais vermelho;
  - matiz 7,5YR com valor 5 ou menor e croma 4 ou menor;
  - matiz 10YR, com valor e croma 3 ou menor;
  - cores neutras com valor 3 ou menor.
- uma das cores do item anterior ou matiz 7,5YR com valor 5 ou menor e croma 5 ou 6, ou matiz 10YR com valor 5 ou menor e croma menor que 6 e apresentando uma ou mais das seguintes características:
  - cimentação por matéria orgânica e alumínio, com ou sem ferro, em 50% ou mais do horizonte e consistência firme ou muito firme nas partes cimentadas, e recebe a designação de “orstein”;

- quando de textura arenosa ou média, os grãos de areia não cobertos por películas de ferro ou matéria orgânica, apresentam fissuras ou presença de grânulos pretos do tamanho da fração silte, ou ambos;
- percentagem de alumínio mais metade da percentagem de ferro (determinados pelo oxalato de amônio) com valor 0,50 ou maior, sendo este valor pelo menos o dobro do encontrado no horizonte sobrejacente, seja A ou E;
- qualquer cor se o horizonte é continuamente cimentado por uma combinação de matéria orgânica e alumínio com ou sem ferro, apresentando consistência quando úmido muito firme ou extremamente firme.

Critérios derivados e adaptados do sistema de classificação da FAO (1994); Isbell (1996) e Estados Unidos (1999).

O horizonte B espódico pode conter ainda uma associação ao horizonte plácico que constitui um horizonte fino, de cor preta a vermelho escuro que é cimentado por ferro (ou ferro e manganês), com ou sem matéria orgânica. Este horizonte constitui um impedimento à passagem da água e ao desenvolvimento das raízes das plantas, característica bem íntima desta classe de solo. Existem poucos registros da ocorrência deste horizonte e, portanto, da variabilidade de atributos tais como espessura.

Atualmente outros critérios vêm sendo incorporados nas análises para classificação de determinadas classes de solos ainda pouco estudadas, como no caso dos Espodossolos, critérios estes já utilizados em sistemas como no Soil Taxonomy, por exemplo: valores de densidade óptica no extrato do oxalato, teor mínimo de carbono orgânico, valores de pH, além da necessidade da determinação de teores de Fe e matéria orgânica no horizonte B espódico, para facilitar o entendimento e melhorar a classificação dentro das sub-ordens (EMBRAPA, 2006; SANTOS et al., 2005, GOMES, 2005). Gomes (2005), afirma que o SiCBS apresenta uma classificação deficiente quando se trata da classe dos Espodossolos, justificando a necessidade de estudos nesta classe de solo dentro do Brasil.



### 1.2.4 Importância da Matéria Orgânica no solo

Um dos fatores que permitem diferenciar um solo de um sedimento é o seu maior conteúdo de matéria orgânica presente, sendo a mesma uma mistura de compostos orgânicos provenientes de plantas, animais e microrganismos, física e quimicamente heterogêneos e em diferentes estágios de decomposição (CANELLAS et al., 2001).

A matéria orgânica no solo está na maioria das vezes ligada a compostos de Fe e/ou Al e tem por diversos processos a capacidade de se movimentar ao longo do perfil do solo, se acumulando em horizonte subsuperficial, principalmente em solos arenosos, como é o caso dos Espodosolos, conferindo a esta classe uma característica marcante e pode-se dizer única, quando comparado com outras classes (ANDRIESSE, 1969; ANDERSON et al., 1982).

Esta capacidade que a matéria orgânica tem de se movimentar e de se acumular é atribuída aos seus compostos formadores, chamados de substâncias húmicas, que promovem a dissolução de minerais primários e secundários presentes no solo, além da alta capacidade de formar complexos estáveis com íons metálicos de Al e Fe. (BOUDOT et al., 1989; TAN, 1986; FONTANA et al., 2008). Estas substâncias húmicas possuem baixa massa molecular e por isso são facilmente digeridos por microrganismos do solo, acumulando complexos como os de AL e/ou Fe em horizontes subsuperficial (BOUDOT, 1989). Estas evidências indicam a importância desses compostos na formação e manutenção dos Espodosolos, considerado a teoria mais aceita para formação destes tipos de solo (MOKMA & BUURMAN, 1982; BUURMAN & JONGMANS, 2005), mesmo existindo diversas outras contraditórias.

Lundstrom et al. (2000) afirmam que além da ação de microrganismos, os complexos organo-metálicos precipitam abaixo do horizonte eluvial (E) por terem alcançado os pontos isoelétricos desses complexos ou pela mudança do pH, e então formando este horizonte rico em matéria orgânica, Al e Fe, chamado de horizonte B espódico.

A importância da matéria orgânica nos estudos de pedologia e classificação de solos pode ser constatada pela utilização de atributos tais como: teores de carbono orgânico, seu grau de decomposição a partir do teor de fibras em vários sistemas de

classificação. Os diversos compostos presentes na matéria orgânica, através do processo de humificação, resultam na formação de substâncias com estruturas químicas mais complexas e de maior estabilidade do que os materiais que as originaram, amorfas, escuras, hidrofílicas, ácidas e parcialmente aromáticas, definidas como substâncias húmicas, frações húmicas ou ainda frações orgânicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina) e com intensa participação nos diferentes processos e reações que ocorrem nos solos, o que torna a matéria orgânica um importante componente a ser estudado (FONTANA, 2009).

### **1.2.5 Vegetação**

Ao longo da costa do Espírito Santo, intercaladas entre floresta de tabuleiros ocorrem outros tipos de vegetação, com formações florísticas e fisiologicamente distintas da dominante (vegetação de restinga), com densidade variada, capaz de ser caracterizada até como vegetação de mussununga.

#### **1.2.5.1 Restinga**

De acordo com Suguio & Tessler (1984) o termo restinga é utilizado para diferentes acepções, podendo ser usada tanto para designar vários tipos de depósitos litorâneos, quanto a outras feições costeiras, como a vegetação (arbustivo-arbórea característica de zonas costeiras arenosas). Suguio (2003) afirma que restinga nada mais é do que depósitos marinhos litorâneos e depósitos de material continental cuja idade geralmente não ultrapassa 5100 anos e também é genericamente denominada de planície litorânea.

A vegetação sobre a restinga é formada por mosaicos vegetacionais distintos, sob influência marinha e fluvio marinha, e pode apresentar fisionomias diversas (ARAÚJO & LACERDA, 1987), onde diferentes tipos de vegetação ocorrentes podem variar desde arbustos até arbóreo-arbusto com densidade bastante variada, podendo até formar matas, cujo dossel não ultrapasse 20 metros de altura, variação esta na vegetação caracterizada pelas diferenças geomórficas, pedológicas e climáticas dos locais (SILVA, 1998; GOMES, 2005) e sua complexidade aumenta na medida em que estão mais

distantes do oceano, devido às variações dos fatores ambientais (ARAÚJO & LACERDA, 1987).

Os solos sob vegetação de restinga são arenosos, quimicamente pobres, tendo como principal fonte de nutrientes o “spray” marinho, criando condições bem específicas que restringem o tipo de vegetação do local (ARAÚJO & LACERDA, 1987; LEÃO & DOMINGUEZ, 2000). A manutenção desse tipo de local é dada através da interação entre o desenvolvimento de recifes de corais com a mudança no nível relativo do mar, que propiciam uma dispersão e acúmulo de sedimentos ao longo da linha da costa (CHRISTOFOLETTI, 1980). A fitofisionomia desse ecossistema resulta da interação de fatores ambientais como clima, proximidade do lençol freático, condições topográficas, condições do solo, além das variações do nível do mar (SANTOS et al., 2004; SONEHARA, 2005; CORDEIRO, 2005).

O chamado “spray” marinho é o processo que resulta no acúmulo de nutrientes e posteriormente o incremento desses no solo, propiciando a formação de Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos (GOMES et al., 1998; ROSSI, 1999; ARAÚJO & LACERDA, 1987), onde muitas vezes este último apresenta-se um incipiente processo de podzolização, levando-o a apresentar características intermediárias para Espodossolo, pois em regiões costeiras os locais de formação dos Neossolos são logo após as praias bem próximos do mar, na maioria das vezes sob vegetação de restinga, condições estas, que favorecem o desenvolvimento para um Espodossolo (OLIVEIRA et al., 1992).

Este tipo de solo ocorre quase sempre sob vegetação de restinga, em locais de clima temperado e tropical, com a presença de materiais de origem quartzosas e pobres em nutrientes (Van BREEMEM & BURRMAN, 2002) como é o caso das regiões litorâneas no Brasil. São ainda poucas as informações sobre este tipo de solo no Brasil, com estudos ainda bem restritos o que dificulta muitas vezes a compreensão do mesmo em determinadas condições ambientais.

### **1.2.5.2 Mussununga**

Em regiões de domínio de Florestas Ombrófilas, encontra-se um tipo de vegetação cuja fitofisionomia, estrutura e composição florística diferem das porções florestadas dominantes (IBGE, 1993). Variação que possui componente arbóreo pouco

denso e o componente herbáceo-arbustivo predominante, que se diferencia do comportamento dominante, denominada vegetação de mussununga (MEIRA NETO, 2005). Vegetações que variam de campestres até florestas, sempre desenvolvidas em solo arenoso e úmido, geralmente com camada impermeável em torno de um a dois metros de profundidade responsável por alagamento em períodos chuvosos, fator que diferencia a mussununga da restinga (SIMONELLI, 1998; THOMAS, 2003).

A mussununga de fisionomia graminóide apresenta desenvolvimento sobre solos mais rasos, com presença de areais de maior granulometria, já as áreas de mussununga onde se desenvolve plantas do tipo gramíneo-lenhosa e arbórea, tem relação com solos mais profundos e com areia de granulometria menor (SAPORETTI Jr. 2009). O autor afirma ainda que o tipo de vegetação desenvolvida é determinada pelas condições do solo, os solos mais rasos podem sofrer estresse mais acentuado pelo alagamento nos períodos chuvosos e também pela seca em períodos de estiagem. Os solos presentes nestas condições de ambientes são quase que na totalidade os Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos, classe bem comum em regiões de áreas litoraneas.

Este tipo de vegetação ocorre sempre em trechos descontínuos, com formas variadas, comumente circulares, e em baixas altitudes, e geralmente apresentam um dossel de microfiterófitos de no máximo 20 metros de altura, com composição florística bem semelhante às áreas de restinga (MEIRA NETO, 2005; PEIXOTO & GRENTY, 1990). Locais onde as variáveis ambientais são fatores determinantes para o tipo de vegetação que se desenvolve (SAPORETTI Jr. 2009).

### 1.3 REFERÊNCIAS

ANDERSON, H. A.; BERROW, M. L.; FARMER, V. C.; HEPBURN, A.; RUSSELL, J. D. e WALKER, A. D. A reassessment of Podzol forming processes. **J. Soil Sci.**, v. 33, p.125-136, 1982.

ANDRIESSE, J. P. Study of the environmental and characteristics of tropical podzols in Sarawak (East-Malasia). **Geoderma**, v. 2, p.201-227, 1969.

ARAÚJO, D.S.D. & LACERDA, L.D. A natureza da restinga. **Revista Ciência Hoje**.v. 33, p.42-48, 1987.

ASSINE, M. L. **Sedimentação na bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil**. 115p. Tese (Livre Docência)-Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2003.

BOUDOT, J. P.; BEL HADJ BRAHIM, A.; STEIMAN, R.; SEIGLE-MURANDI, F. Biodegradation of synthetic organo-metalic complexes of iron and aluminium with selected metal to carbon ratios. **Soil Biol. Biochem.** V.21, p.961-966, 1989.

BUURMAN, P. & JONGMANS, A.G. Podzolization and soil organic matter dynamics. **Geoderma**, V.125, p.71-83, 2005.

CANELLAS, L. P.; GURIDI, F.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; BRAZ-FILHO, R. Aumento da resolução de espectros de RMN  $^{13}\text{C}$  de ácidos húmicos em solução através do tratamento prévio com KCl 0,03 mol L $^{-1}$ . **Quim. Nova**, v. 24, N $^{\circ}$ . 1, p.131-132, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Edgard Blücher Ltda., São Paulo, SP, 188p. 1980.

COELHO, M. R.; MARTINS, V. M.; VIDAL-TORRADO, P.; SOUZA, C. R. de G.; PEREZ, X. L. O. e VÁSQUEZ, F. M. Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do Estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p.833-846, 2010.

COELHO, M.R.; SANTOS, H.G.; SILVA, E.F. & AGLIO, M.L.D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JR., E. & PERES, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, p.1-11, 2002.

CORDEIRO S. Z. Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Perú, Cabo Frio, EJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** V.19, p.679-693, 2005.

EMPRESA BRASIEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** (2 $^{\text{a}}$  Aproximação). Rio de Janeiro, 1981.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2.ed. Washington, 1999. 869p.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; SOARES, M. T. S; PELLEGRIN, L. A.; LIMA, I. B. T. de. Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6 p. (Embrapa Pantanal. **Comunicado Técnico, 61**).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. 2006. **World reference base for soil resources**. World soil resources reports, 103. Rome, 2006.

