

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO  
VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO APÓS A  
INTRODUÇÃO DE FITOFISIONOMIAS  
ANTRÓPICAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Júlio Cesar Wincher Soares**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

**MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO  
VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO APÓS A  
INTRODUÇÃO DE FITOFISIONOMIAS ANTRÓPICAS**

**Júlio Cesar Wincher Soares**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo**.

Orientador: Dalvan José Reinert, PhD.

Santa Maria, RS, Brasil  
2011

S676m Soares, Júlio Cesar Wincher  
Matéria orgânica de um argissolo vermelho distrófico úmbrico após a  
introdução de fitofisionomias antrópicas / por Júlio César Wincher Soares. – 2011.  
64 f. ; il. ; 30

Orientador: Dalvan José Reinert  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de  
Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2011

1. Uso do solo 2. Ocupação do solo 3. Matéria orgânica do solo 4. Captura  
de carbono 5. Qualidade do solo I. Reinert, Dalvan José II. Título.

CDU 631.4

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109  
Biblioteca Central UFSM

---

©2011

Todos os direitos autorais reservados a Júlio Cesar Wincher Soares. A reprodução de partes  
ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação do autor.

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado**

**MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO  
DISTRÓFICO ÚMBRICO APÓS A INTRODUÇÃO DE  
FITOFISIONOMIAS ANTRÓPICAS**

elaborada por  
**Júlio Cesar Wincher Soares**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Mestre em Ciência do Solo**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Dalvan José Reinert, PhD.**  
(Presidente/Orientador)

**Jean Paolo Gomes Minella, Dr. (UFSM)**

**Douglas Rodrigo Kaiser, Dr. (UFPeI)**

Santa Maria, 04 de maio de 2011.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós- graduação em Ciência do Solo e ao Departamento de Solos, que possibilitaram a realização do curso de mestrado.

Aos professores, Dalvan José Reinert e José Miguel Reichert, pela orientação, dedicação, ensinamentos e amizade.

Ao professor Sandro José Giacomini, pela ajuda e colaboração durante as análises de carbono e nitrogênio.

Aos Professores Douglas Rodrigo Kaiser e Jean Paolo Gomes Minella, pela colaboração nas discussões do trabalho.

Aos demais professores do departamento de solos, pelos ensinamentos durante a pós-graduação.

Aos funcionários do Departamento de Solos, em especial ao Flávio Fontinelli, que sempre nos ajudaram nos trabalhos de laboratório.

Agradeço, de maneira especial, aos bolsistas de iniciação científica e colegas da pós-graduação: Anáí Sangiovo Ottonelli, Bruno Roberto Pereira De Aguiar, Claudine Ohana Barcellos Consensa, Mayra de Souza Dettmer, Tiago Ivan Pereira, Alan Ebano de Oliveira, Luciano Jacomet, Eracilda Fontanela, Leticia Sequinatto, Leandro Dalbianco, Maurício Kunz, Cláudia Alessandra Peixoto de Barros, Fabiano Braga, Miriam Fernanda Rodrigues, Neiva Somavilla Gelain, Paulo Gubiani, Juliana Prevedello, Marcelo Mentges, Davi Vieira, Eloi Paulus, Cedinara Santana Morales, Jean Alberto Sampietro, Simone Abrão, Eduardo Vogelmann, Suzana Rosa e Nadia Bernardi Bonumá. A vocês meu muito obrigado.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Física do Solo, pela amizade e pelos momentos de descontração.

A Capes e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

A minha família, pelo apoio, carinho e incentivo.

Muito Obrigado !!!

## RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO APÓS A INTRODUÇÃO DE FITOFISIONOMIAS ANTRÓPICAS**

AUTOR: JÚLIO CESAR WINCHER SOARES

ORIENTADOR: PROF. DALVAN JOSÉ REINERT

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 4 de maio de 2011.

No estado do Rio Grande do Sul a expansão da silvicultura tem atuado como um dos principais agentes de alteração da paisagem, ocupando terras anteriormente destinadas à pecuária extensiva e à agricultura com baixa tecnificação, em áreas sob a influência do bioma Pampa e na transição desse bioma para o de Mata Atlântica. Existe uma crença generalizada acerca dos impactos negativos ocasionados pelas plantações florestais sobre os recursos naturais. Assim, faz-se necessária a avaliação dos impactos causados pela introdução dos plantios florestais sobre os componentes da paisagem, principalmente sobre o solo e sua matéria orgânica. Neste estudo foi realizada a caracterização dos componentes da paisagem relevo, cobertura vegetal e suas relações com os solos, além da variação temporal da relação solo-paisagem numa Estação Experimental de Silvicultura, localizada na região central do Rio Grande do Sul. Foram verificadas também, as alterações nos teores e estoques de nitrogênio (N e SN) e de carbono orgânico (CO e SCO) em perfis de Argissolo Vermelho distrófico úmbrico e as frações lábeis e estáveis da matéria orgânica do horizonte superficial desse solo sob a Floresta nativa em estágio médio de regeneração e campo antrópico com mais de 35 anos, floresta mista do gênero *Eucalyptus* e de *Eucalyptus robusta* com 35 anos, floresta de *Eucalyptus grandis* com 4 e 21 anos, floresta de *Acacia Mearnsii* com 7 anos, floresta de *Eucalyptus saligna* com 6 anos e floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos. Os resultados indicaram que há um caráter transitório nos componentes da paisagem, entre o Rebordo do Planalto Sul-Riograndense e a Depressão Central do Rio Grande do Sul, como também, existe uma descaracterização das fitofisionomias naturais e a existência de conflitos de uso do solo. Constatou-se também, que o relevo e a gênese dos solos foram condicionantes para o desenvolvimento fitofisionômico e que em 22 anos houve expansão dos cultivos de *Eucalyptus* e *Pinus*, e da floresta nativa sobre o campo antrópico, principalmente nas terras com Argissolos Bruno-Acinzentados e

Argissolos Vermelhos. Quanto à matéria orgânica do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, os resultados sugerem que os teores e estoques de nitrogênio e carbono orgânico do seu horizonte superficial, apresentam alterações frente à introdução de florestamentos e do campo antrópico sobre áreas de Floresta Estacional Decidual, havendo decréscimo principalmente em terras ocupadas pela floresta de *Acacia Mearnsii* e campo antrópico. Já em relação aos estoques de nitrogênio e carbono orgânico no perfil do solo, houve maior influência dos demais fatores e processos de formação do solo do que a ocupação das terras nas últimas quatro décadas. Foram constatadas também alterações na distribuição do carbono orgânico particulado (POC  $\text{g.kg}^{-1}$ ) no horizonte superficial do solo, sendo esta fração da matéria orgânica um indicador sensível às alterações no uso e ocupação do solo.

Palavras-chave: dinâmica de uso e ocupação do solo, matéria orgânica do solo, captura de carbono e indicador de qualidade do solo.

## ABSTRACT

Master Science Thesis  
Graduate Program in Soil Science  
Federal University of Santa Maria

### **ORGANIC MATTER IN ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO AFTER INTRODUCTION OF ANTHROPOGENIC FITOFISIONOMYS.**

AUTHOR: JÚLIO CESAR WINCHER SOARES

ADVISER: DALVAN JOSÉ REINERT

Place and date: Santa Maria, May 4, 2011.

In the state of Rio Grande do Sul the expansion of forestry has been one of the major agents of landscape change, occupying land previously intended for livestock farming and agriculture with low technical level, in areas under the influence of the Pampa biome and the transition of this biome for the Atlantic Forest. There is a widespread belief about the negative impacts caused by forest plantations on natural resources. Thus, it is necessary to evaluate the impacts caused by the introduction of forest plantations on the landscape components, especially on the soil and organic matter. This study was performed to characterize the components of the landscape topography, vegetation cover and their relations with soil, as well as temporal variation in soil-landscape Forestry Experiment Station, located in the central region of Rio Grande do Sul were also found, changes in inventory levels and nitrogen (N and SN) and organic carbon (CO and SCO) in profiles Typic Umbrian and the labile and stable organic matter in surface horizon of the soil under native forest at the intermediate stage regeneration and field man-made with over 35 years, mixed forest of *Eucalyptus* and *Eucalyptus robusta* 35, forest of *Eucalyptus grandis* with 4 and 21 years, forest of *Acacia mearnsii* at age 7, forest of *Eucalyptus saligna* and 6 years mixed forest with *Pinus* 10 years. The results indicated that there is a transitory components of the landscape between the edge of the Southern Rio Grande Plateau and the Central Depression of Rio Grande do Sul, as well, there is a characterization of the natural vegetation types and conflicts of land use. It was also found that the relief and the genesis of the soils were vegetational conditions for development and that in 22 years there have been expanding cultivation of *Eucalyptus* and *Pinus* and the native forest on the anthropic field, especially in lands with Argissolos Bruno-Acinzentados and Argissolos Vermelhos. The organic matter of Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, the results suggest that the levels and stocks of nitrogen and organic carbon of their surface horizon, altered by the introduction of man-made forest and field areas of



deciduous forest, with a decrease especially in land occupied by forest of *Acacia mearnsii* and field of human activity. In relation to the stocks of organic carbon and nitrogen in the soil profile had a greater influence of other factors and processes of soil formation than the occupation of land in the last four decades. We also observed changes in the distribution of particulate organic carbon (POC g.kg<sup>-1</sup>) in the surface horizon of the soil, and this organic matter fraction of a sensitive indicator of changes in land use and soil.