FONTANA, A. **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no sistema brasileiro de classificação de solos**. 2009. 81 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2009.

FONTANA, A.; BENITES, V. de M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos. Substâncias húmicas como suporte à classificação de solos brasileiros. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p.2073-2080, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **World reference base for soil resources**. Paris, UNESCO, 1994. 161p.

GOMES, F.H. **Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso-SP**. 2005. 107 p. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba – SP, 2005. Tese (Doutorado em Agronomia).

GOMES, J.B.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B. & MENDONÇA, E.S. Solos de três áreas de restinga. I. Morfologia, caracterização e classificação. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 33, p.1907-1919, 1998.

HORBE, A. M. C.; HORBE, M. A.; SUGUIU, K. Origem dos depósitos de areias brancas no nordeste do Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 33 (1), p. 41-50, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 1993.

ISBELL, R.F. **The Australian soil classification**. Melbourne: CSIRO Publishing, 1996.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob matas ciliares. p. 27-31. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp. 2000.

LEÃO, Z.M.A.N. & DOMINGUEZ, J.M.L. **Tropical coast of Brazil**. *Mar. Poll. Bull.*, v.41, p.112-122, 2000.

LUMDSTRÖM, U.S.; van BREEMEN, N.; BAIN, D.; van HEES, P.A.W.; GIESLER, R.; GUSTAFSSON, J.P.; ILVESNIEMI, H.; KARLTUN, E.; MELKERUD, P.A., OLSSON, M.; RIISE, G.; WAHLBERT, O.; BERGELIN, A.; BISHOP, K.; FINLAY, R.; JONGMANS, A.G.; MAGNUSSON, T.; MANNERKOSKI, H.; NORDGREN, A.; LYBERG, L.; STARR, M.; TAU-SATRAN, L. Advances in understanding the

podzolization process resulting from a multidisciplinary study of three coniferous forest soils in the Nordic Countries. **Geoderma**, v. 94, p.335-353, 2000.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOLKOFF, B. e MELFI, A. J. Pedogênese numa seqüência Latossolo-Espodosolo na região do Alto Rio Negro, Amazonas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 381-394, 2002.

MEIRA NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L. **Composição florística, espectro biológico e fitofisionomia da vegetação de muçununga nas áreas de preservação da Bahia Sul Celulose S. A.** Viçosa, MG: Sociedade de Investigação Florestais, 1998. 29p.

MIECHÓWKA, A.; ZADROZNY, P.; KOWALCZYK, E. Podzol soils of different climatic and vegetation belts of the Babiogórski National Park. **Polish Journal of Soil Science**. 2006.

MOKMA, L.; BUURMAN, P. Podzols and podzolization in temperate regions. Wageningen, International Soil Museum, 1982. 126p.

MOREIRA, M. G. **Associações entre os solos, os ambientes sedimentares quaternários e as fitofisionomias de planície costeira e baixa encosta nas bacias dos rios Itaguapé e Guaratuba (Bertioga-SP)**. 2007. 157p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Meio Ambiente)-Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo – SP, 2007.

MOURA FILHO, G. Caracterização e uso de solos arenosos associados à Foz do Rio São Francisco, no Litoral Sul de Alagoas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 169p. (Tese de Doutorado)

MEIRA NETO, J. A.; SOUZA, A. L.; LANA, J. M.; VALENTE, G. E. Composição florística, es[pectro biológico e fitofisionomia da vegetação de muçununga nos Municípios de Caravelas e Mucuri, Vhaia. **Revista Árvore** v. 29, n.1, p. 139 – 150. 2005.

OLIVEIRA, A. P. de; KER, J. C.; SILVA, I. R. da; FONTES, M. P. F. e OLIVEIRA, A. P. de; NEVES, AL. T. G. Spodosols pedogenesis under Barreiras formation and sandbank environments in the south of Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34, p.847-860, 2010.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para seu reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.

PEIXOTO, A.L. & GENTRY, A. Diversidade e composição florística da mata de tabuleiro na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). **Revta brasil. Bot.** v.13, p.19-25, 1990.

ROSSI, M. **Fatores formadores da paisagem litorânea: A bacia do Guaratuba, São Paulo – Brasil**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1999.159p. (Tese de Doutorado).

SANTOS, H.G. et al. Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 2003. 56p. (Embrapa Solos. **Documentos; n.53**).

SANTOS, R.D.; BARRETO, W.O.; SILVA, E.F.; ARAÚJO, WILSON, S.; CLAESSEN, M.E. C.; PAULA, J.L.; SOUZA, J.L.R.; PÉREZ, D.V. & SOUZA, J.S. Levantamento expedito dos solos das reservas florestais de Linhares e Sooretama no estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 66p. (**boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49**)

SAPORETTI-JUNIOR A. W. Vegetação e solos de Muçununga em Caravelas, Bahia. (Vegetation and soils of Mussununga of Caravelas, Bahia State). Doctorate thesis, Federal University of Viçosa, Viçosa, 2009.

SCHWARTZ, D. Some podzol on Bateke Sands and their origins, People's Republic of Congo. **Geoderma**, v.43, p.229-247. 1988.

SILVA, J. dos S. V; ABDON, M. de M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, DF, v. 33, p. 1703-1711, 1998.

SILVA, S. M. **As formações vegetais da planície litorânea da Ilha do Mel, Paraná, Brasil: composição florística e principais características estruturais.** Dissertação de Doutorado. Campinas. Universidade Estadual de Campinas. 262 p. 1998.

SIMONELLI, M. **Composição florística e estrutura do estrato arbóreo de uma muçununga na Reserva Florestal de Linhares, Espírito Santo.** 1998. 101f. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

SONEHARA, J. S. **Aspectos florísticos e fitossociológicos de um trecho de vegetação de restinga no Parque Estadual do Rio da Onça – Martinhos, PR.** Dissertação de Mestrado em Botânica -Setor de Ciências Biológicas. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005.

SUGUIO, K.; TESSLER, M.G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: Origem e nomenclatura. In: LACERDA, L.D.; ARAÚJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R. & TURQ, B. Restingas: Origem, estrutura e processos. Niterói, CEUFF, p.15-26, 1984.

SUGUIO, K. Geologia sedimentar. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

TAN, K. H. Degradation of Soil Minerals by Organic Acids. In: HUNANG, P. M.; SCHNITZER, M. **Interactions of Soil with Natural Organics and Microbes.** Madison: Soil Science Society of America, Inc., 1986. 606p.

THOMAS, W. W. Natural vegetation types in Southern Bahia. In: PRADO, P. I. et al. **Corredor de biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia.** Ilhéus: IESB; CI; CABS; UFMG; UNICAM, 2003. 1 CD-ROM.



Van BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil formation. 2.ed.** Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2002. 404p. 2002.

## **CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DE CAMPOS NATIVOS NO NORDESTE DO ESPÍRITO SANTO**

### **RESUMO**

O presente trabalho teve por objetivo caracterizar e classificar solos, de ocorrência nos campos nativos no nordeste do Espírito Santo na reserva da empresa Vale, de modo a auxiliar na maior compreensão nos níveis hierárquicos mais baixos do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SiBCS). Na reserva da empresa Vale, é possível distinguir, numa pequena distância espacial, três fitofisionomias: graminóide, formando áreas circulares (campos nativos), vegetação com porte alto (mata de tabuleiro) e a vegetação arbustiva transicional entre a mata de tabuleiro e os campos nativos (mussununga). Nos campos nativos na forma de transecto (da área central até a parte mais baixa) foram abertas nove trincheiras, para estudo. Os solos descritos nos ambientes apresentaram diferenças no tocante à cor, estrutura, consistência, espessura do solo e dos horizontes e suas transições. Quanto à composição granulométrica, houve predomínio da fração areia, refletindo maiores valores de densidade do solo e das partículas. Os maiores valores de carbono orgânico total, foram observados nas camadas superficiais e nos horizontes onde o processo característico de eluviação de matéria orgânica é presente. Em todas as feições estudadas, os teores de  $Fe_d$  foram superiores em relação aos de  $Fe_{ox}$ , indicando maior presença de Fe na forma complexada. Todos os perfis foram classificados como Espodossolos Ferrihumilúvicos com exceção do P9 classificado como Espodossolo Humilúvico. Nos ambientes de estudo constatou-se a influência dos fatores relevo e flutuação do lençol freático, associados ao processo pedogenético de podzolização, como principal atuante na gênese dos solos estudados.

**Palavras-Chave:** Espodossolos, taxonomia de solos, SiBCS.

### **ABSTRACT**

*This study aimed to characterize and classify soils, occurring in grasslands in the nordeste do Espírito Santo the reserve of the company Vale, in order to assist in better understanding the lower levels of the Sistema Brasileiro de Classificação de solos*

*(SiBCS). In reserva of the company Vale, it is possible to distinguish, in a small spatial distance, three vegetation types: graminoid, forming circular areas (grasslands), with tall vegetation (forest board) and shrubby vegetation transitional between the forest board and grasslands (mussununga). In native fields as transect (the central area to the lowest part) 9 trenches opened for study. The land described in the environments differ with regard to color, structure, texture, thickness and soil horizons and their transitions. Regarding the composition granulometric predominated sand fraction, reflecting higher values of soil density and particle. The highest values of total organic carbon were observed in the surface layers and horizons where the process characteristic of Elution of organic matter is present. In all features studied, the levels of  $Fe_d$  were higher than those of  $Fe_{ox}$ , indicating greater presence of Fe in the complexed form. All profiles were classified as Spodosols Ferrihumilúvicos exception with the P9 classified as Spodosol Humilúvico. In environments study confirmed the influence of topography and water table fluctuations, associated with the process of pedogenetic podzolization, acting as the principal in the genesis of these soils.*

**Key-Words:** *Spodosols, soil taxonomy, SiBCS.*

## 2.1 INTRODUÇÃO

As regiões norte e nordeste do Espírito Santo e sul da Bahia apresentam predominantemente Argissolos e Latossolos formados de depósitos do terciário da Formação Barreiras associados à floresta de tabuleiros; e em menor expressão, Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos formados por sedimentos quaternários associados à vegetação de restinga (EMBRAPA, 1995; JACOMINE, 1996; CORRÊA et al., 2008).

No entanto, estudos pedológicos em escala regional e local podem identificar várias unidades pedogeomórficas demonstrando maior diversidade e gênese de solos na região; sendo tais estudos melhor viabilizados quando se tem uma vegetação natural bem preservada, caso específico da reserva natural da Vale com área de 28.000 hectares localizados a nordeste do Espírito Santo. Na reserva natural da vale, intercalada à vegetação de tabuleiros tem-se a formação florística distinta da matriz dominante,

denominada “mussununga”, cujo porte diminui gradativamente, até ser substituída por vegetação de fisionomia graminoide formando áreas circulares denominada de “campos nativos” associados a solos arenosos, como Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos (OLIVEIRA et al., 2010), os quais são pouco estudados e, portanto sua caracterização e classificação pretendem-se investigar.

No Brasil os Espodossolos normalmente, estão relacionados com ambientes costeiros e com vegetação de restinga, com estudos restritos ao litoral de São Paulo (COELHO et al., 2010) e sul da Bahia (OLIVEIRA et al., 2010). Também ocorrem em grandes áreas na Amazônia, associados a porções mais baixas das encostas, com vegetação arbustiva e sedimentos com elevados teores de areia, como observado na região do rio Negro (LUCAS et al, 1984; LUCAS et al., 1987; BRAVARD & RIGHI 1989; RIGHI et al., 1990) e no Pantanal Sul Matogrossense nos sedimentos arenosos da Bacia do Rio Taquari (SCHIAVO et al., 2012).