Keywords: Dynamics of land use, soil organic matter, carbon sequestration and soil quality indicator.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>ARTIGO 1 - RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM E SUA VARIAÇÃO TEMPORAL NUMA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE SILVICULTURA.....</b>	<b>13</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>13</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>13</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>14</b>
<b>Material e métodos.....</b>	<b>15</b>
<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>19</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>27</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>27</b>
<b>ARTIGO 2 - ESTOQUES DE NITROGÊNIO E CARBONO ORGÂNICO DE UM ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO APÓS A INTRODUÇÃO DE FITOFISIONOMIAS ANTRÓPICAS.....</b>	<b>29</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>29</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>29</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>30</b>
<b>Material e métodos.....</b>	<b>32</b>
<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>35</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>46</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>46</b>
<b>ARTIGO 3 - FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO APÓS A INTRODUÇÃO DE FITOFISIONOMIAS ANTRÓPICAS.....</b>	<b>49</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>50</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>50</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>50</b>
<b>Material e métodos.....</b>	<b>52</b>
<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>56</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>61</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>

## 1. INTRODUÇÃO

É crescente a preocupação mundial com o processo de mudanças climáticas, tendo em vista a influência antrópica sobre o clima através do incremento nas emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Os GEE, tais como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) são emitidos por meio das atividades de queima de combustíveis fósseis e da biomassa, como também pelas alterações ocasionadas na paisagem com a conversão de áreas naturais em áreas destinadas a cultivos, indústria e urbanização.

As projeções geradas com a modelagem climática do planeta não são nada animadoras, estima-se o aumento no nível dos oceanos ocasionando enchentes e a migração de populações em busca de locais seguros, além da desertificação de terras, redução das fontes de água potável e prejuízos para a agricultura.

Assim, a adoção de medidas voltadas para a mitigação das mudanças climáticas, com a conseqüente redução de seus efeitos sobre as populações e os recursos naturais, deve ser uma questão pontual para todas as sociedades. Dentre essas medidas está inserida a reforma dos setores agrícolas e de base florestal, sendo esses setores os maiores agentes de mudança na dinâmica de uso e ocupação do solo.

A implantação de programas conservacionistas voltados para a gestão sustentável das terras, com a multiplicação de boas práticas de manejo e conservação do solo e de valoração dos recursos naturais deve ser realizada mediante a execução de estudos de caracterização da paisagem e de seus fatores de intervenção, como também da avaliação de indicadores ambientais que possam diagnosticar alterações ocasionadas pelo manejo da paisagem.

Os componentes da paisagem vegetação e solo possuem bons indicadores ambientais para a identificação dos efeitos causados pelos fatores de intervenção na paisagem. Trata-se de um indicador de impacto ambiental, o parâmetro ou atributo de caráter quantitativo ou qualitativo, que tenha origem biológica, física e química, e que forneça à medida da magnitude de um impacto ambiental causado pela intervenção na paisagem sobre o componente em análise.

Dentre os atributos do solo sensíveis às alterações na paisagem, destaca-se o seu teor de matéria orgânica (MOS). A conformação dos teores e estoques de nitrogênio e carbono orgânico do solo, como também a distribuição destes elementos nas frações lábil e estável da MOS vem se consolidando como bons indicadores ambientais aos impactos causados pela alteração no uso e ocupação do solo.

No Estado do Rio Grande do Sul, os maiores agentes de alteração do uso e ocupação do solo nos últimos anos são os cultivos florestais, os quais ocupam terras anteriormente destinadas à pecuária extensiva e à agricultura com baixa tecnificação. Os florestamentos com espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus*, *Pinus* e de *Acacia mearnsi* são atividades polêmicas, em função da opinião pública generalizada que lhes atribuem efeitos ecológicos adversos. Desta maneira, faz-se necessária a identificação de respostas do solo através do emprego e análise de indicadores ambientais à introdução dos florestamentos no Estado do Rio Grande do Sul.

### **1.1 Hipóteses**

1) Os componentes da paisagem da Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria refletem a transição do Rebordo do Planalto Sul-Riograndense para a Depressão Central do Rio Grande do Sul.

2) Os teores e estoques de nitrogênio e carbono orgânico do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob florestamentos e campo antrópico, são diferenciados em relação ao solo sob Floresta Estacional Decidual.

3) A introdução de fitofisionomias antrópicas contribui para a alteração na conformação das frações lábeis e estáveis da matéria orgânica do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob influência da Floresta Estacional Decidual.

### **1.2 Objetivos**

1) Caracterizar os componentes da paisagem relevo, cobertura vegetal e suas relações com os solos, como também avaliar a variação temporal da relação solo-paisagem em uma Estação Experimental de Silvicultura da região central do Rio Grande do Sul.

2) Verificar as alterações nos teores e estoques de nitrogênio (N e SN) e de carbono orgânico (CO e SCO) de um Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob fitofisionomias antrópicas e nativa.

3) Avaliar os efeitos da introdução de fitofisionomias antrópicas sobre as frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho distrófico úmbrico.

## **ARTIGO 1 - RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM E SUA VARIAÇÃO TEMPORAL NUMA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE SILVICULTURA**

### **RESUMO**

A caracterização de componentes da paisagem e de suas relações na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria-RS e o monitoramento da variação temporal solo-paisagem entre os anos de 1987 e 2009 (22 anos) foram realizados, por meio de levantamentos de campo e mapeamento digital da cobertura vegetal, relevo e solos. Cruzaram-se informações do histórico de uso e ocupação do solo, de transecções realizadas em 2009, do modelo numérico do terreno, de mapas de cobertura vegetal para 1987 e 2009 e de solos. Derivou-se assim um caráter transitório dos componentes da paisagem, entre o Rebordo do Planalto Sul-Riograndense e a Depressão Central do Rio Grande do Sul, com uma descaracterização das fitofisionomias naturais e existência de conflitos de uso do solo, bem como a influência do relevo e da gênese dos solos sobre o desenvolvimento fitofisionômico. Houve expansão, em 22 anos, dos cultivos de *Eucalyptus* e *Pinus*, e da floresta nativa sobre o campo antrópico, principalmente nas terras com Argissolos Bruno-Acinzentados e Argissolos Vermelhos.

**Palavras-chave:** Componentes da paisagem, geoprocessamento e variação temporal.

### **SOIL-LANDSCAPE RELATIONSHIP AND ITS TEMPORAL VARIATION IN A FORESTRY EXPERIMENTAL STATION**

#### **ABSTRACT**

The characterization of landscape components and their relationships for the Forestry Experimental Station of Santa Maria-RS, Brazil, and the monitoring of soil-landscape temporal variation between the years 1987 and 2009 (22 years) were performed by means of field surveys and digital mapping vegetation, soil and topography. Crossed the historical information of use and occupation of transects conducted in 2009, the digital terrain model, maps of land cover for 1987 and 2009 and soil, thus deriving a transitory component landscape, between the plateau border Southern and Central Depression of Rio Grande do Sul, with a distortion of the natural vegetation types and conflicts of land use, as well as the influence of topography and soil genesis on the vegetational development. The was expanding

in 22 years the cultivation of *Eucalyptus* and *Pinus* and the native forest on the anthropic field, especially in lands with Argissolos Bruno-Acinzentados and Argissolos Vermelhos.

**Keywords:** Landscape components, geoprocessing and temporal variation.

## INTRODUÇÃO

Dentre os principais agentes de transformação da paisagem encontram-se os cultivos florestais, alvos de inúmeras controvérsias quanto aos seus efeitos no ambiente. A busca por técnicas de estudo da paisagem é, portanto, imprescindível para o monitoramento e planejamento da ocupação das terras.