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2006), a ordem dos Espodossolos é dividida em Espodossolos Humilúvicos, quando há predomínio de acúmulo de carbono orgânico (CO) no horizonte espódico (Bh e/ou Bhm); Espodossolos Ferrilúvicos, com acúmulo de alumínio (Al) podendo ou não conter Ferro (Fe) no horizonte espódico (Bs e/ou Bsm) e Espodossolo Ferrihumilúvico com acúmulo de CO, Fe e Al no horizonte espódico (Bhs e/ou Bhsm). Alguns estudos mais detalhados, buscando maior entendimento sobre quais formas de Fe e Al estariam complexadas pela matéria orgânica do horizonte B espódico, gerando maiores informações para estruturação dos níveis hierárquicos inferiores do SiBCS, foram desenvolvidos por Oliveira et al. (2010) e Coelho et al. (2010) na região costeira; e por Schiavo et al. (2012) no Pantanal. No entanto, mais estudos enfatizando a caracterização e classificação dos Espodossolos na região costeira do Brasil que não à de restinga são necessários.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar e classificar solos de ocorrência nos campos nativos no nordeste do Espírito Santo na reserva natural da empresa Vale, de modo a auxiliar na maior compreensão nos níveis hierárquicos mais baixos do sistema Brasileiro de Classificação de solos (SiBCS).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas na reserva natural da empresa Vale, localizada no município de Linhares a Nordeste do Estado do Espírito Santo ( $19^{\circ}11'58''$  S e  $40^{\circ}05'22''$  W). O clima na região é do tipo tropical quente e úmido (Awi), apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno, tendo precipitação pluviométrica média anual de 1202 mm e temperatura média anual, mínima e máxima de 14,8 e 34,2 °C, respectivamente (JESUS & ROLIM, 2005). Na área da reserva da Vale, é possível distinguir, numa pequena distância espacial (aproximadamente de 300 metros), três fitofisionomias: graminóide, formando áreas circulares (campos nativos), vegetação com porte alto (mata de tabuleiro) e vegetação arbustiva transicional entre a mata de tabuleiro e os campos nativos (mussununga). Há ainda abundância dessa composição fitofisionômica, com denominações específicas locais, e utilizadas neste trabalho sendo elas: gávea, mantegueira e caingá. Nessas três áreas, na forma de transecto (da área central dos campos nativos até a parte mais baixa) foram abertas nove trincheiras, sendo elas: a) nativo gávea: perfil P1 -  $19^{\circ} 12'47''$  S  $39^{\circ} 57'52''$  W, P2 -  $19^{\circ}12'46,7''$  S  $39^{\circ}57'43,7''$  W, P3 -  $19^{\circ}12'45,7''$  S  $39^{\circ}57'41''$  W, P4 -  $19^{\circ}12'36,1''$  S  $39^{\circ}57'40,8''$ W e P5 -  $19^{\circ}08'17,3''$  S  $19^{\circ}03'66,9''$  W, b) mantegueira: perfil P6 -  $19^{\circ}09'11,3''$  S  $40^{\circ}03'55,4''$  W e P7 -  $19^{\circ}09'16,2''$  S  $40^{\circ}03'54,8''$  W e c) caingá: perfil P8 -  $19^{\circ}05'79,1''$  S  $39^{\circ}54'87,1''$  W e P9 -  $19^{\circ}05'78,1''$  S  $39^{\circ}54'87,4''$  W. (Figura 1 – Nativo Gávea)



Foto: GEOBASES, 2011.

**Figura 1. Foto aérea da área do Nativo Gávea, na Reserva natural da empresa Vale, Linhares – ES.**

Os perfis foram descritos morfológicamente segundo Santos et al. (2005), sendo coletadas amostras em todos os horizontes. As amostras foram secas e peneiradas (malha de 2 mm), constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA).

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta, usando hidróxido de sódio  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  como dispersante. A densidade das partículas ( $D_p$ ) foi determinada pelo método do balão volumétrico. Os cátions trocáveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  foram extraídos com solução de  $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ , o H+Al com solução de acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 7,0. Os teores de P,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foram extraídos com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$ . Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por titulometria com solução de  $\text{EDTA } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ;  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , por fotometria de chama; P por colorimetria; e  $\text{Al}^{3+}$  e H+Al, por titulometria com  $\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$ . O pH em água e em  $\text{KCl}$  (peso 1:2,5) foi determinado por meio de potenciômetro, a partir dos dados obtidos calculou-se o delta pH. Os teores de carbono orgânico (CO) foram determinados segundo Yeomans & Bremner (1988). A partir das análises foram calculadas a saturação por alumínio (m); valor de soma de bases trocáveis (SB); valor de CTC do solo(T), saturação por bases (V%) e saturação por sódio (Na/T). Os procedimentos acima foram realizados de acordo com Embrapa (1997).

As formas de Fe, nos seus diferentes graus de cristalinidade, foram avaliadas através do ditionito-citratobicarbonato de sódio (DCB) (MEHRA & JACKSON, 1960); e do oxalato ácido de amônio  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ , pH 3,0, no escuro (MCKEAGUE & DAY, 1966).

A densidade ótica do extrato em oxalato ( $\text{DO}_{\text{ox}}$ ) foi determinada em todas as amostras através da absorbância (em espectrômetro) do extrato de oxalato de amônio obtida no comprimento de onda de 430 nm (SKJEMSTAD et al. 1992). Com objetivo de confirmar a presença de materiais espódicos, é feita a relação  $[\% \text{Al}_o + 0,5 (\% \text{Fe}_o)]$  que quando maior ou igual a 0,5 ou a  $\text{DO}_{\text{ox}}$  é maior ou igual a 0,25, em valores que representam o dobro dos contidos no horizonte E sobrejacente, tem-se condições indicativas de materiais espódicos (UNITED STATES, 2010).

Nos horizontes sub superficiais dos perfis P1 e P6, nativos da gávea e mantegueira, respectivamente, realizou-se a análise mineralógica, utilizando-se a difratometria de raios-X na fração areia, em um difratômetro Philips PW 2400 com anodo de cobre ( $\text{Cu K}_\alpha$ ) e filtro de Ni operado a 40 kV e 40 mA, em 1,2 dois graus theta

por minuto. As amostras foram preparadas seguindo os procedimentos descritos em Whittig & Allardice (1986).

A partir das descrições morfológicas e dos dados analíticos (análises físicas, químicas e mineralógicas), os solos foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2006).

Foi realizado a correlação de Pearson entre CTC e Al, CTC e H + Al e Al<sub>d</sub> com Al<sub>ox</sub>.

## **2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **2.3.1 Atributos morfológicos**

Os solos descritos nos ambientes nativos da gávea, mantegueira e caingá, apresentaram diferenças no tocante à cor, estrutura, consistência, espessura do solo e dos horizontes e suas transições (Tabela 1).

No nativo da gávea os perfis P1, P2, P3, P4 e P5 apresentaram sequência de horizonte A, E, respectivamente, com horizonte espódico cimentado.

O perfil P1 apresentou predominância da matiz 10YR, exceto no horizonte Bhs (2,5 YR); estrutura do tipo grão simples; consistência solta quando seca e úmida, respectivamente; e não plástica e não pegajosa quando molhado, para o horizonte A1, A2 e E, e maciça nos horizontes Bhsm1, Bhsm2 e Bhs. Foi observada transição entre os horizontes A1 e A2 plana gradual e plana e abrupta para os demais horizontes.

No perfil P2, em todos os horizontes, houve predomínio da matiz 10YR; estrutura variando de grão simples no horizonte mais superficial e no horizonte subsuperficial (E), estrutura maciça no Bhsm1 e Bhsm2 quando seco; consistência solta até o horizonte E; consistência extremamente dura e dura nos horizontes Bhsm1 e Bhsm2. Este perfil apresentou consistência quando molhada não plástica e não pegajosa; com transição abrupta e plana entre o horizonte E e Bhsm1.

O perfil P3 se assemelha ao perfil P2, tendo em todos os horizontes matiz 10YR; estrutura com grão simples e consistência solta do horizonte superficial até o horizonte E2, estrutura maciça no horizonte Bhsm1 e Bhsm2 e consistência maciça tanto seca quanto úmida; consistência quando molhada não plástica em todos os horizontes e não pegajosa do horizonte superficial até o horizonte Bhs1, ligeiramente pegajosa no Bhs2;

**Tabela 1. Principais atributos morfológicos de solos desenvolvidos nos campos nativos no nordeste do Espírito Santo**

Horiz.	Prof.	Cor Munsell		Estrutura <sup>1</sup>	Consistência			Transição <sup>5</sup>
		Úmida	Seca		Seca <sup>2</sup>	Úmida <sup>3</sup>	Molhada <sup>4</sup>	
	<b>Cm</b>	<b>Nativo da Gávea P1 - Altitude 29 m</b>						
<b>A1</b>	<b>0-16</b>	10YR 4/1	10YR 5/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PG
<b>A2</b>	<b>16-22</b>	10YR 4/1	10YR 5/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>E</b>	<b>22-91</b>	10YR 8/1	10YR 8/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm</b>	<b>91-93</b>	10YR 4/1	10YR 5/2	Maciça	ED	MF	NPL, LPJ	PA
<b>Bhsm</b>	<b>93-111</b>	10YR 3/1	10YR 3/2	Maciça	D	Fm	NPL, LPJ	PA
<b>Bhs</b>	<b>111-128<sup>+</sup></b>	2,5Y 2,5/1	2,5Y 2,5/1	Mod, P, BS	Mc	Fv	NPL, NPJ	-
		<b>Nativo da Gávea P2 - Altitude 24 m</b>						
<b>A1</b>	<b>0-18</b>	10YR 3/1	10YR 4/2	F, P, G	S	S	NPL, NPJ	PC
<b>A2</b>	<b>18-37</b>	10YR 4/1	10YR 6/1	GS	S	S	NPL, NPJ	OC
<b>E</b>	<b>37-90</b>	10YR 8/1	10YR 8/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm</b>	<b>90-99</b>	10YR 5/2	10YR 6/2	Maciça	ED	MF	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm</b>	<b>99-105<sup>+</sup></b>	10YR 2/1	10YR 2/2	Maciça	D	Fv	NPL, NPJ	-
		<b>Nativo da Gávea P3 - Altitude 24 m</b>						
<b>A1</b>	<b>0-17</b>	10YR 5/1	10YR 5/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PC
<b>A2</b>	<b>17-26</b>	10YR 6/2	10YR 6/2	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>E1</b>	<b>26-60</b>	10YR 8/1	10YR 8/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>E2</b>	<b>60-77</b>	10YR 8/1	10YR 8/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm1</b>	<b>77-81</b>	10YR 2/2	10YR 4/2	Maciça	ED	Fm	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm2</b>	<b>81-92</b>	10YR 3/2	10YR 4/2	Maciça	ED	Fm	NPL, NPJ	PA
<b>Bhs1</b>	<b>92-104</b>	10YR 2/1	10YR 3/2	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhs2</b>	<b>104-110<sup>+</sup></b>	10YR 2/2	10YR 4/2	Mod, P, BA	D	Fv	NPL, LPJ	-
		<b>Nativo da Gávea P4 - Altitude 24 m</b>						
<b>A1</b>	<b>0-11</b>	10YR 2/1	10YR 3/1	Mod, M/Gd, G	Mc	Fv	NPL, NPJ	PC
<b>A2</b>	<b>11-34</b>	10YR 3/1	10YR 4/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PC
<b>E</b>	<b>34-60</b>	10YR 7/1	10YR 8/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm</b>	<b>60-70</b>	10YR 5/2	10YR 5/2	Maciça	ED	MF	NPL, NPJ	PC
<b>Bhs1</b>	<b>70-87</b>	10YR 2/1	10YR 3/1	Mod, P, BA	S	S	NPL, NPJ	PC
<b>Bhs2</b>	<b>87-115</b>	10YR 3/2	10YR 4/2	Mod, P, BA	D	Fv	NPL, LPJ	PC
<b>Bhs3</b>	<b>115-124<sup>+</sup></b>	10YR 3/2	10YR 4/2	Mod, P, BA	D	Fv	NPL, LPJ	-
		<b>Nativo da Gávea P5 - Altitude 22 m</b>						
<b>A1</b>	<b>0-19</b>	10YR 4/1	10YR 4/2	GS	S	S	NPL, NPJ	PO
<b>A2</b>	<b>19-38</b>	10YR 3/1	10YR 5/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>E</b>	<b>38-80</b>	10YR 8/1	10YR 8/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm</b>	<b>80-90</b>	10YR 4/2	10YR 4/3	Maciça	ED	EF	NPL, NPJ	AO
<b>Bhs</b>	<b>90-104</b>	10YR 2/1	7,5YR 3/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bt1</b>	<b>104-121</b>	7,5YR 4/2	7,5YR 4/3	Maciça	LD	MF	PL, PJ	PC
<b>Bt2</b>	<b>121-132</b>	7,5YR 4/2	7,5YR 4/3	Maciça	LD	Fv	PL, PJ	PC