A paisagem abrange os componentes naturais, os fatores de intervenção humana e as qualidades estéticas. Como componentes naturais importantes, têm-se a geomorfologia e a vegetação e, como fatores de intervenção, tem-se o manejo da vegetação. Os fatores estéticos estão relacionados à reação mental do que os olhos vêem (LUCAS, 1991). Deve-se incluir, dentre os componentes (estrutura) da paisagem o solo, o material geológico e o clima (DEMATTE, 1997); destes, os dois primeiros são poucas vezes abordados nos trabalhos de ecologia da paisagem.

A ecologia da paisagem é a linha da ecologia cujos resultados provêm da inter-relação entre o homem e a paisagem (PORTO & MENEGAT, 2004), os quais são obtidos principalmente com o emprego de técnicas de geoprocessamento. Com o uso de ferramentas de sensoriamento remoto e do sistema de informação geográfica (SIG), o geoprocessamento permite a visualização de áreas ou fenômenos específicos e percepção de conexões, padrões e estruturas referentes aos objetos mapeados (KRAAK & ORMELING, 1996; YOUNG et al., 1993), o que facilita a análise de componentes geomorfológicos, da vegetação e do solo e de suas relações através da sobreposição de planos de informação (PI's).

Os atributos do terreno são os indicadores mais utilizados no mapeamento digital de solos (MCBRATNEY et al., 2003), sendo o relevo um dos mais importantes fatores para sua formação (JENNY, 1941). A gênese dos solos, por sua vez, tem implicação na vegetação, vista as alterações ao longo da paisagem da disponibilidade de água, quantidade de nutrientes e textura do solo (CLARK, 2002).

Áreas com elevada variabilidade geomorfológica, vegetal e edáfica apresentam desafios para a caracterização paisagística, principalmente na transição entre grandes biomas, como observado no município gaúcho de Santa Maria. Trata-se de um limite austral do bioma de Mata Atlântica com o Pampa, onde está localizada a Estação Experimental de Silvicultura

de Santa Maria (FEPAGRO FLORESTAS), importante sítio de pesquisas dos recursos florestais.

A inexistência de informações atualizadas, no que se refere aos componentes da paisagem da FEPAGRO FLORESTAS, estimulou o desenvolvimento do presente estudo. Este tipo de trabalho é fundamental para o suporte das pesquisas de solos, fauna e flora, restauração da vegetação nativa, planejamento da silvicultura e gestão integrada das terras.

Assim, este trabalho teve por objetivo caracterizar os componentes da paisagem relevo, cobertura vegetal e suas relações com os solos, além de avaliar a variação temporal da relação solo-paisagem entre os anos de 1987 e 2009.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Meio Biofísico**

A FEPAGRO FLORESTAS está localizada no município de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. Inserida nas coordenadas UTM 216.000 e 220.000 E, 6.713.000 e 6.717.000 S (fuso22S), possui uma área de aproximadamente 438 ha. O clima é classificado como subtropical úmido do tipo Cfa, com temperatura média anual de 19°C e pluviosidade média anual de 1.733 mm.

A geologia regional é composta pela Formação Rosário do Sul, com depósitos aluvionares, areias, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos de planícies de inundação, terraços e depósitos de calha da rede fluvial atual e subatual, Formação Serra Geral e Formação Botucatu (IBGE, 2003).

Predominam fitofisionomias classificadas como de Tensão Ecológica com Atividades Agrárias (IBGE, 2004), estabelecidas sobre Argissolos Bruno-Acinzentados, Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Gleissolos Háplicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Regolíticos (Abrão et al., 1988), em relevo suavemente ondulado a ondulado com elevações de 90 a 174 m.

### **Métodos de campo e laboratório**

Para a elaboração da base cartográfica foi empregado o Mapa Planimétrico da FEPAGRO FLORESTAS do ano de 1987 (escala 1:5.000).

O Modelo Numérico do Terreno (MNT) baseado na representação “Triangular Irregular Network” (TIN) foi gerado a partir de dados da “Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)” com resolução espacial de 90 m. Esse tipo de modelo introduz vantagens na representação do relevo complexo (CÂMARA & MEDEIROS, 1996), o que permite o

imageamento com ângulos de visada rasantes, resultando em perspectivas diferentes que nem sempre são obtidas por fotografias aéreas (JENSEN, 2009). Os valores de elevação derivados do TIN foram melhorados por interpolação, reduzindo a resolução espacial do MNT final.

Durante os procedimentos de campo, o georreferenciamento dos pontos de interesse foi realizado com o receptor de navegação do Sistema de Posicionamento Global Garmin eTrex Vista HCx, com média de 15 observações/ponto e erro médio de 3m.

A caracterização florística, para o ano de 2009, foi realizada através de transecções identificando a ocorrência de espécies e estágios sucessionais, conforme a Resolução CONAMA nº 33 e observação de elementos relacionados com a vegetação.

Para o estudo do componente solo foram utilizados 15 perfis descritos por Abrão et al (1988) (Tabela 1), os quais foram relacionados ao relevo (Figura 1).

**TABELA 1: Perfis de solo descritos por Abrão et al. (1988), e suas respectivas classes texturais.**

**TABLE 1: Soil profiles described by Abrão et al. (1988), and their textures class.**

lasse de solo	Horizonte	Profundidade (m)	Composição granulométrica g.kg <sup>-1</sup>				Classe Textural
			Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
PBAC <sub>1</sub>	A <sub>p</sub>	0,00-0,27	250	460	140	150	Areia-franca
	A <sub>12</sub>	0,27-0,36	220	410	170	290	Franco-argiloarenosa
	B <sub>1</sub>	0,36 - 0,61	180	320	210	290	Franco-argiloarenosa
	B <sub>2t</sub>	0,61 - 0,69	100	190	250	460	Argila
	B <sub>3t</sub>	0,69 -1,12	80	180	230	510	Argila
	IIC	1,12-1,30	50	220	560	170	Franco-siltosa
PBAC <sub>2</sub>	A <sub>p</sub>	0,00-0,17	270	350	210	170	Franco-arenosa
	A <sub>3</sub>	0,17-0,55	220	270	250	260	Argila
	B <sub>2t</sub>	0,55 - 0,85	140	190	150	520	Argila
	IIB <sub>3t</sub>	0,85 - 1,12	70	220	240	470	Argila
PBAC <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	0,00-0,35	200	400	200	200	Franco-argiloarenosa
	IIB <sub>2t</sub>	0,35-0,62	30	220	290	460	Argila
	IIC <sub>1</sub>	0,62 - 0,86	30	160	410	400	Franco-argilossiltosa
PBAC <sub>4</sub>	A <sub>1</sub>	0,00-0,35	260	220	190	330	Franco-argiloarenosa
	IIB <sub>21t</sub>	0,35-0,55	80	90	190	640	Muito argilosa
	IIB <sub>22t</sub>	0,55-0,74	40	90	220	650	Muito argilosa
	IIB <sub>23t</sub>	0,74-1,00	30	110	270	590	Argila
PVA <sub>5</sub>	IIC <sub>1</sub>	1,00-1,25	380	240	140	240	Franco-argiloarenosa
	A <sub>p</sub>	0,00-0,20	480	320	120	80	Areia-franca
	A <sub>12</sub>	0,20-0,43	460	310	140	90	Franco-arenosa
	A <sub>13</sub>	0,43-0,69	410	330	140	120	Franco-arenosa
	A <sub>2</sub>	0,69-0,96	410	400	120	70	Franco-arenosa
	BA	0,96-1,12	310	340	160	190	Franco-arenosa
PVA <sub>6</sub>	B <sub>2</sub>	1,12-1,35	290	250	180	280	Franco-argiloarenosa
	A <sub>p</sub>	0,00-0,20	380	340	150	130	Franco-arenosa
PVA <sub>6</sub>	A <sub>12</sub>	0,20-0,47	310	410	150	130	Franco-arenosa
	A <sub>2</sub>	0,47-0,71	300	470	160	70	Franco-arenosa



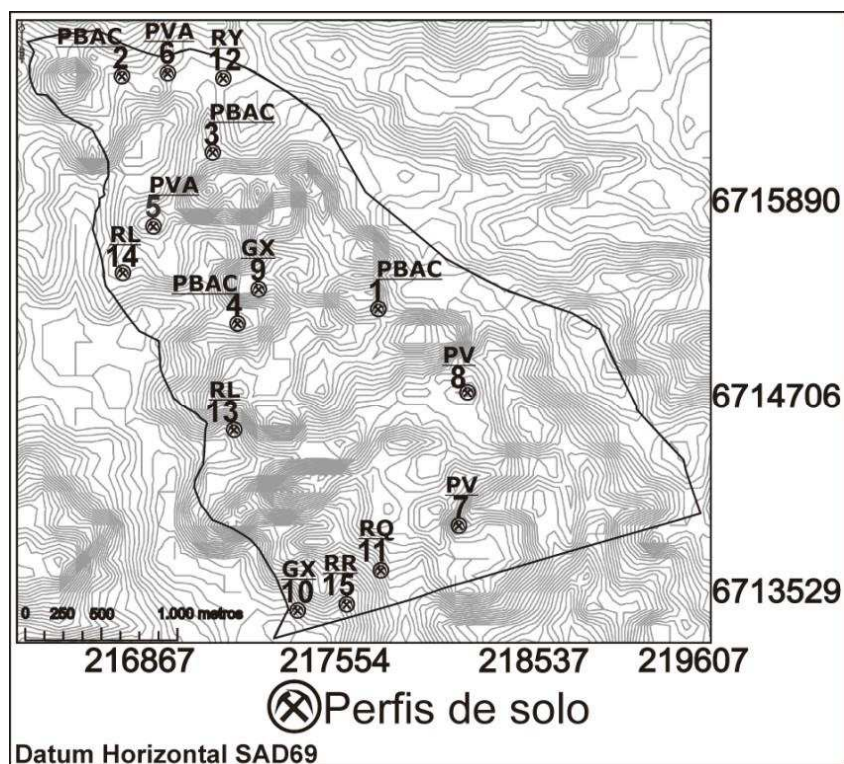
**TABELA 1: Perfis de solo descritos por Abrão et al. (1988), e suas respectivas classes texturais.**

**TABLE 1: Soil profiles described by Abrão et al. (1988), and their textures class.**

lasse de solo	Horizonte	Profundidade (m)	Composição granulométrica g.kg <sup>-1</sup>				Classe Textural
			Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
PV <sub>7</sub>	B <sub>2</sub>	0,71-1,00	240	280	180	300	Franco-argiloarenosa
	A <sub>p</sub>	0,00-0,30	400	260	120	220	Franco-argiloarenosa
	A <sub>3</sub>	0,30-0,56	200	410	110	280	Franco-argiloarenosa
	B <sub>21</sub>	0,56-0,85	70	430	150	350	Franco-argiloarenosa
	B <sub>22</sub>	0,85-1,26	120	310	130	440	Argila
	B <sub>3</sub>	1,26-1,50	140	240	130	490	Argila
PV <sub>8</sub>	A <sub>1</sub>	0,00-0,42	440	280	100	180	Franco-arenosa
	B <sub>1</sub>	0,42-0,65	320	410	90	180	Franco-arenosa
	B <sub>21</sub>	0,65-1,14	240	380	100	280	Franco-argiloarenosa
	B <sub>22</sub>	1,14-1,40	160	380	130	330	Franco-argiloarenosa
GX <sub>9</sub>	A <sub>11</sub>	0,0-0,27	380	260	180	180	Franco-arenosa
	A <sub>12</sub>	0,27-0,45	380	230	200	190	Franco-arenosa
	C <sub>e</sub>	0,45-0,65	380	230	170	220	Franco-argiloarenosa
GX <sub>10</sub>	A <sub>p</sub>	0,0-0,15	20	50	390	540	Argila
	A <sub>3</sub>	0,15-0,30	30	110	370	490	Argila
	IIC <sub>1g</sub>	0,30-0,80	30	210	530	230	Franco-siltosa
	IIC <sub>2g</sub>	0,80-1,0	30	250	460	260	Franco
RQ <sub>11</sub>	A <sub>p</sub>	0,0-0,30	540	340	40	80	Areia-franca
	A <sub>12</sub>	0,30-0,60	500	320	90	90	Areia-franca
	A <sub>13</sub>	0,60-0,93	580	310	30	80	Areia
	C <sub>1</sub>	0,93-1,25	560	310	40	90	Areia-franca
	C <sub>2</sub>	1,25-1,45	700	180	30	90	Areia-franca
RY <sub>12</sub>	A <sub>11</sub>	0,0-0,17	120	230	260	390	Franco-argilosa
	A <sub>12</sub>	0,17-0,30	60	150	350	440	Franco-argilosa
	IIC <sub>1</sub>	0,30-0,38	230	280	250	240	Franco-argiloarenosa
	IIIC <sub>2</sub>	0,38-0,47	50	240	270	440	Argila
	IVC <sub>3</sub>	0,47-0,82	290	330	160	220	Franco-argiloarenosa
	VC <sub>3</sub>	0,82-1,15	260	270	170	300	Franco-argiloarenosa
RL <sub>13</sub>	A <sub>1</sub>	0,0-0,50	130	580	120	170	Franco-arenosa
RL <sub>14</sub>	A <sub>p</sub>	0,0-0,16	430	300	100	170	Franco-arenosa
	A <sub>12</sub>	0,16-0,30	460	180	130	230	Franco-arenosa
RR <sub>15</sub>	A <sub>11</sub>	0,0-0,22	360	430	80	130	Franco-arenosa
	A <sub>12</sub>	0,22-0,49	340	420	80	160	Franco-arenosa
	AC	0,49-0,62	240	500	100	160	Franco-arenosa
	C	0,62-1,10	70	700	100	130	Franco-arenosa

PBAC: Argissolos Bruno-Acinzentados; PV: Argissolos Vermelhos; PVA: Argissolos Vermelho-Amarelos; GX: Gleissolos Háplicos; RY: Neossolos Flúvicos; RL: Neossolos Litólicos; RQ: Neossolos Quartzarênicos e RR: Neossolos Regolíticos.

O mapa de solos foi elaborado pela conversão da carta de solos de Abrão et al. (1988) para o meio digital. No aplicativo ArcGIS 9.3, a imagem foi georreferenciada com a projeção UTM no sistema geodésico SAD 69 (fuso 22), enquanto as classes de solo foram digitalizadas no formato vetorial e atualizadas para o segundo nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Posteriormente, procedeu-se a verificação de campo por meio de transecções com tradagens para a avaliação de características morfológicas do solo (IBGE, 2007).



**FIGURA 1: Localização dos perfis de solo estudados por Abrão et al. (1988) no mapa planialtimétrico da FEPAGRO FLORESTAS. PBAC: Argissolos Bruno-Acinzentados; PV: Argissolos Vermelhos; PVA: Argissolos Vermelho-Amarelos; GX: Gleissolos Hápticos; RY: Neossolos Flúvicos; RL: Neossolos Litólicos; RQ: Neossolos Quartzarênicos e RR: Neossolos Regolíticos.**

**FIGURE 1: Location of soil profiles studied by Abrão et al. (1988) on the planialtimetric map of FEPAGRO FORESTS. PBAC: Argissolos Bruno-Acinzentados; PV: Argissolos Vermelhos; PVA: Argissolos Vermelho-Amarelos; GX: Gleissolos Hápticos; RY: Neossolos Flúvicos; RL: Neossolos Litólicos; RQ: Neossolos Quartzarênicos e RR: Neossolos Regolíticos.**

A elaboração dos mapas de cobertura vegetal (UTM - SAD 69/fuso 22) foi realizada por meio de coletas de informações sobre o histórico recente de uso do solo, da base cartográfica (Mapa Planimétrico de 1987 da FEPAGRO FLORESTAS), da verificação de campo e da interpretação da imagem do receptor SPOT (2009), derivando, assim, a representação fitofisionômica para 1987 e 2009.

Os cruzamentos entre os Planos de Informação (PI's): MNT (1), Mapa de Solos (2), Mapa de Cobertura Vegetal de 1987 (3) e Mapa de Cobertura Vegetal de 2009 (4) foram realizados no aplicativo ArcGIS9.3., os quais derivaram dados de inter-relação entre os componentes relevo, solo e cobertura vegetal, nas diferentes datas.

De posse dos dados primários e secundários dos diferentes componentes da paisagem, procedeu-se a integração dos resultados conforme o esquema descrito na Figura 2.