Horiz.	Prof.	Cor Munsell		Estrutura <sup>1</sup>	Consistência			Transição <sup>5</sup>
		Úmida	Seca		Seca <sup>2</sup>	Úmida <sup>3</sup>	Molhada <sup>4</sup>	
<b>Bt3</b>	<b>132-148</b>	7,5YR 4/2	7,5YR 5/3	Maciça	LD	Fv	PL, PJ	PC
<b>Bt4</b>	<b>148-178<sup>+</sup></b>	7,5YR 4/2	7,5YR 5/3	Maciça	LD	Fv	PL, PJ	-
<b>Nativo da Mantegueira P6 - Altitude 54 m</b>								
<b>A1</b>	<b>0-18</b>	10YR 3/1	10YR 4/1	F, P/M, G	Mc	Fv	NPL, LP	PC
<b>A2</b>	<b>18-36</b>	10YR 4/1	10YR 5/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>E</b>	<b>36-143</b>	10YR 8/1	10YR 8/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm</b>	<b>143-149</b>	10YR 3/1	10YR 5/2	Maciça	ED	EF	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm1</b>	<b>149-160</b>	10YR 3/1	10YR 4/2	Mod, P, BA	D	Fv	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm2</b>	<b>160-174<sup>+</sup></b>	10YR 3/2	10YR 5/1	Mod, P, BA	D	Fv	NPL, NPJ	-
<b>Nativo da Mantegueira P7 - Altitude 58 m</b>								
<b>A1</b>	<b>0-15</b>	10YR 3/1	10YR 4/1	F, P/M, G	Mc	Fv	NPL, LPJ	PC
<b>A2</b>	<b>15-25</b>	10YR 4/1	10YR 5/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>E</b>	<b>25-61</b>	10YR 8/1	10YR 8/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm</b>	<b>61-74</b>	10YR 2/1	10YR 3/1	Maciça	D	Fv	NPL, LPJ	PC
<b>Bhsm1</b>	<b>74-98</b>	10YR 4/2	10YR 5/3	Maciça	MD	Fv	NPL, NPJ	PC
<b>Bhsm2</b>	<b>98-140<sup>+</sup></b>	10YR 5/3	10YR 6/3	Maciça	MD	Fv	NPL, NPJ	-
<b>Nativo do Caingá P8 - Altitude 16 m</b>								
<b>A</b>	<b>0-11</b>	10YR 2/2	10YR 4/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PC
<b>E1</b>	<b>11-29</b>	10YR 4/2	10YR 5/1	GS	S	S	NPL, NPJ	PC
<b>E2</b>	<b>29-58</b>	10YR 4/2	10YR 5/2	GS	S	S	NPL, NPJ	AO
<b>Bh</b>	<b>58-74</b>	10YR 2/1	10YR 3/3	GS	Mc	S	NPL, NPJ	PA
<b>Bhsm1</b>	<b>74-103</b>	10YR 3/2	10YR 5/3	Maciça	D	Fm	NPL, NPJ	PC
<b>Bhsm2</b>	<b>103-120<sup>+</sup></b>	10YR 3/3	10YR 5/3	Maciça	D	Fm	NPL, NPJ	-
<b>Nativo do Caingá P9 - Altitude 17 m</b>								
<b>Ho</b>	<b>0-12</b>	10YR 2/1	10YR 2/1	M, P, G	Mc	MF	LPL, LPJ	PC
<b>H1</b>	<b>12-27</b>	5Y 2,5/1	5Y 2,5/1	M, P, G	Mc	Fv	LPL, PJ	PC
<b>H2</b>	<b>27-62</b>	5Y 2,5/1	5Y 3/2	M, P/M, BA	LD	Fv	PL, LPJ	PC
<b>H3</b>	<b>62-88</b>	5Y 2,5/1	5Y 3/2	M, P/M, BA	M	MF	PL, LPJ	PC
<b>A</b>	<b>88-102</b>	5Y 2,5/2	5Y 4/2	F, P, BS	M	MF	LPL, LPJ	OC
<b>E</b>	<b>102-113</b>	5Y 2,3/2	5Y 4/2	GS	M	MF	NPL, LPJ	PA
<b>Bh</b>	<b>113-121</b>	5Y 2,5/2	5Y 3/2	GS	M	MF	NPL, NPJ	PA
<b>BC</b>	<b>121-132</b>	5Y 4/3	5Y 5/2	Maciça	D	Fv	LPL, LPJ	PC
<b>Bhm</b>	<b>132-150<sup>+</sup></b>	5Y 3/2	5Y 4/3	M, P, G	ED	EF	NPL, NPJ	-

<sup>(1)</sup>Estrutura: (GS: grão simples; Mod: moderada; P: pequena; Bs: bloco subangular; F: fraca; G: granular; BA: bloco angular; M: média; Gd: grande). <sup>(2)</sup>Consistência no estado seco: (S: solta; ED: extremamente dura; MD: muito dura; D: dura; LD: ligeiramente dura e Mc: macia). <sup>(3)</sup>Consistência no estado úmido: (S: solta; MF: muito friável; Fv: friável; EF: extremamente firme e Fm: firme). <sup>(4)</sup>Consistência no estado molhado: (NPL: não plástica, PL: plástica; LPL: ligeiramente plástica; MPL: muito plástica; NPJ: não pegajosa, LPJ: ligeiramente pegajosa e PJ: pegajosa). <sup>(5)</sup>Transição: (PA: plana e abrupta; PC: plana e clara; PG: plana e gradual; OC: ondulada e clara; PO: Plana e ondulada; AO: abrupta e ondulada).

perfil com transição abrupta e plana entre os horizontes A2, E1, E2, Bhsm1, Bhsm2, Bhs1 e Bhs2.

O perfil P4 é semelhante ao perfil P2 e P3 quanto a cor, que é expressa por uma matiz 10YR, tanto úmida quanto seca; predominância da estrutura maciça nos horizontes, com exceção do horizonte A2 que apresentou estrutura tipo grão simples; consistência dura no horizonte Bhs2 e Bhs3, e quando molhada semelhante ao perfil P3 (não plástica e não pegajosa). A transição entre os horizontes foi plana e clara, exceto do horizonte E e Bm que foi plana e abrupta no perfil P4.

O perfil P5 tem matiz no horizonte superficial de 10YR e uma matiz de 7,5YR nos horizontes Bt; predominância de grão simples e consistência não plástica e não pegajosa até o horizonte Bhs e estrutura maciça nos horizontes Bt, com consistência plástica e muito pegajosa, conferida pelo acúmulo de argila. Transição plana e abrupta e plana e clara entre os horizontes Bt.

No nativo mantegueira os perfis P6 e P7 apresentaram sequência de horizonte A, E, respectivamente, ambos apresentando horizonte espódico cimentado. Tanto o perfil P6 quanto o perfil P7 apresentam matiz 10YR úmida e/ou seca em todos os horizontes. No P6 a estrutura variou de granular e grãos simples do horizonte superficial até o horizonte E, estrutura moderada pequena e com blocos angulares nos horizontes Bhsm2 e Bhsm3; consistência predominantemente solta até horizonte E quando seca e úmida, e dura nos horizontes Bhsm2 e Bhsm3; consistência quando molhada não plástica e não pegajosa nos horizontes subsuperficiais; com transição predominante plana e abrupta entre os horizontes.

No P7 a estrutura de grão simples é observada para os horizontes A2 e E e estrutura maciça para Bhsm1, Bhsm2 e Bhsm3, com consistência solta em horizontes superficiais e muito dura e friável quando seca e úmida; com transição variando entre plana abrupta e plana e clara.

Na área de nativo caingá, o perfil P8 apresenta homogeneidade na matiz tanto úmido quanto seca (10YR); estrutura de grão simples e consistência solta entre o horizonte A e Bhs e estrutura maciça nos horizontes Bhsm1 e Bhsm2, com consistência dura, úmida e seca, e consistência não plástica e não pegajosa em todos os horizontes quando molhada; com transição plana e clara entre os horizontes A e E1 e no horizonte Bhsm1, abrupta e ondulada no horizonte E2 e plana e abrupta no horizonte Bh. O perfil

P9 apresenta a matiz 5Y predominante nos horizontes tanto úmido quanto seco; estrutura média, pequena e granular, com blocos angulares nos horizontes superficiais (H); com consistência macia na maioria dos horizontes quando seco; e muito friável quando úmida; com consistência variando entre não plástica e não pegajosa quando molhada; com transição plana e clara entre horizontes superficiais e plana e abrupta entre horizontes subsuperficiais (E e Bh).

Pode-se observar nos solos estudados a presença de características do processo pedogenético caracterizado como podzolização, onde compostos orgânicos em solução, podem ou não ser complexados com cátions metálicos de Fe e/ou Al e translocados para horizontes subsuperficiais em função da atividade do lençol freático (ANDRIESSE, 1969; MOKMA & EVANS, 1999; DIAS et al. 2003; OLIVEIRA et al. 2010; COELHO et al., 2010). Os solos em estudos são caracterizados como Espodosolos, principalmente pela presença de horizonte E alábico (EMBRAPA, 2006) nos perfis, o que sugere um intenso processo de podzolização, característico desta classe. Nos locais onde o lençol freático na maior parte do ano permanece o mais próximo à superfície, pode ser observado cores mais oxidadas (bruno, bruno escuro e bruno amarelado), devido ao processo de redução de compostos de Fe.

### 2.3.2 Atributos físicos

Nas três feições da paisagem estudadas, quanto à composição granulométrica houve predomínio da fração areia, refletindo variações na densidade das partículas (Tabela 2). Na área do nativo gávea os teores de areia variaram de 404,11 a 981,33 g kg<sup>-1</sup>, no nativo mantegueira de 667,97 a 981,33 g kg<sup>-1</sup> e no nativo caingá de 513,17 a 895,74 g kg<sup>-1</sup>. Em função dos elevados teores de areia nos três ambientes, a textura do solo variou de areia e areia-franca, na maioria dos horizontes e textura argilo-arenosa em três horizontes Bt no nativo gávea - P5, justificado pelo processo acentuado de eluviação nestes horizontes.

Em todos os solos estudados, exceto para os horizontes E2, Bhsm1, Bhsm2 e Bhsl do perfil P3 na área do nativo gávea, houve predomínio da fração areia fina.

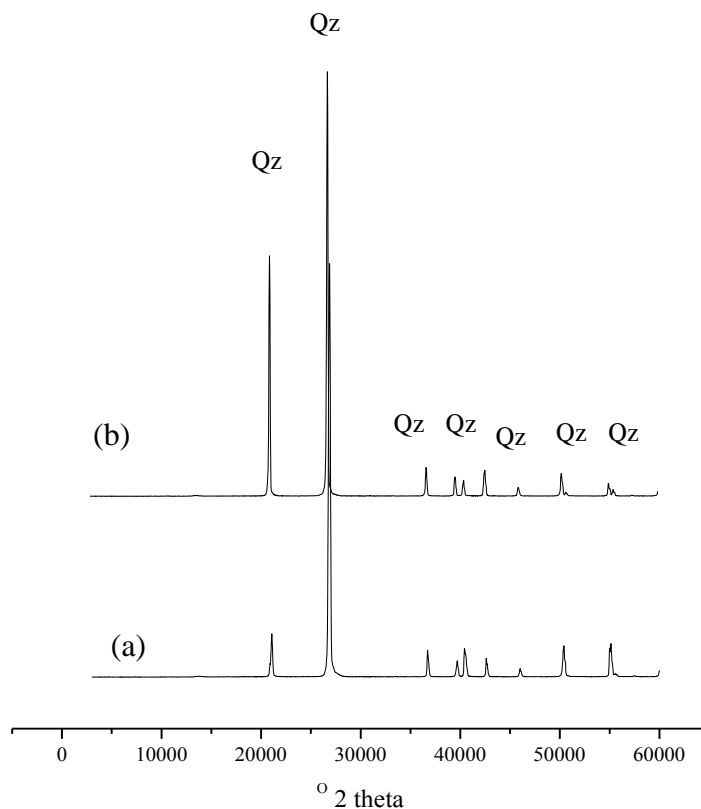
**Tabela 2. Atributos físicos de solos desenvolvidos nos campos nativos no nordeste do Espírito Santo**

Horiz.	Prof. cm	Densidade	Granulometria					Textura <sup>1</sup>
		Partícula Mg m <sup>-3</sup>	Areia Grossa	Areia média	Areia fina	Argila	Silte	
<b>Nativo da Gávea P1 - Altitude 29 m</b>								
A1	0-16	2,41	131,00	380,27	470,06	3,55	15,12	Areia
A2	16-22	2,50	56,30	262,08	652,27	3,70	25,65	Areia F
E	22-91	2,53	102,08	195,64	647,41	2,20	52,67	Areia F
Bhsm	91-93	2,53	204,39	170,57	376,46	8,70	239,88	Areia F
Bhsm	93-111 <sup>+</sup>	2,17	165,79	205,06	501,73	15,85	111,57	Franco A
<b>Nativo da Gávea P2 - Altitude 24 m</b>								
A1	0-18	2,35	96,31	330,59	531,33	3,95	37,82	Areia
A2	18-37	2,44	95,67	191,34	669,68	3,65	39,66	Areia
E	37-90	2,53	149,98	214,18	573,18	4,55	58,11	Areia
Bhsm	90-99	2,67	212,22	165,75	350,99	21,10	249,94	Areia F
Bhsm	99-105 <sup>+</sup>	2,30	136,37	225,02	396,24	27,15	215,22	Areia F
<b>Nativo da Gávea P3 - Altitude 24 m</b>								
A1	0-17	2,22	195,15	372,46	396,06	7,40	28,93	Areia
A2	17-26	2,51	158,14	267,36	524,27	8,55	41,68	Areia
E1	26-60	2,53	247,39	218,71	505,95	6,05	21,90	Areia
E2	60-77	2,53	518,09	95,68	343,00	7,85	35,38	Areia
Bhsm1	77-81	2,44	530,49	118,01	179,65	11,70	160,15	Areia F
Bhsm2	81-92	2,44	319,35	151,50	271,82	19,65	237,68	Areia F
Bhs1	92-104	2,33	297,05	167,91	360,15	14,55	160,34	Areia F
Bhs2	104-110 <sup>+</sup>	2,53	218,70	128,00	189,97	47,30	416,03	Franco A
<b>Nativo da Gávea P4 - Altitude 24 m</b>								
A1	0-11	2,25	74,95	147,23	670,10	9,50	98,22	Areia
A2	11-34	2,63	80,82	190,27	652,56	8,30	68,05	Areia
E	34-60	2,44	322,19	27,31	566,61	7,75	76,14	Areia
Bhsm	60-70	2,63	161,5	165,77	384,18	11,55	277,00	Areia F
Bhs1	70-87	2,56	100,84	116,38	327,87	44,55	410,36	Franco A
Bhs2	87-115	2,67	164,42	190,57	392,36	23,40	229,25	Areia F
Bhs3	115-124 <sup>+</sup>	2,67	155,05	141,32	314,07	35,80	353,76	Areia F
<b>Nativo da Gávea P5 - Altitude 22 m</b>								
A1	0-19	2,41	78,10	213,12	581,30	96,00	31,48	Areia
A2	19-38	2,50	141,99	217,25	553,81	27,50	59,45	Areia
E	38-80	2,50	218,15	165,56	521,92	30,50	63,87	Areia
Bhsm	80-90	2,56	200,06	215,72	317,92	34,00	232,30	Areia F
Bhs	90-104	2,35	146,66	222,36	393,43	213,00	24,55	Franco A
Bt1	104-121	2,53	76,09	135,86	192,16	181,50	414,39	Franca
Bt2	121-132	2,56	90,20	154,97	256,57	448,00	50,26	Argilo A
Bt3	132-148	2,08	108,91	145,90	271,43	399,00	74,76	Argilo A
Bt4	148-178 <sup>+</sup>	2,70	108,11	164,72	272,39	374,00	80,78	Argilo A
<b>Nativo da Mantegueira P6- Altitude 54 m</b>								
A1	0-18	2,04	61,71	212,39	708,24	3,55	14,11	Areia
A2	18-36	2,70	93,36	282,52	594,77	3,70	25,65	Areia
E	36-143	2,60	260,11	182,31	502,71	2,20	52,67	Areia

Horiz.	Prof.	Densidade	Granulometria				Textura <sup>1</sup>	
		Partícula	Areia Grossa	Areia media	Areia fina	Argila		Silte
	cm	Mg m <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>					
<b>Bhsm</b>	<b>143-149</b>	2,41	237,72	152,77	380,93	8,70	219,88	Areia F
<b>Bhm1</b>	<b>149-160</b>	2,25	147,23	146,55	389,44	23,20	293,58	Franco A
<b>Bhm2</b>	<b>160-174<sup>+</sup></b>	2,30	191,59	187,53	288,85	29,45	302,58	Franco A
<b>Nativo da Mantegueira P7- Altitude 58 m</b>								
<b>A1</b>	<b>0-15</b>	2,08	108,24	215,65	521,77	9,80	144,54	Areia F
<b>A2</b>	<b>15-25</b>	2,33	138,72	206,47	576,54	7,35	70,92	Areia
<b>E</b>	<b>25-61</b>	2,38	257,34	183,80	477,91	70,50	10,45	Areia
<b>Bhsm</b>	<b>61-74</b>	2,15	190,94	136,70	395,63	23,65	253,08	Areia F
<b>Bhsm1</b>	<b>74-98</b>	2,02	167,41	152,20	372,19	30,75	277,45	Franco A
<b>Bhsm2</b>	<b>98-140<sup>+</sup></b>	2,25	219,84	223,50	314,04	157,00	85,62	Franco A
<b>Nativo do Caingá P8 - Altitude 16 m</b>								
<b>A</b>	<b>0-11</b>	2,74	255,19	259,74	374,74	60,00	50,33	Areia
<b>E1</b>	<b>11-29</b>	2,70	180,76	236,57	371,81	102,50	108,36	Areia F
<b>E2</b>	<b>29-58</b>	2,78	157,15	258,91	479,68	66,00	38,26	Areia
<b>Bh</b>	<b>58-74</b>	2,38	196,22	257,44	324,14	171,50	50,70	Franco A
<b>Bhsm1</b>	<b>74-103</b>	2,56	208,18	251,32	357,67	160,50	22,33	Franco A
<b>Bhsm2</b>	<b>103-120</b>	2,56	131,71	208,88	298,38	180,50	180,53	Franco A
<b>Bhsm3</b>	<b>120-142<sup>+</sup></b>	2,60	97,10	154,16	261,91	235,00	251,83	Franco A
<b>Nativo do Caingá P9- Altitude 17 m</b>								
<b>Ho</b>	<b>0-12</b>	1,67	163,46	199,20	255,23	179,00	203,11	Franco A
<b>H1</b>	<b>12-27</b>	2,56	210,85	264,76	356,93	161,50	5,96	Areia F
<b>H2</b>	<b>27-62</b>	2,22	182,64	208,21	336,71	197,00	75,44	Franco A
<b>H3</b>	<b>62-88</b>	2,50	175,28	303,46	332,66	155,00	33,60	Areia F
<b>A</b>	<b>88-102</b>	2,56	216,45	312,37	272,94	113,00	85,24	Areia F
<b>E</b>	<b>102-113</b>	2,56	215,98	252,89	360,07	111,50	59,56	Areia F
<b>Bh</b>	<b>113-121</b>	2,50	253,05	243,29	327,77	133,00	42,89	Areia F
<b>BC</b>	<b>121-132</b>	2,50	160,99	201,58	204,55	409,50	23,38	Argilo A
<b>Bhm</b>	<b>132-150<sup>+</sup></b>	2,33	143,16	212,35	241,27	225,50	177,72	Franco A

<sup>(1)</sup> Textura do solo: (Areia F: areia franca; Franco A: franco-arenosa; Franco AA: franco argilo-arenosa; Argilo A: argilo-arenosa; Argilo A: argilo arenosa).

De maneira geral, com base nos critérios adotados no SiBCS (EMBRAPA, 2006), os Espodossolos, quanto à textura, são descritos como predominantemente arenosos, sendo portanto variável sua granulometria, desde essencialmente arenosa (DIAS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2010), podendo apresentar predomínio da fração areia fina (COELHO et al., 2010), como observado em todos os perfis estudados. Os valores de densidade do solo foram altos variando de 1,35 a 1,67 Mg m<sup>-3</sup> (dados não apresentados). O padrão observado para os horizontes de constituição mineral, tanto para a densidade do solo quanto para as de partículas, pode ser decorrente do predomínio da fração areia, cujo principal constituinte mineral é o quartzo (Figura 2) que possui massa específica em torno de 2,65 Mg m<sup>-3</sup>.



**Figura 2. Difractometria de raios-X da fração areia de solos desenvolvidos nos campos nativos, no nordeste do Espírito Santo. a= campo nativo da gávea P1 (Bhm 93-111 cm). b=campo nativo da mantegueira P6 (Bhm2 160-174 cm).**

### 2.3.3 Atributos químicos

Os maiores valores de carbono orgânico total (COT) foram observados nos horizontes superficiais (horizonte A), e nos horizontes onde o processo característico de iluviação de matéria orgânica está presente (Bhs e Bhsm) (Tabela 3).

Tabela 3. Principais atributos químicos de solos desenvolvidos nos campos nativos no nordeste do Espírito Santo

Horiz.	Prof. cm	COT g kg <sup>-1</sup>	pH		$\Delta$ pH	P mg kg <sup>-1</sup>	K	Na	Ca	Mg	Ca + Mg	H	Al	H + Al	SB	T	Na/T	m	V
			Água	KCl															
						cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>											%		
<b>Nativo da Gávea P1 – Altitude 29 m</b>																			
<b>A1</b>	<b>0-16</b>	8,02	4,20	2,67	-1,53	4,52	0,00	0,01	0,50	0,20	0,70	4,60	0,90	5,50	0,71	6,21	0,16	14,49	11,42
<b>A2</b>	<b>16-22</b>	2,30	4,48	2,89	-1,59	4,85	0,00	0,01	0,80	0,30	1,10	2,70	0,60	3,30	1,11	4,41	0,23	13,59	25,23
<b>E</b>	<b>22-91</b>	1,82	5,21	4,44	-0,77	0,00	0,00	0,02	0,50	0,20	0,70	1,00	0,20	1,20	0,72	1,92	1,04	10,44	37,36
<b>Bhsm</b>	<b>91-93</b>	7,24	4,17	2,84	-1,33	0,00	0,00	0,01	0,30	0,10	0,40	9,30	1,50	10,80	0,41	11,21	0,09	13,38	3,68
<b>Bhsm</b>	<b>93-111</b>	35,20	3,83	2,58	-1,25	0,00	0,00	0,01	0,50	0,30	0,80	48,60	7,60	56,20	0,81	57,01	0,02	13,33	1,43
<b>Bhs</b>	<b>111-128<sup>+</sup></b>	33,90	3,88	2,81	-1,07	1,88	0,00	0,01	1,00	0,40	1,40	43,80	5,80	49,60	1,41	51,01	0,02	11,37	2,77
<b>Nativo da Gávea P2 - Altitude 24 m</b>																			
<b>A1</b>	<b>0-18</b>	17,74	4,03	2,53	-1,50	5,60	0,00	0,09	0,70	0,70	1,40	8,30	1,60	9,90	1,49	11,39	0,79	14,05	13,08
<b>A2</b>	<b>18-37</b>	25,74	4,29	2,79	-1,50	6,95	0,00	0,01	0,40	0,20	0,60	3,20	0,70	3,90	0,61	4,51	0,22	15,52	13,56
<b>E</b>	<b>37-90</b>	0,24	5,15	4,20	-0,95	0,00	0,00	0,02	0,40	0,10	0,50	0,80	0,10	0,90	0,52	1,42	1,41	7,07	36,41
<b>Bhsm</b>	<b>90-99</b>	5,75	3,97	2,94	-1,03	0,22	0,00	0,01	0,20	0,10	0,30	13,50	2,80	16,30	0,31	16,61	0,06	16,85	1,88
<b>Bhsm</b>	<b>99-105<sup>+</sup></b>	25,74	4,09	2,97	-1,12	11,15	0,00	0,07	0,90	0,30	1,20	57,20	7,70	65,40	1,27	66,67	0,10	11,55	1,90
<b>Nativo da Gávea P3 - Altitude 24 m</b>																			
<b>A1</b>	<b>0-17</b>	16,24	4,18	2,59	-1,59	4,75	0,00	0,01	0,80	0,20	1,00	4,70	0,90	5,60	1,01	6,61	0,15	13,61	15,29
<b>A2</b>	<b>17-26</b>	5,25	4,07	2,62	-1,45	9,56	0,00	0,01	0,40	0,20	0,60	3,70	0,90	4,60	0,61	5,21	0,19	17,27	11,75
<b>E1</b>	<b>26-60</b>	3,25	4,78	3,59	-1,19	0,00	0,00	0,01	0,30	0,20	0,50	0,40	0,20	0,60	0,51	1,11	0,90	17,95	46,15
<b>E2</b>	<b>60-77</b>	2,24	5,48	4,54	-0,94	0,00	0,00	0,01	0,30	0,10	0,40	0,40	0,10	0,50	0,41	0,91	1,10	10,93	45,34
<b>Bhsm1</b>	<b>77-81</b>	29,24	4,35	3,09	-1,26	0,35	0,00	0,01	0,30	0,20	0,50	8,30	1,80	10,10	0,51	10,61	0,09	16,97	4,81
<b>Bhsm2</b>	<b>81-92</b>	5,25	4,01	2,93	-1,08	1,88	0,00	0,02	0,20	0,10	0,30	15,10	2,40	17,50	0,32	17,82	0,11	14,47	1,80
<b>Bhs1</b>	<b>92-104</b>	43,98	3,89	3,02	-0,87	6,65	0,00	0,02	0,50	0,20	0,70	25,70	13,10	38,80	0,72	39,52	0,05	33,15	1,82