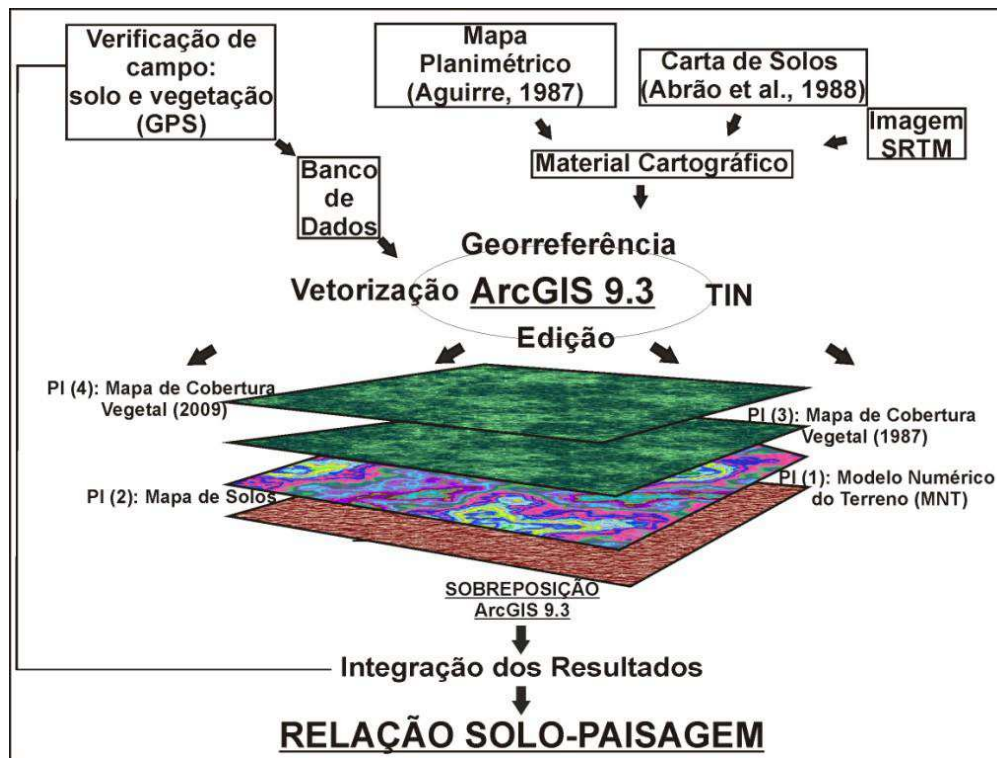


FIGURA 2: Esquema metodológico e integração dos resultados.

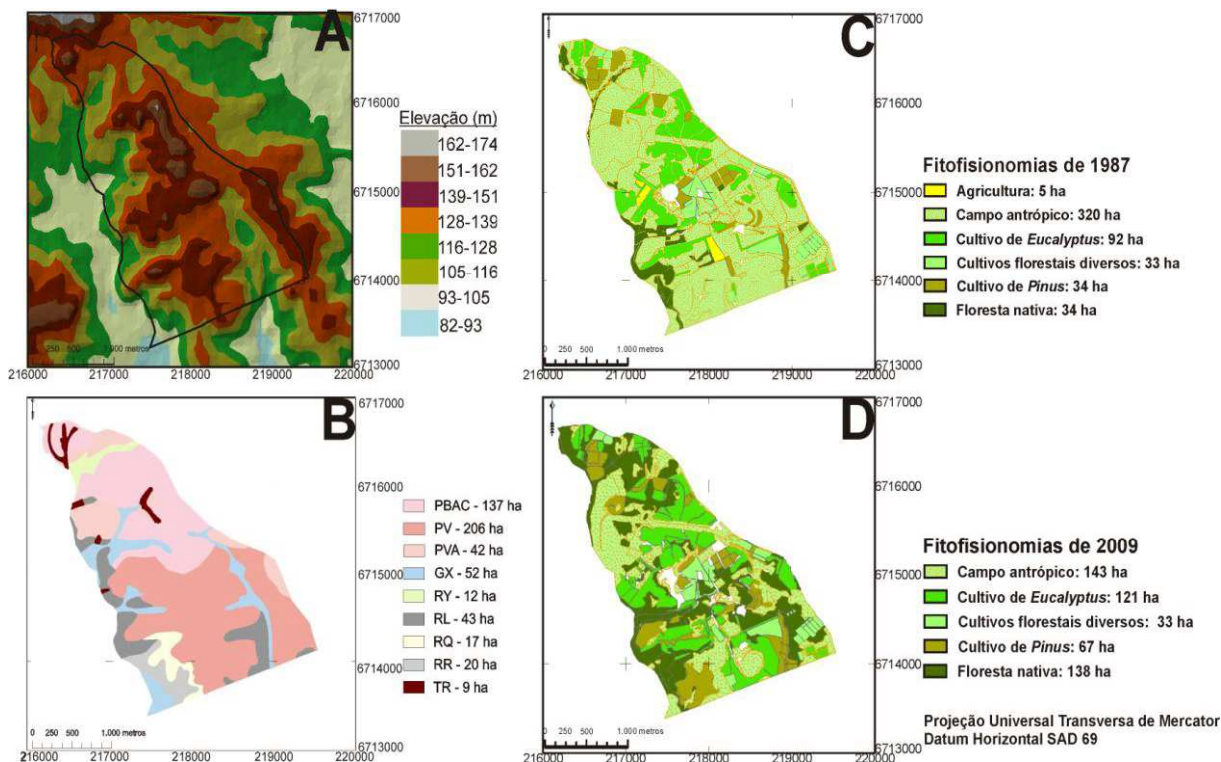
FIGURE 2: Design methodology and results integration.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Relação solo-paisagem

A sobreposição dos PI's 1 e 2 mostrou que os Argissolos Bruno-Acinzentados (PBAC), com textura areia-franca a franco-argiloarenosa no horizonte A, ocupam 137 ha da área de estudo, apresentando perfis com 0,86 a 1,30 m de espessura. Esses solos apresentam incremento de argila em profundidade, derivando-se de siltitos e argilitos da Formação Rosário do Sul (IBGE, 2003) e ocorrem em cotas de elevação que variam de 105 a 174 m de altitude, em relevo suave ondulado a forte ondulado (Tabela 1, Figuras 1, 3A e B). Comparando os perfis de PBAC<sub>1</sub> a 151 m de elevação, PBAC<sub>2</sub> a 133 m, PBAC<sub>3</sub> a 135 m, e PBAC<sub>4</sub> a 118 m, é possível observar o incremento de argila em todo o perfil do solo em função da depressão na paisagem, ou seja, a posição do perfil na toposequência influenciou a conformação granulométrica dos horizontes do solo. Foi observada também a redução nas espessuras para os três primeiros perfis, em função da diminuição da elevação do ponto de prospecção (Tabela 1, Figura 3A e B). Também observa-se a ocorrência de glebas com

terreno ravinado, grandes vossorocas com profundidade de 4,5 m, distribuídas em 9 ha junto aos solos PBAC (Figura 3B).



**FIGURA 3. A. Modelo numérico do terreno (MNT), B. mapa de Solos, C. mapa de cobertura vegetal de 1987 e D. mapa de cobertura vegetal de 2009 da FEPAGRO FLORESTAS. PBAC: Argissolos Bruno-Acinzentados; PV: Argissolos Vermelhos; PVA: Argissolos Vermelho-Amarelos; GX: Gleissolos Háplicos; RY: Neossolos Flúvicos; RL: Neossolos Litólicos; RQ: Neossolos Quartzarênicos; RR: Neossolos Regolíticos e TR: Terreno Ravinado (ABRÃO et al., 1988).**

**FIGURE 3. A. Digital terrain model (MNT), B. soil map, C. map of land cover for 1987 and D. map of land cover for 2009 of FEPAGRO FORESTS. PBAC: Argissolos Bruno-Acinzentados; PV: Argissolos Vermelhos; PVA: Argissolos Vermelho-Amarelos; GX: Gleissolos Háplicos; RY: Neossolos Flúvicos; RL: Neossolos Litólicos; RQ: Neossolos Quartzarênicos; RR: Neossolos Regolíticos e TR: Terreno Ravinado (ABRÃO et al., 1988).**

Os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) desenvolvem-se sobre arenitos da Formação Botucatu (IBGE, 2003) em 42 ha da área, com textura areia-franca a franco-arenosa no horizonte A, com perfis de 1,00 a 1,35 m de profundidade, os quais apresentam um pequeno incremento de argila em profundidade. São encontrados em elevações que variam de 105 a 162 m, em relevo suave ondulado a ondulado (Tabela 1, Figuras 1, Figura 3A e B). Os Argissolos Vermelhos (PV) são encontrados em 206 ha, desenvolvendo-se em relevo suave ondulado a ondulado, principalmente em elevações de 128 a 162 m, podendo ocorrer em altitudes inferiores a 116 m. São formados a partir de arenitos da Formação Botucatu, com influência de rochas efusivas basálticas da Formação Serra Geral (IBGE, 2003). Têm textura

franco-arenosa a franco-argiloarenosa no horizonte A, apresentando incremento de argila em profundidade em perfis com 1,40 a mais de 1,50 m (Tabela 1, Figuras 1, 3A e B).