Horiz.	Prof.	COT	pH		$\Delta$ pH	P	K	Na	Ca	Mg	Ca + Mg	H	Al	H + Al	SB	T	Na/T	m	V	
			Água	KCl																
	cm	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>											%		
<b>Bhs2</b>	<b>104-110<sup>+</sup></b>	11,99	4,14	3,47	-0,67	67,77	0,00	0,01	0,10	0,10	0,20	14,40	4,10	18,50	0,21	18,71	0,05	21,91	1,14	
<b>Nativo da Gávea P4 - Altitude 24m</b>																				
<b>A1</b>	<b>0-11</b>	6,25	3,88	2,58	-1,30	11,23	0,00	0,16	0,90	0,30	1,20	13,70	2,50	16,20	1,36	17,56	0,91	14,24	7,74	
<b>A2</b>	<b>11-34</b>	9,25	4,10	2,72	-1,38	6,46	0,00	0,02	0,30	0,20	0,50	5,00	1,50	6,50	0,52	7,02	0,28	21,37	7,38	
<b>E</b>	<b>34-60</b>	1,99	4,69	3,98	-0,71	0,49	0,00	0,02	0,50	0,20	0,70	0,00	0,20	0,20	0,72	0,92	2,17	21,75	78,25	
<b>Bhsm</b>	<b>60-70</b>	22,49	4,18	3,15	-1,03	0,67	0,00	0,02	0,20	0,10	0,30	7,70	2,90	10,60	0,32	10,92	0,18	26,56	2,93	
<b>Bhs1</b>	<b>70-87</b>	14,49	4,41	3,34	-1,07	13,70	0,00	0,01	0,20	0,10	0,30	24,40	5,90	30,30	0,31	30,61	0,03	19,27	1,01	
<b>Bhs2</b>	<b>87-115</b>	18,24	4,39	3,77	-0,62	29,08	0,00	0,01	0,10	0,10	0,20	9,90	2,50	12,40	0,21	12,61	0,08	19,82	1,68	
<b>Bhs3</b>	<b>115-124<sup>+</sup></b>	25,49	4,25	3,74	-0,51	12,84	0,00	0,01	0,30	0,10	0,40	8,80	3,10	11,90	0,41	12,31	0,08	25,18	3,36	
<b>Nativo da Gávea P5 - Altitude 22 m</b>																				
<b>A1</b>	<b>0-19</b>	46,48	4,00	2,40	-1,60	10,30	0,00	0,06	0,50	0,40	0,90	8,80	3,40	12,20	0,90	13,10	0,46	20,93	6,87	
<b>A2</b>	<b>19-38</b>	57,93	4,21	2,59	-1,62	7,66	0,00	0,00	0,60	0,20	0,80	4,60	1,10	5,70	0,80	6,50	0,00	42,11	12,31	
<b>E</b>	<b>38-80</b>	13,78	5,89	4,80	-1,09	4,50	0,00	0,00	0,40	0,60	1,00	0,20	0,20	0,40	1,00	1,40	0,00	83,33	71,43	
<b>Bhsm</b>	<b>80-90</b>	30,15	4,42	3,36	-1,06	5,41	0,00	0,00	0,40	0,20	0,60	8,00	2,20	10,20	0,60	10,80	0,00	21,43	5,56	
<b>Bhs</b>	<b>90-104</b>	78,74	4,46	3,54	-0,92	7,76	0,00	0,03	0,20	0,10	0,30	26,90	3,00	29,90	0,30	30,20	0,10	9,09	0,99	
<b>Bt1</b>	<b>104-121</b>	45,49	4,53	3,88	-0,65	34,38	0,00	0,12	0,40	0,10	0,50	10,80	2,40	13,20	0,50	13,70	0,88	17,24	3,65	
<b>Bt2</b>	<b>121-132</b>	39,24	4,52	3,88	-0,64	19,98	0,00	0,00	0,20	0,10	0,30	6,50	1,90	8,40	0,30	8,70	0,00	13,64	3,45	
<b>Bt3</b>	<b>132-148</b>	25,11	4,53	3,86	-0,67	17,82	0,00	0,00	0,40	0,10	0,50	5,70	2,40	8,10	0,50	8,60	0,00	17,24	5,81	
<b>Bt4</b>	<b>148-178<sup>+</sup></b>	32,54	4,62	3,88	-0,74	13,57	0,00	0,12	0,30	0,10	0,40	4,60	1,70	6,30	0,40	6,70	1,79	19,05	5,97	
<b>Nativo da Mantegueira P6 - Altitude 54 m</b>																				
<b>A1</b>	<b>0-18</b>	14,49	4,44	2,60	-1,84	7,18	0,00	0,09	0,90	0,30	1,20	9,60	1,70	11,30	1,29	12,59	0,71	13,50	10,25	
<b>A2</b>	<b>18-36</b>	16,74	4,37	2,67	-1,70	11,81	0,00	0,01	1,00	0,20	1,20	4,30	1,30	5,60	1,21	6,81	0,15	19,09	17,76	
<b>E</b>	<b>36-143</b>	3,74	5,27	4,27	-1,00	0,59	0,00	0,01	0,30	0,10	0,40	0,30	0,10	0,40	0,41	0,81	1,23	12,33	50,70	



Horiz.	Prof.	COT	pH		$\Delta$ pH	P	K	Na	Ca	Mg	Ca + Mg	H	Al	H + Al	SB	T	Na/T	m	V	
			Água	KCl																
	cm	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>										%			
<b>Bhsm</b>	<b>143-149</b>	18,99	3,97	2,81	-1,16	1,85	0,00	0,01	0,20	0,20	0,40	13,30	4,50	17,80	0,41	18,21	0,05	24,71	2,26	
<b>Bhsm1</b>	<b>149-160</b>	26,49	4,07	3,37	-0,70	32,82	0,00	0,01	0,30	0,10	0,40	28,70	4,50	33,20	0,41	33,61	0,03	13,39	1,22	
<b>Bhsm2</b>	<b>160-174<sup>+</sup></b>	30,48	4,20	3,56	-0,64	28,38	0,00	0,01	0,30	0,10	0,40	11,90	3,10	15,00	0,41	15,41	0,06	20,12	2,66	
<b>Nativo da Mantegueira P7 - Altitude 58 m</b>																				
<b>A1</b>	<b>0-15</b>	14,49	4,32	2,37	-1,95	13,25	0,00	0,23	2,10	1,00	3,10	24,30	2,10	26,40	3,33	29,73	0,77	7,06	11,21	
<b>A2</b>	<b>15-25</b>	5,24	4,26	2,62	-1,64	17,91	0,00	0,02	0,70	0,20	0,90	5,70	1,20	6,90	0,92	7,82	0,26	15,35	11,75	
<b>E</b>	<b>25-61</b>	4,99	5,11	3,72	-1,39	0,29	0,00	0,01	0,30	0,10	0,40	0,10	0,10	0,20	0,41	0,61	1,64	16,30	67,40	
<b>Bhsm</b>	<b>61-74</b>	27,49	4,01	3,03	-0,98	8,07	0,00	0,06	0,40	0,10	0,50	27,30	8,60	35,90	0,56	36,46	0,16	23,59	1,53	
<b>Bhsm1</b>	<b>74-98</b>	8,24	4,09	3,55	-0,54	26,11	0,00	0,38	0,10	0,10	0,20	10,00	5,10	15,10	0,58	15,68	2,42	32,52	3,71	
<b>Bhsm2</b>	<b>98-140<sup>+</sup></b>	9,24	4,29	3,72	-0,57	117,48	0,00	0,37	0,00	0,10	0,10	11,10	3,20	14,30	0,47	14,77	2,51	21,66	3,21	
<b>Nativo do Caingá P8 - Altitude 16 m</b>																				
<b>A</b>	<b>0-11</b>	20,42	4,95	3,76	-1,19	12,41	0,00	0,00	1,00	0,50	1,50	4,20	0,60	4,80	1,50	6,30	0,00	71,43	23,81	
<b>E1</b>	<b>11-29</b>	16,27	5,32	3,75	-1,57	6,73	0,00	0,00	0,30	0,20	0,50	0,90	0,40	1,30	0,50	1,80	0,00	55,56	27,78	
<b>E2</b>	<b>29-58</b>	12,25	5,96	4,21	-1,75	6,47	0,00	0,00	0,30	0,10	0,40	0,20	0,40	0,60	0,40	1,00	0,00	50,00	40,00	
<b>Bhs</b>	<b>58-74</b>	70,02	5,58	4,30	-1,28	52,38	0,00	0,15	1,60	0,40	2,00	15,70	0,70	16,40	2,00	18,40	0,82	74,07	10,87	
<b>Bhsm1</b>	<b>74-103</b>	19,48	5,85	4,30	-1,55	77,02	0,00	0,18	1,60	0,30	1,90	9,00	0,80	9,80	1,90	11,70	1,54	70,37	16,24	
<b>Bhsm2</b>	<b>103-120</b>	15,81	5,50	4,27	-1,23	86,22	0,00	0,19	0,40	0,80	1,20	6,70	0,90	7,60	1,20	8,80	2,16	57,14	13,64	
<b>Bhsm3</b>	<b>120-142<sup>+</sup></b>	5,24	5,34	4,14	-1,20	50,39	0,00	0,14	0,60	0,80	1,40	4,90	1,00	5,90	1,40	7,30	1,92	58,33	19,18	
<b>Nativo do Caingá P9 - Altitude 17 m</b>																				
<b>Ho</b>	<b>0-12</b>	80,25	3,85	3,10	-0,75	91,24	0,02	0,11	1,60	1,40	3,00	37,20	2,10	39,30	3,00	42,30	0,26	58,82	7,09	
<b>H1</b>	<b>12-27</b>	80,52	4,47	3,26	-1,21	24,64	0,00	0,20	1,10	0,80	1,90	17,60	5,50	23,10	1,92	25,02	0,80	25,86	7,67	
<b>H2</b>	<b>27-62</b>	98,56	4,88	4,12	-0,76	7,58	0,00	0,31	0,90	0,70	1,60	19,70	2,90	22,60	1,60	24,20	1,28	35,56	6,61	
<b>H3</b>	<b>62-88</b>	83,19	5,28	4,53	-0,75	7,29	0,00	0,11	0,40	0,20	0,60	8,20	0,90	9,10	0,60	9,70	1,13	40,00	6,19	

Horiz.	Prof.	COT	pH		$\Delta$ pH	P	K	Na	Ca	Mg	Ca + Mg	H	Al	H + Al	SB	T	Na/T	m	V
			Água	KCl															
	cm	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>											%	
<b>A</b>	<b>88-102</b>	34,82	5,50	4,64	-0,86	8,56	0,00	0,31	0,40	0,20	0,60	3,90	0,40	4,30	0,60	4,90	6,33	60,00	12,24
<b>E</b>	<b>102-113</b>	11,50	5,54	4,63	-0,91	10,81	0,00	0,04	0,40	0,10	0,50	3,40	0,60	4,00	0,50	4,50	0,89	45,45	11,11
<b>Bh</b>	<b>113-121</b>	35,44	5,34	4,52	-0,82	15,61	0,00	0,21	0,50	0,10	0,60	5,70	0,90	6,60	0,60	7,20	2,92	40,00	8,33
<b>BC</b>	<b>121-132</b>	16,66	5,35	4,47	-0,88	15,49	0,00	0,09	0,30	0,40	0,70	6,00	1,00	7,00	0,70	7,70	1,17	41,18	9,09
<b>Bhm</b>	<b>132-150<sup>+</sup></b>	32,03	5,27	4,32	-0,95	8,06	0,00	0,24	0,50	0,40	0,90	12,50	1,60	14,10	0,90	15,00	1,60	36,00	6,00

COT= carbono orgânico total; SB= soma de bases trocáveis ; T= CTC do solo; m= saturação por alumínio.

Os maiores valores das bases trocáveis nos horizontes superficiais acompanharam os teores de COT, sendo que esses horizontes também apresentaram os maiores valores de  $H^+$  e CTC. Os valores de pH em água variaram de 3,83 no horizonte B<sub>hsm2</sub> (P1 - nativo gávea) a 5,89 no E (P5 - nativo gávea); sendo os perfis classificados como moderadamente ácido até extremamente ácido de acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2006); com maior ocorrência de horizontes ácidos como é observado frequentemente em áreas de formação de barreiras e restinga (MOURA FILHO, 1998; MOREAU, 2001; ROSSI & QUEIROZ NETO, 2001; GOMES, 2005).

Em todos os ambientes estudados, os valores de pH em KCl foram menores em relação aos determinados em água, refletindo em  $\Delta pH$  negativo. Os valores de pH em água mais elevados que os em KCl indicam a predominância de cargas negativas no solo. Os teores de P para todas as áreas foram maiores nos horizontes superficiais (A), com decréscimo em profundidade principalmente nos horizontes eluviais (E), com um aumento nos horizontes iluviais (B), mesmo comportamento observado por Oliveira, et al. (2010).

Nos horizontes superficiais (A) de todos os perfis e nos horizontes iluviais (B), observa-se altos teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $H^+$  refletindo em maiores valores SB e CTC. Os maiores valores de CTC nos horizontes superficiais estão associados à matéria orgânica, principal responsável pela capacidade de troca catiônica em solos arenosos (EMBRAPA, 2006), pois a fração areia não possui carga para se ligar a matéria orgânica, processo bem característico nos Espodosolos (DIAS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2010; COELHO et al., 2010). Verifica-se a presença de teores baixos de sódio ( $Na^+$ ) nos perfis, como os observados em perfis de Espodosolos em área litorânea por Olivera et al. (2010). De acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2006), existe uma seção de controle que define a classe, em função da saturação por sódio ( $Na/T * 100$ ), mas em nenhum dos horizontes foi observado valores suficientes para definir saturação por sódio elevada.

Os teores de  $Al^{+3}$ , em alguns horizontes B foram elevados ( $6,70 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), sendo que acima de  $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , de acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2006), tem-se o caráter aluminico. Embora em Espodosolos o Al é geralmente complexado com o material orgânico dos horizontes espódicos, a quantidade de Al trocável nestes horizontes pode aumentar uma vez que a degradação microbiana de matéria orgânica e de compostos é suficiente para liberar Al, facilitando a sua ligação com outro material (Van BREEMEN & BUURMAN, 1998).

Na maioria dos perfis houve um aumento nos valores de  $H^+$  em profundidade,

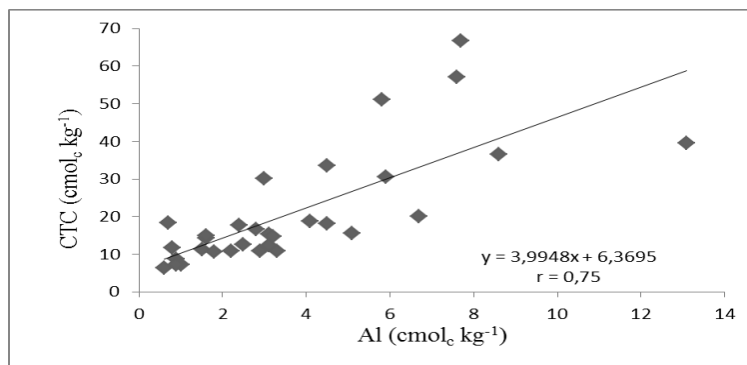
refletindo em elevados valores de CTC, aumento que acompanha os valores de COT, pois o material orgânico em decomposição no ambiente libera uma maior quantidade de  $H^+$ . Mesmo sendo baixos os valores de soma de bases, alguns horizontes E (P4 e P5 do nativo gávea e P6 do nativo mantegueira) verificou-se saturação por bases < 50% na maioria dos horizontes, fato este, atribuído aos valores muito baixos das bases trocáveis.

Os teores de Fe extraído com ditionito-citrato ( $Fe_d$ ), Fe extraído com oxalato ( $Fe_{ox}$ ), Al extraído com ditionito-citrato ( $Al_d$ ) e Al extraído com oxalato ( $Al_{ox}$ ) apresentaram diferenças em função dos ambientes estudados (Tabela 4). Em todas as feições estudadas os teores de  $Fe_d$  foram superiores em relação aos de  $Fe_{ox}$ . Nos solos verifica-se a tendência de acúmulo, nos horizontes iluviais (horizonte B) em relação aos horizontes A e E dentro de cada perfil, de CTC, COT,  $Al^{3+}$ , H+Al,  $Fe_d$ ,  $Fe_{ox}$ ,  $Al_d$  e  $Al_{ox}$  (havendo correlação entre os teores de CTC e Al ( $p=0,001$ ), CTC e H + Al ( $p=0,001$ ), e entre  $Al_d$  com  $Al_{ox}$  ( $p=0,001$ ) (Figura 3A, 3B e 3C).

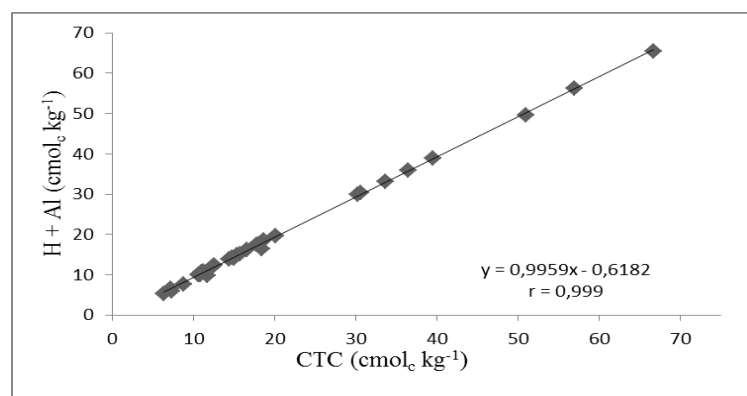
A translocação de Fe e Al no perfil ocorrem devido à complexação desses elementos com compostos orgânicos (Van WAMBEKE, 1992; Van BREEMEN & BUURMAN, 1998; MOKMA & EVANS, 1999, DIAS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2010). Desse modo, pode-se observar em todas as feições a presença de Fe não complexado pela matéria orgânica ( $Fe_d$ ), padrão esse observado na literatura, em estudos realizados em áreas de restinga (MOURA FILHO, 1998; MOREAU et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010) e também em ambientes altimontanos (DIAS et al., 2003), com participação de Fe e Al na gênese do horizonte B espódico; ou pela maior participação apenas do Al no processo de podzolização (COELHO et al., 2010).

A menor participação do Fe complexado com ácidos orgânicos, pode ser atribuída à presença do lençol freático elevado no perfil do solo, promovendo redução e remoção do Fe do sistema (ANDERSON et al., 1982; FARMER et al., 1983; OLIVEIRA et al., 2010), de forma independente que é intensificada pela textura arenosa (ANDRIESSE, 1969). Os valores elevados das relações  $Fe_{ox}/Fe_d$  nos horizontes iluviais indicam a maior participação de formas de ferro de alto grau de cristalinidade. Tal fato é corroborado com Schwertmann (1966), que destaca o efeito da matéria orgânica na inibição da cristalização do ferro.

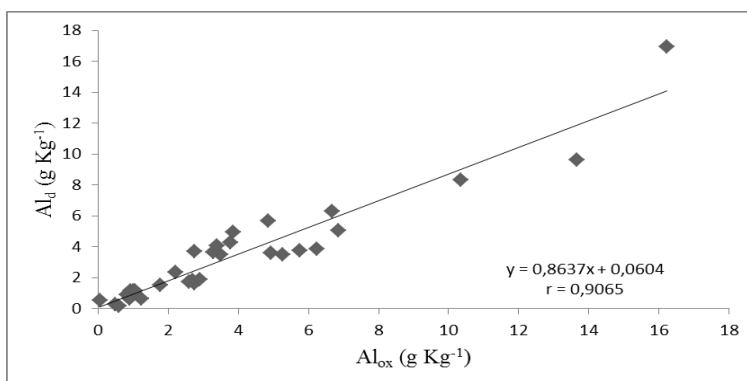
A



B



C



**Figura 3: Correlação de Pearson entre CTC e Al (p=0,001) (3A), CTC e H+Al (p=0,001) (3B), e Al<sub>d</sub> e Al<sub>ox</sub> (p=0,001) (3C), dos horizontes espódicos de solos desenvolvidos nos campos nativos no nordeste do Espírito Santo.**

**Tabela 4. Densidade ótica do extrato oxalato, teores de Fe e Al extraídos por ditonito-citrato bicarbonato e ácido oxalato de amônio e suas relações, em solos desenvolvidos nos campos nativos no nordeste do Espírito Santo**

Horiz.	Prof.	DO <sub>ox</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>d</sub>	Al <sub>ox</sub> /Fe <sub>ox</sub>	Al <sub>d</sub> /Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>ox</sub> /Fe <sub>d</sub>	Al <sub>ox</sub> /Al <sub>d</sub>	[%Al <sub>ox</sub> + 0,5 (%Fe <sub>ox</sub> )]
	<b>Cm</b>		<b>g kg<sup>-1</sup></b>								
			<b>Nativo da Gávea P1 – Altitude 29 m</b>								
<b>A1</b>	<b>0-16</b>	0,02	0,02	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	nc
<b>A2</b>	<b>16-22</b>	0,03	0,01	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	Nc
<b>E</b>	<b>22-91</b>	0,01	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	Nc
<b>Bhsm</b>	<b>91-93</b>	0,27	0,03	0,46	0,49	0,28	15,88	0,61	0,07	1,76	0,51
<b>Bhsm</b>	<b>93-111</b>	1,09	0,01	0,51	3,48	3,48	241,19	6,88	0,03	1,00	3,48
<b>Bhs</b>	<b>111-128<sup>+</sup></b>	1,60	0,01	0,61	3,28	3,65	247,33	6,03	0,02	0,90	3,29
			<b>Nativo da Gávea P2 - Altitude 24 m</b>								
<b>A1</b>	<b>0-18</b>	0,02	0,03	0,51	0,01	0,00	0,38	0,00	0,06	0,00	Nc
<b>A2</b>	<b>18-37</b>	0,02	0,01	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	Nc
<b>E</b>	<b>37-90</b>	0,01	0,01	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	Nc
<b>Bhsm</b>	<b>90-99</b>	0,35	0,02	0,81	1,06	1,15	57,25	1,41	0,02	0,92	1,07
<b>Bhsm</b>	<b>99-105<sup>+</sup></b>	1,76	0,07	0,47	10,36	8,33	138,82	17,59	0,16	1,24	10,40
			<b>Nativo da Gávea P3 - Altitude 24 m</b>								
<b>A1</b>	<b>0-17</b>	0,02	0,02	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	nc
<b>A2</b>	<b>17-26</b>	0,02	0,02	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	nc
<b>E1</b>	<b>26-60</b>	0,01	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	nc
<b>E2</b>	<b>60-77</b>	0,01	0,01	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	nc
<b>Bhsm1</b>	<b>77-81</b>	0,13	0,02	0,46	0,60	0,15	27,91	0,34	0,05	3,87	0,61
<b>Bhsm2</b>	<b>81-92</b>	0,25	0,01	0,55	1,24	0,66	120,65	1,19	0,02	1,88	1,25
<b>Bhs1</b>	<b>92-104</b>	0,96	0,02	0,41	2,76	3,71	160,72	9,01	0,04	0,74	2,77
<b>Bhs2</b>	<b>104-110<sup>+</sup></b>	0,32	0,04	0,85	2,69	1,83	71,60	2,14	0,04	1,47	2,71
			<b>Nativo da Gávea P4 - Altitude 24 m</b>								
<b>A1</b>	<b>0-11</b>	0,05	0,10	0,68	0,08	0,00	0,82	0,00	0,15	0,00	nc
<b>A2</b>	<b>11-34</b>	0,04	0,04	0,43	0,05	0,00	1,17	0,00	0,10	0,00	nc
<b>E</b>	<b>34-60</b>	0,01	0,01	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	nc
<b>Bhsm</b>	<b>60-70</b>	0,23	0,03	0,61	0,83	0,91	23,81	1,50	0,06	0,91	0,85
<b>Bhs1</b>	<b>70-87</b>	0,91	0,04	0,50	4,85	5,70	129,02	11,43	0,08	0,85	4,87
<b>Bhs2</b>	<b>87-115</b>	0,22	0,02	0,74	2,22	2,37	136,38	3,19	0,02	0,93	2,22
<b>Bhs3</b>	<b>115-124<sup>+</sup></b>	0,14	0,02	0,67	1,77	1,51	76,26	2,26	0,03	1,17	1,78
			<b>Nativo da Gávea P5 - Altitude 22 m</b>								
<b>A1</b>	<b>0-19</b>	0,04	0,03	0,45	0,04	0,17	1,26	0,37	0,07	0,25	nc
<b>A2</b>	<b>19-38</b>	0,02	0,02	0,40	0,02	0,18	0,90	0,43	0,05	0,10	nc
<b>E</b>	<b>38-80</b>	0,01	0,01	0,43	0,00	0,17	0,34	0,40	0,02	0,01	nc
<b>Bhsm</b>	<b>80-90</b>	0,25	0,02	0,62	0,93	1,18	42,86	1,89	0,03	0,79	0,94