Na porção norte da paisagem, sobre materiais aluviais e coluviais (IBGE, 2003) desenvolvem-se os Neossolos Flúvicos (RY) em relevo plano a ondulado, principalmente em áreas úmidas, nas cotas de elevação que variam de 105 a 139 m. Estes solos ocupam 12 ha da área e têm textura franco-argilosa no horizonte A com perfil de solo de 1,15 m (Tabela 1, Figuras 1, 3A e B). No sul foram mensurados 17 ha de Neossolos Quartzarênicos (NQ), em elevações de 139 a 105 m. Estes solos apresentam horizonte A com textura areia-franca e perfil com 1,45 m de profundidade (Tabela 1, Figuras 1, 3A e B).

As glebas com maior declividade sobre a Formação Rosário do Sul (IBGE, 2003) apresentam solo Neossolos Litólicos (RL) com 43 ha e solo Neossolos Regolíticos (RR) com 20 ha, nas cotas de elevação que variam de 162 até 93m. Os RL desenvolvem-se sobre arenito e siltito, com 0,40 m de espessura média e textura franco-arenosa. Os RR, por sua vez, têm textura franco-arenosa, com espessura próxima a 0,50 m.

De 162 a 90 m de elevação, são observadas áreas úmidas sobre sedimentos aluviais, onde se desenvolvem Gleissolos Háplicos (GX) distribuídos em 52 ha, com perfis de solo com espessura de 0,65 a 1,0 m. Comparando os perfis GX<sub>9</sub> a 132 m de elevação e GX<sub>10</sub> a 90 m é possível constatar o incremento da argila no horizonte A passando de franco-arenosa a argila na área mais baixa, como também no restante do perfil. Os efeitos das discrepâncias altimétricas também são observados entre os contrastes da textura no horizonte A de PVA<sub>5</sub>, PVA<sub>6</sub> e PV<sub>8</sub> com GX<sub>10</sub> e RY<sub>12</sub>, além do desenvolvimento em profundidade para a maioria dos perfis de solos descritos por Abrão (1988). Para Anjos et al. (1998), dentre os fatores e processos de formação dos solos destaca-se o relevo, o qual coordena e direciona os fluxos de água nos perfis do solo, outro importante fator para a gênese é o material de origem, que dita condições químicas e físicas do solo.

A área de estudo apresentou classes de solo características do Rebordo do Planalto Sul-Riograndense e da Depressão Central do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008), fato que confere caráter edáfico transitório à Estação Experimental.

### **Variação espacial da vegetação**

Ao longo da paisagem, as formações campestres apresentam composição botânica envolvendo 24 espécies de 21 gêneros pertencentes a 12 famílias botânicas. Destacam-se as famílias Poaceae, com sete espécies de sete gêneros botânicos, e Asteraceae, com cinco espécies de quatro gêneros. Espécies como *Eryngium sp.* (Apiaceae) e *Cyperus sp.*

(Cyperaceae) foram registradas principalmente em áreas úmidas sob GX (Tabela 2, Figura 3B). Além da prática de pecuária extensiva, a influência antrópica das formações campestres pode ser evidenciada pela presença de *Eragrostis plana* (Poaceae) (tabela 2), espécie naturalizada à flora gaúcha (SCHNEIDER, 2007).

**TABELA 2: Relação de espécies campestres registradas na FEPAGRO FLORESTAS e seu ambiente preferencial.**

**TABLE 2: Relation of grassland species recorded in FEPAGRO FORESTS and its preferred ambient.**

Espécies	Família	Ambiente preferencial
<i>Eryngium horridum</i>	Apiaceae	
<i>Eryngium sp.</i>	Apiaceae	área úmida associada a GX
<i>Achyrocline satureioides</i>	Asteraceae	
<i>Baccharis sp</i>	Asteraceae	
<i>Baccharis trimera</i>	Asteraceae	
<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	
<i>Soliva pterosperma</i>	Asteraceae	
<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae	
<i>Cyperus sp.</i>	Cyperaceae	área úmida associada a GX
<i>Desmodium incanum</i>	Fabaceae	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae	
<i>Trifolium sp.</i>	Leguminosae	
<i>Sida rhombifolia</i>	Malvaceae	
<i>Phyllanthus corcovadensis</i>	Phyllanthaceae	
<i>Aristida pallens</i>	Poaceae	
<i>Cynodon sp.</i>	Poaceae	
<i>Eragrostis plana</i>	Poaceae	
<i>Erianthus sp</i>	Poaceae	
<i>Paspalum notatum</i>	Poaceae	
<i>Rhynchelytrum repens</i>	Poaceae	
<i>Schizachyryum condensatum</i>	Poaceae	
<i>Rumex crispus</i>	Polygonaceae	
<i>Smilax sp</i>	Smilacaceae	
<i>Urtica dioica</i>	Urticaceae	

GX: Gleissolos Háplicos.

Os fragmentos florestais apresentam 59 espécies de 50 gêneros botânicos, pertencentes a 31 famílias. Destas, a família mais representativa é a Myrtaceae, com sete espécies de cinco gêneros, seguida das famílias Rutaceae, com quatro espécies pertencentes a quatro gêneros botânicos, e Mimosaceae, com quatro espécies de três gêneros (Tabela 3). Os grupos ecológicos são compostos principalmente por Pioneiras e Secundárias Iniciais, o que reforça a classificação das florestas nativas nos estágios inicial e médio de regeneração, tendo as espécies, em geral, distribuição na Floresta Estacional Decidual e na Estepe Gramíneo-lenhosa, ratificando o caráter transitório da área (SEMA 2007; LEITE, 2002).

É nítida a descaracterização dos fragmentos florestais, dada a presença de espécies exóticas, como *Citrus nobilis* (Rutaceae), *Eucalyptus sp.* (Myrtaceae), *Hovenia dulcis* (Rhamnaceae), *Melia azedarach* (Meliaceae), *Acacia mearnsii* (Mimosaceae) e *Pinus sp.* (Pinaceae), mescladas à vegetação nativa (Tabela 3) principalmente em áreas já exploradas, sob sucessão natural.

A maior incidência de indivíduos de *Calliandra selloi* (Leguminosae) foi registrada em matas ripárias associadas à RL e RR, *Erythrina cristagalli* (Fabaceae) em áreas úmidas associadas à GX e PBAC, *Myrcianthes gigantea* (Myrtaceae) em mata ripária associada a RR, *Myrsine lorentziana* (Myrsinaceae) e *Phyllanthus sellowianus* (Euphorbiaceae) em matas ripárias associadas à PBAC, RY, RL e RR, GX e TR (Tabela 3, Figura 3B), o que evidencia o contato vegetal do tipo ecótono (edáfico) (IBGE, 2004).