Horiz.	Prof.	DO <sub>ox</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>d</sub>	Al <sub>ox</sub> /Fe <sub>ox</sub>	Al <sub>d</sub> /Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>ox</sub> /Fe <sub>d</sub>	Al <sub>ox</sub> /Al <sub>d</sub>	[%Al <sub>ox</sub> + 0,5 (%Fe <sub>ox</sub> )]
<b>Cm</b>		<b>g kg<sup>-1</sup></b>									
<b>Bhs</b>	<b>90-104</b>	0,90	0,04	0,44	5,75	3,75	132,36	8,59	0,10	1,53	5,77
<b>Bt1</b>	<b>104-121</b>	0,18	0,05	0,38	3,11	2,17	57,49	5,77	0,14	1,43	3,14
<b>Bt2</b>	<b>121-132</b>	0,09	0,03	0,34	1,69	1,55	60,07	4,48	0,08	1,09	1,70
<b>Bt3</b>	<b>132-148</b>	0,01	0,01	0,38	1,33	1,29	107,77	3,36	0,03	1,03	1,34
<b>Bt4</b>	<b>148-178<sup>+</sup></b>	0,05	0,01	0,44	1,12	1,07	77,31	2,45	0,03	1,05	1,13
<b>Nativo da Mantegueira P6 - Altitude 54 m</b>											
<b>A1</b>	<b>0-18</b>	0,02	0,02	0,48	0,02	0,00	0,68	0,00	0,05	0,00	nc
<b>A2</b>	<b>18-36</b>	0,02	0,01	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	nc
<b>E</b>	<b>36-143</b>	0,01	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	nc
<b>Bhsm</b>	<b>143-149</b>	0,31	0,01	0,52	0,90	0,62	87,94	1,21	0,02	1,44	0,91
<b>Bhsm1</b>	<b>149-160</b>	0,70	0,01	0,52	3,38	4,06	413,47	7,77	0,02	0,83	3,38
<b>Bhsm2</b>	<b>160-174<sup>+</sup></b>	0,31	0,04	0,47	2,59	1,71	58,59	3,68	0,09	1,51	2,61
<b>Nativo da Mantegueira P7 - Altitude 58 m</b>											
<b>A1</b>	<b>0-15</b>	0,05	0,04	0,95	0,16	0,04	4,04	0,04	0,04	4,07	nc
<b>A2</b>	<b>15-25</b>	0,04	0,02	0,87	0,03	0,00	1,48	0,00	0,02	0,00	nc
<b>E</b>	<b>25-61</b>	0,01	0,01	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	nc
<b>Bhsm</b>	<b>61-74</b>	0,74	0,05	0,90	3,78	4,29	69,51	4,78	0,06	0,88	3,81
<b>Bhsm1</b>	<b>74-98</b>	0,15	0,02	0,73	2,89	1,91	117,26	2,61	0,03	1,51	2,90
<b>Bhsm2</b>	<b>98-140<sup>+</sup></b>	0,10	0,03	0,88	5,26	3,49	167,68	3,96	0,04	1,51	5,28
<b>Nativo do Caingá P8 - Altitude 16 m</b>											
<b>A</b>	<b>0-11</b>	0,04	0,02	0,69	0,19	0,29	10,78	0,43	0,03	0,66	nc
<b>E1</b>	<b>11-29</b>	0,02	0,02	0,45	0,05	0,19	2,76	0,42	0,04	0,25	nc
<b>E2</b>	<b>29-58</b>	0,01	0,01	0,74	0,03	0,27	4,18	0,37	0,01	0,09	nc
<b>Bhs</b>	<b>58-74</b>	0,43	0,04	0,92	16,24	16,92	372,43	18,48	0,05	0,96	nc
<b>Bhsm1</b>	<b>74-103</b>	0,12	0,04	0,77	6,67	6,32	150,55	8,22	0,06	1,06	6,69
<b>Bhsm2</b>	<b>103-120</b>	0,07	0,04	0,85	4,93	3,60	131,36	4,25	0,04	1,37	4,95
<b>Bhsm3</b>	<b>120-142<sup>+</sup></b>	0,03	0,03	0,65	2,75	1,60	96,08	2,47	0,04	1,71	2,76
<b>Nativo do Caingá P9 - Altitude 17 m</b>											
<b>H<sub>0</sub></b>	<b>0-12</b>	0,16	0,12	0,64	1,20	1,47	10,06	2,29	0,19	0,81	nc
<b>H1</b>	<b>12-27</b>	0,35	0,03	0,60	1,75	2,24	52,84	3,75	0,06	0,78	nc
<b>H2</b>	<b>27-62</b>	0,35	0,08	0,64	17,01	14,12	210,27	21,95	0,13	1,20	nc
<b>H3</b>	<b>62-88</b>	0,21	0,06	0,69	10,43	7,39	181,81	10,70	0,08	1,41	nc
<b>A</b>	<b>88-102</b>	0,09	0,03	0,69	3,42	3,51	99,30	5,06	0,05	0,98	nc
<b>E</b>	<b>102-113</b>	0,07	0,02	0,57	1,60	2,10	87,59	3,68	0,03	0,76	nc
<b>Bh</b>	<b>113-121</b>	0,17	0,03	0,62	3,84	4,97	133,54	8,04	0,05	0,77	3,86
<b>BC</b>	<b>121-132</b>	0,06	0,04	0,49	2,95	2,86	71,34	5,80	0,08	1,03	2,92
<b>Bhm</b>	<b>132-150<sup>+</sup></b>	0,16	0,06	0,59	13,65	9,62	214,27	16,17	0,11	1,42	13,69

DO<sub>ox</sub>= densidade ótica do extrato de oxalato; Fe<sub>ox</sub>= ferro extraído por oxalato; Fe<sub>d</sub>= ferro extraído por ditionito;

Al<sub>ox</sub>= alumínio extraído por oxalato; Al<sub>d</sub>= alumínio extraído por ditionito.

As baixas relações  $Fe_{ox}/Fe_d$  e  $Al_{ox}/Al_d$  indicam participação efetiva de óxidos de ferro com menor cristalinidade (OLIVEIRA et al., 2010). Os solos apresentaram relação  $[\%Al_{ox} + 0,5 (\%Fe_{ox})]$  maior/igual à 0,5, atendendo ao critério proposto pela Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999) para definição de “spodic materials”, assim como outros Espodosolos já estudados no Brasil (MOURA FILHO, 1998; GOMES, 2005).

Os valores de densidade óptica do extrato oxalato ( $DO_{ox}$ ) foram maiores que 0,25, valor considerado mínimo requerido para o enquadramento como “spodic materials” pelo Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999). Pode-se ainda observar que os valores de  $DO_{ox}$  duplicaram nos horizontes espódicos em relação aos valores de horizontes sobrejacentes (A ou E), satisfazendo outro critério estabelecido pelo Soil Taxonomy no qual metade do valor de  $DO_{ox}$  em horizonte álbico é critério para classificação desta classe. Para os perfis que apresentaram menores valores de  $DO_{ox}$ , é justificado pelos menores teores de carbono orgânico, alumínio e ferro nos respectivos horizontes.

#### 2.3.4 Classificação dos Solos

Os horizontes superficiais de todos os perfis, por não se enquadrarem em nenhum outro horizonte diagnóstico superficial, foram identificados como A moderado, exceto os horizontes superficiais do perfil P9, que apresentou teor de COT  $> 80 \text{ g kg}^{-1}$ , diagnosticado como horizontes H hístico (EMBRAPA, 2006). Nos perfis estudados observa-se a presença de horizontes B espódico, classificando estes como Espodosolos no 1º nível categórico do SiBCS (Embrapa, 2006). A 2º nível categórico todos os perfis estudados enquadram-se como Espodosolos ferrihumilúvicos, devido a iluviação de material orgânico, com exceção do P9, classificado como Espodosolo humilúvico. Os perfis foram classificados no 3º e 4º nível como: perfil P1 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico arênico A moderado; perfil P2 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico espessarênico A moderado; perfil P3 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico espessarênico A moderado; perfil P4 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico arênico A moderado; perfil P5 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO ÓRTICO Arênico A moderado; perfil P6 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico espessarênico A moderado; perfil P7 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico arênico A moderado; perfil P8 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico fragipânico A moderado; perfil P9 ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico organossólico H hístico.



## 2.4 CONCLUSÕES

1. Como principais atributos morfológicos e físicos, verifica-se na área do nativo gávea cores entre 2,5Y 2,5/1 a 10YR 8/1 (preto a branco); para nativo mantegueira cores entre 10YR 2/1 a 10YR 8/1 (preto a branco); para o nativo caingá cores entre 5Y 2,5/1 a 10YR 4/2 (preto a bruno acinzentado escuro), variação associada às condições de solo muito mal drenado. Em todos os perfis, observa-se predomínio da fração areia com textura variando de areia a argilo arenosa.

2. Em todas as áreas os solos são moderadamente ácidos, com maior acúmulo de alumínio (oxalato e ditonito) em relação ao ferro (oxalato e ditonito) nos horizontes espódicos.

3. Constata-se a influência dos fatores relevo e flutuação do lençol freático, associados ao processo pedogenético de podzolização, como principal atuante na gênese dos solos estudados.

## 2.5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelos projetos “Casadinho” (620029/20080) e “Casadinho/PROCAD” (5523772011-2) pelo apoio financeiro, e à CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

## 2.6 REFERÊNCIAS

ANDERSON, H. A.; BERROW, M. L.; FARMER, V. C.; HEPBURN, A.; RUSSELL, J. D.; WALKER, A. D. A reassessment of Podzol forming processes. **J. Soil Sci.**, v. 33, p.125-136, 1982.

ANDRIESSE, J. P. Study of the environmental and characteristics of tropical podzols in Sarawak (East-Malasia). **Geoderma**, v. 2, p.201-227, 1969.

BRAVARD, S.; RIGHI, D. Geochemical differences in an Oxisol-Spodosol toposequence of Amazônia, Brazil. **Geoderma**, V.44, p.29-42. 1989.

COELHO, M. R.; MARTINS, V. M.; VIDAL-TORRADO, P.; SOUZA, C. R. de G.; PEREZ, X. L. O.; VÁSQUEZ, F. M. Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do Estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p.833-846, 2010.

CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; FONTES, M.P.F.; CURI, N. Propriedades cristalográficas de caulinitas de solos do ambiente tabuleiros costeiros, amazônia e recôncavo baiano. **R. Bras. Ci. Solo**, MG. v. 32, p.1857-1872, 2008.

DIAS, H.C.T.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; OLIVEIRA, A.P.; MICHEL, R.F.M.; LEMOS JR, J.B. Caracterização de solos Altimontanos em Dois Transectos no Parque Estadual do Ibitipoca (MG). **R. Bras. Ci. Solo**. v. 27, p.469-481, 2003.

EMPRESA BRASIEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Embrapa - SPI. 1995. 116 p.

EMPRESA BRASIEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2.ed. Washington, 1999. 869p.

FARMER, V.C.; RUSSEL, J.D.; SMITH, B.F.L. Extraction of inorganic forms of translocated Al, Fe and Si from a Podzol Bs horizon. **J. Soil Sci.**, v. 34, p.571-576, 1983.

GOMES, F. H. **Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso-SP**. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba – SP, 2005. 108p. (Tese de Doutorado)

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: **REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS**, Cruz das Almas. Anais. Aracaju, Embrapa, CPATC; CNPMF; IGUFBA, 1996. p.13-26.

JESUS, R.M.; S.G. ROLIM. **Fitossociologia da Mata Atlântica de Tabuleiro**. Boletim Técnico da Sociedade de Investigações Florestais, Viçosa, 2005. p. 1-149.

LUCAS, Y.; BOULET, A.; CHAUVEL, A.; VEILLON, L. Systèmes sols ferralitiques-podzols em région amazonienne. In: RIGHI, D. & CHAUVEL, A., eds. Podzols et podzolisation. Paris, **Institute Nacional de la Recherche Agronomique**, 1987. p.53-65.

LUCAS, Y; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI, G.; SCATOLINI, F. Transição latossolos-podzóis sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 8, n.3, p.325-335, 1984.

MCKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite- and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal Soil Science**, p. 13-22, 1966.

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays Clay Miner.** v. 7, p. 317-327. 1960.

MOKMA, D.L.; EVANS, C.V. Classification of soils: Spodosols. **In: SUMNER, M.E.**, ed. Handbook of soil science. Boca Raton, CRC Press, 1999. p.307-321.

MOREAU, A.M.S.S. **Gênese, mineralogia e micromorfologia de horizontes coeso, fragipã e duripã em solos do Tabuleiro Costeiro do Sul da Bahia.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 139p. (Tese de Doutorado)

MOREAU, A.M.S.S.; COSTA, L.M.; KER, J.C.; GOMES, F.H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, V.30. p.1021-1030, 2006.

MOURA FILHO, G. **Caracterização e uso de solos arenosos associados à Foz do Rio São Francisco, no Litoral Sul de Alagoas.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 169p. (Tese de Doutorado).

OLIVEIRA, A.P.; KER, J.C.; SILVA, I. R.; FONTES, M.P.F.; de OLIVEIRA, A.P.; NEVES, A.T.G.R. Spodosols pedogenesis under barreiras formation and sandbank environments in the south of bahia **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34, n. 3, p. 847-860, 2010.

RIGHI, D., BRAVARD, S., CHAUVEL, A., RANGER, J.; ROBERT, M.: **In situ study of soil processes in an oxisol-spodosol sequence of Amazonia (Brazil)**, Soil Sci., v.150, p. 438-445, 1990.

ROSSI, M.; QUEIROZ NETO, J.P. Os solos como indicadores das relações entre sedimentos continentais e marinhos na planície costeira: Rio Guaratuba (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p. 113-120, 2001.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5ª. Ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2005.

SCHIAVO, J.A.; DIAS NETO, A. H.; PEREIRA, M.G.; ROSSET, J.S.; SECRETTI, M.L.; PESSENDA, L.C. Characterization and classification of soils in the Taquari river basin - Pantanal region, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 36, n. 3, p. 697-707, 2012.

SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. **Nature**, v. 212, p. 645-646, 1966.

SKJEMSTAD, J.O.; FITZPATRICK, R.W.; ZARCINAS, B.A.; THOMPSON, C.H. Genesis of Podzols on coastal dunes in Southern Queensland. II. Geochemistry and forms of elements

as deduced from various soil extraction procedures. **Austr. J. Soil Res.**, v. 30, p. 593-613, 1992.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Natural Resources Conservation Service. Keys to Soil Taxonomy. Eleven Edition. **Soil Survey Staff**. 2010.

Van BREEMEN, N.; BUURMAN, P. Soil formation. Dordrecht, **Kluwer Academic Publishers**, 1998. 337p.

Van WAMBEKE, A. Soils of the tropics-properties and appraisal. **New York, McGraw-Hill**, 1992. 343p.

WHITTIG, L.D.; ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Madison, **American Society of Agronomy**, 1986. p.331-362. (Agronomy Series, 9)

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 19. p. 1467-476, 1988.