**TABELA 3: Relação de espécies registradas nos fragmentos florestais da FEPAGRO FLORESTAS e seu ambiente preferencial.**

**TABLE 3: Value of recorded species in forest fragments of FEPAGRO FORESTS and its preferred preferred ambient.**

Espécies	Família	Ambiente preferencial
<i>Lithraea molleoides</i>	Anacardiaceae	
<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Anacardiaceae	
<i>Rollinia sylvatica</i>	Annonaceae	
<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Arecaceae	
<i>Baccharis tridentata</i>	Asteraceae	
<i>Tabebuia alba</i>	Bignoniaceae	
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Bignoniaceae	
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	Bignoniaceae	
<i>Cordia trichotoma</i>	Boraginaceae	
<i>Patagonula americana</i>	Boraginaceae	
<i>Pelthophorum dubium</i>	Caesalpiniaceae	
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Erythroxylaceae	
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	Euphorbiaceae	matas ripárias associadas a PBAC, RY, RL e RR, GX e no TR
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	Euphorbiaceae	matas ripárias associadas a PBAC, RY, RL e RR, GX e no TR
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Euphorbiaceae	
<i>Dalbergia frutescens</i>	Fabaceae	
<i>Erythrina cristagalli</i>	Fabaceae	áreas úmidas associadas a GX, PBAC
<i>Machaerium paraguariense</i>	Fabaceae	
<i>Casearia sylvestris</i>	Flacourtiaceae	
<i>Xylosma venosum</i>	Flacourtiaceae	
<i>Nectandra lanceolata</i>	Lauraceae	
<i>Nectandra megapotamica</i>	Lauraceae	
<i>Ocotea puberula</i>	Lauraceae	
<i>Calliandra selloi</i>	Leguminosae	matas ripárias associadas a RL e RR
<i>Cabrlea canjerana</i>	Meliaceae	
<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	
<i>Melia azedarach.</i>	Meliaceae	
<i>Acacia mearnsii</i>	Mimosaceae	
<i>Acacia bonariensis</i>	Mimosaceae	
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Mimosaceae	
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Mimosaceae	
<i>Ficus luschnathiana</i>	Moraceae	
<i>Myrsine lorentziana</i>	Myrsinaceae	matas ripárias associadas a PBAC, RY, RL e RR, GX e no TR
<i>Myrsine umbellata</i>	Myrsinaceae	
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Myrtaceae	
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Myrtaceae	
<i>Eucalyptus sp.</i>	Myrtaceae	
<i>Eugenia involucrata</i>	Myrtaceae	
<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	
<i>Eugenia uruguayensis</i>	Myrtaceae	
<i>Myrcianthes gigantea</i>	Myrtaceae	mata ripária associada a RR
<i>Butia capitata</i>	Palmae	
<i>Pinus sp.</i>	Pinaceae	
<i>Hovenia dulcis</i>	Rhamnaceae	
<i>Prunus myrtifolia</i>	Rosaceae	
<i>Citrus nobilis</i>	Rutaceae	
<i>Helieta apiculata</i>	Rutaceae	
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Rutaceae	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	

**TABELA 3: Relação de espécies registradas nos fragmentos florestais da FEPAGRO FLORESTAS e seu ambiente preferencial.**

**TABLE 3: Value of recorded species in forest fragments of FEPAGRO FORESTS and its preferred preferred ambient.**

Espécies	Família	Ambiente preferencial
<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	
<i>Cupania vernalis</i>	Sapindaceae	
<i>Matayba elaeagnoides</i>	Sapindaceae	
<i>Solanum mauritianum.</i>	Solanaceae	
<i>Luehea divaricata.</i>	Tiliaceae	
<i>Celtis iguanaea</i>	Ulmaceae	
<i>Urera baccifera</i>	Urticaceae	
<i>Vitex megapotamica</i>	Verbenaceae	

PBAC: Argissolos Bruno-Acinzentados; PV: Argissolos Vermelhos; PVA: Argissolos Vermelho-Amarelos; GX: Gleissolos Háplicos; RY: Neossolos Flúvicos; RL: Neossolos Litólicos; RQ: Neossolos Quartzarênicos e RR: Neossolos Regolíticos.

A sobreposição dos PI's 3 e 4 revela a ocorrência de seis classes fitofisionômicas no ano de 1987, sendo o campo antrópico a mais representativa com 320 ha, seguido de cultivos do gênero *Eucalyptus* com 92 ha, floresta nativa com 34 ha, cultivos do gênero *Pinus* com 34 ha, cultivos florestais diversos com 33 ha e cultivos agrícolas com apenas 5 ha. Para o ano de 2009, houve a redução para cinco classes, tendo destaque o decréscimo na ocupação do campo antrópico para 143 ha. Os 177 ha anteriormente ocupados por campo antrópico cederam espaço para floresta nativa com 138 ha, cultivos de *Eucalyptus* com 121 e cultivos de *Pinus* com 67 ha. Constatou-se um balanço temporal positivo para a floresta nativa, bem como a expansão dos cultivos de *Eucalyptus* e *Pinus* (Figura 3C e D). Essas mudanças estão atreladas principalmente a alteração na forma de exploração da FEPAGRO FLORESTAS e as condições ambientais ocasionadas pelos demais elementos da paisagem.

A sobreposição dos PI's 1, 2, 3 e 4 mostra que o campo antrópico tem distribuição temporal nas diferentes classes de solo e no TR, exceto nos solos RQ para o ano de 2009. Os povoamentos florestais implantados no ano de 1987 totalizaram 159 ha, dos quais 119 ha estabelecidos sobre PBAC em altitudes variando de 105 a 162m, e PV em relevo suave ondulado a ondulado em altitudes de 128 a 162m. Para esses solos foi verificado, no ano de 2009, saldo positivo de 27 ha que avançaram sobre o campo antrópico, com destaque para o cultivo de *Eucalyptus* sobre PV com saldo positivo de 18 ha, e cultivo de *Pinus* sobre PV com 7 ha (Tabela 4, Figura 3 A, B, C e D).



**TABELA 4: Áreas mensuradas a partir dos cruzamentos entre os planos de informação: solo e cobertura vegetal para os anos de 1987 e 2009.**

**TABLE 4: Measured areas from the crossings between the layers: soil and vegetation for the years 1987 and 2009.**

1987	Área (ha)	2009	Área (ha)	Saldo (ha)
Agricultura x PV	5,0	Agricultura x PV	0	-5,0
Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x RY	1,0	Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x RY	2,0	1,0
Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x RQ	3,0	Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x RQ	4,0	2,0
Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x HGP	5,0	Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x HGP	6,0	1,0
Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x PBAC	39,0	Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x PBAC	41,0	2,0
Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x PV	31,0	Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x PV	49,0	18,0
Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x PVA	5,0	Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x PVA	6,0	1,0
Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x RL	4,0	Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x RL	10,0	6,0
Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x TR	4,0	Cultivo de <i>Eucalyptus</i> x TR	3,0	-1,0
Cultivos florestais diversos x PBAC	6,0	Cultivos florestais diversos x PBAC	6,0	0,0
Cultivos florestais diversos x PV	22,0	Cultivos florestais diversos x PV	22,0	0,0
Cultivos florestais diversos x PVA	1,0	Cultivos florestais diversos x PVA	1,0	0,0
Cultivos florestais diversos x RL	4,0	Cultivos florestais diversos x RL	4,0	0,0
Floresta nativa x RY	2,0	Floresta nativa x RY	6,0	4,0
Floresta nativa x RQ	2,0	Floresta nativa x RQ	4,0	2,0
Floresta nativa x HGP	6,0	Floresta nativa x HGP	14,0	8,0
Floresta nativa x PBAC	3,0	Floresta nativa x PBAC	32,0	29,0
Floresta nativa x PV	4,0	Floresta nativa x PV	49,0	45,0
Floresta nativa x PVA	2,0	Floresta nativa x PVA	9,0	7,0
Floresta nativa x RL	10,0	Floresta nativa x RL	12,0	2,0
Floresta nativa x RR	4,0	Floresta nativa x RR	9,0	5,0
Floresta nativa x TR	1,0	Floresta nativa xTR	3,0	2,0
Cultivo de <i>Pinus</i> x RY	3,0	Cultivo de <i>Pinus</i> x RY	4	1,0
Cultivo de <i>Pinus</i> x RQ	0,0	Cultivo de <i>Pinus</i> x RQ	7	7,0
Cultivo de <i>Pinus</i> x HGP	2,0	Cultivo de <i>Pinus</i> x HGP	5	3,0
Cultivo de <i>Pinus</i> x PBAC	12,0	Cultivo de <i>Pinus</i> x PBAC	12	0,0
Cultivo de <i>Pinus</i> x PV	9,0	Cultivo de <i>Pinus</i> x PV	16	7,0
Cultivo de <i>Pinus</i> x PVA	5,0	Cultivo de <i>Pinus</i> x PVA	4	-1,0
Cultivo de <i>Pinus</i> x RL	3,0	Cultivo de <i>Pinus</i> x RL	9	6,0
Cultivo de <i>Pinus</i> x RR	0,0	Cultivo de <i>Pinus</i> x RR	10	10,0
Campo antrópico x RY	6,00	Campo antrópico x RY	0,00	-6,00
Campo antrópico x RQ	13,00	Campo antrópico x RQ	2,00	-11,00
Campo antrópico x HGP	38	Campo antrópico x HGP	27	-11,00
Campo antrópico x PBAC	65	Campo antrópico x PBAC	26	-39,00
Campo antrópico x PV	127	Campo antrópico x PV	54	-73,00
Campo antrópico x PVA	29	Campo antrópico x PVA	22	-7,00
Campo antrópico x RL	22,00	Campo antrópico x RL	9,00	-13,00
Campo antrópico x RR	16	Campo antrópico x RR	1	-15,00
Campo antrópico x RT	4	Campo antrópico x RT	2	-2,00

A implantação de povoamentos florestais, principalmente sobre os PBAC e PV, está atrelada ao desenvolvimento desses solos, posição na paisagem e relevo. O maior saldo temporal dos PV é relacionado à maior profundidade do perfil e melhor drenagem. Visto que os PBAC apresentam drenagem moderada ou imperfeita, o que os mantém saturados com água em ambiente anaeróbico em determinados períodos do ano, há prejuízo ao desenvolvimento vegetal (STRECK et al., 2008). Em contraponto ao avanço dos povoamentos sobre os solos PBAC e PV, para o ano de 2009 houve saldo positivo de 10 ha de Pinus sobre RR (Tabela 4; Figura 3A, B e D). O sucesso deste povoamento deve-se à ausência de intervenções de manejo neste período e às características das espécies deste gênero botânico, as quais apresentam na sua grande maioria elevada produção de pequenas sementes, o que facilita a dispersão anemocórica a longas distâncias, viabilidade de sementes por longos períodos no solo; floração e frutificação mais prolongada, alto potencial reprodutivo por brotação, pioneirismo, alelopatia e ausência de inimigos naturais (ZILLER & GALVÃO, 2001; GROTKOPP et al., 2002).

Avaliando as classes de solos marginais e o pedoambiente deste povoamento, seu sucesso está ligado à baixa fertilidade característica do NQ e a fraca ou inexistente coesão entre seus agregados (STRECK et al., 2008), enquanto o GX apresenta caráter hidromórfico o que dificulta o crescimento vegetal. Comparando com o solo RL, o solo RR apresenta melhores condições para o desenvolvimento radicular, em função da presença de material alterado o que, frequentemente, confere maior fraturamento do material de origem (PEDRON, 2007), favorecendo a exploração do perfil do solo pelas raízes.

Conflitos de uso do solo por implantação de povoamentos florestais foram observados em solos GX e RL, aptos para preservação (STRECK et al., 2008), tendo os GX com cultivos de Eucalyptus saldo positivo de 1 ha e com cultivo de Pinus saldo positivo de 3 ha. Em RL o saldo temporal positivo de cultivos de Eucalyptus foi de 6 ha, mesmo valor observado para os cultivos de Pinus (Tabela 4, Figura 3 A, B, C e D).

A floresta nativa apresentou variação temporal positiva para todas as classes de solo, com destaque para o seu estabelecimento sobre PV com 45 ha e PBAC com 29 ha. É clara a relação desta fitofisionomia com o relevo e a classe de solo, devido à conseqüente variação da dinâmica da água no solo, nutrientes e textura (Tabela 4, Figura 3 A, B, C e D), além da alteração na forma de exploração da terra.

## CONCLUSÕES

Há um caráter transitório nos componentes da paisagem, entre o Rebordo do Planalto Sul-Riograndense e a Depressão Central do Rio Grande do Sul, com uma descaracterização das fitofisionomias naturais e existência de conflitos de uso do solo;

O relevo e a gênese dos solos foram condicionantes para o desenvolvimento fitofisionômico;

Em 22 anos houve expansão dos cultivos de *Eucalyptus* e *Pinus*, e da floresta nativa sobre o campo antrópico, principalmente nas terras com Argissolos Bruno-Acinzentados e Argissolos Vermelhos.

## LITERATURA CITADA

ABRÃO, P. U. R.; GIANLUPPI, D.; AZOLIN, M. A. D. **Levantamento detalhado dos solos da estação experimental de silvicultura de Santa Maria**. Porto Alegre: IPRNR, 1988. 75 p.

ANJOS, L.H. et al. Landscape and pedogenesis of na Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in Southeastern Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 62, p.1651-1658, 1998.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais, 1996. 65p.

CLARK, D.B. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. In: GUARIGUATTA, M. **Ecología y conservación de bosques neotropicales**, Cartago: Ediciones LUR, 2002. p. 193-224.

DEMATTE, M.E.S.P. **Princípios de paisagismo**. Jaboticabal: Funep, 1997. 104p.

GROTKOPP, E.; REJMÁNEK, M.; ROST, T. L. Toward a causal explanation of plant invasiveness: seedling growth and life-history strategies of 29 pine (*pinus*) species. **The American Naturalist**, v. 159, n. 4, p. 398-419, 2002.

IBGE. **Carta Santa Maria SH 22-V-C: Geologia. Escala 1:250.000**. 2003.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil. Escala 1:5.000.000**. 2004.

JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestre**. Tradução José Carlos Neves Epiphânio et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 597p.
- KRAAK, M.J. ORMELING, F.J. **Cartography – visualization of spatial data**. Harlow: Longman Publishers, 1996.
- LEITE, F.P. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, v.1, n.24, p.51-73, 2002.
- LUCAS, O.W.R. **The design of forest landscapes**. New York: Oxford Univ.Press,1991.391 p.
- MCBRATNEY, A.B.; MENDONÇA SANTOS, M.L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, p. 3–52, 2003.
- PEDRON, F. de A. **Mineralogia, morfologia e classificação de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul**. 2007. 160f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- PORTO, M.L.; MENEGAT, R. Ecologia da Paisagem: um novo enfoque na gestão dos sistemas da terra e do homem. In: MENEGAT et al. **Desenvolvimento Sustentável e gestão ambiental nas cidades: estratégias a partir de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 2004.
- SEMA. **Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares**. Porto Alegre: SEMA, 2007. 33p.
- SCHNEIDER, A.S. A flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Herbáceas Subespontâneas. **Biociências**, v. 15, n. 2, p. 257-268, 2007.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/ASCAR 2008. 222p.
- YOUNG, R.H.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. **Landscape ecology and geographic information systems**. New York: Taylor & Francis, 1993. 288 p.
- ZILLER, S. R.; GALVÃO, F. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 42-47, 2001.

## **ARTIGO 2 - ESTOQUES DE NITROGÊNIO E CARBONO ORGÂNICO DE UM ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO APÓS A INTRODUÇÃO DE FITOFISIONOMIAS ANTRÓPICAS**

### **RESUMO**

Foram avaliadas as alterações nos teores (N) e estoques de nitrogênio (N e SN) e carbono orgânico (CO e SCO) após a introdução de fitofisionomias antrópicas em um Argissolo Vermelho distrófico úmbrico. Para isso, foram coletadas amostras de solo em quatro horizontes de 36 trincheiras, sob Floresta nativa em estágio médio de regeneração e campo antrópico com mais de 35 anos, floresta mista do gênero *Eucalyptus* e de *Eucalyptus robusta* com 35 anos, floresta de *Eucalyptus grandis* com 4 e 21 anos, floresta de *Acacia Mearnsii* com 7 anos, floresta de *Eucalyptus saligna* com 6 anos e floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria - RS. Esta área está localizada em terras sob o domínio da Tensão Ecológica com Atividades Agrárias, contato do Bioma da Mata Atlântica com o Pampa. Os resultados de parâmetros químicos, físicos, como também a espessura do horizonte do solo, responsáveis pela conformação dos estoques de nitrogênio e carbono orgânico, além dos próprios estoques, foram submetidos a duas abordagens sintéticas: univariada com a aplicação da ANOVA e teste de médias de Student-Newman-Keuls (SNK) com  $p \leq 0,05$ , e análise multivariada com o emprego da análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamentos (CA). Foram observadas alterações nos teores e estoques de nitrogênio e carbono orgânico do horizonte superficial frente à introdução de florestamentos e do campo antrópico sobre áreas de Floresta Estacional Decidual, havendo decréscimo principalmente em terras ocupadas pela floresta de *Acacia Mearnsii* e campo antrópico. A conformação dos estoques de nitrogênio e carbono orgânico do perfil do solo teve maior influência dos demais fatores e processos de formação do solo do que a ocupação das terras nas últimas quatro décadas.

**Palavras-chave:** dinâmica de uso e ocupação do solo, métodos estatísticos uni e multivariados, sequestro de N e C.

## **STOCKS OF NITROGEN AND ORGANIC CARBON IN ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO AFTER INTRODUCTION OF ANTHROPOGENIC FITOFISIONOMYS**

### **ABSTRACT**

We evaluated the changes in the concentrations and pools of nitrogen (N and SN) and organic carbon (CO and SCO) after the introduction of anthropogenic fitofisionomys in

Argissolo Vermelho distrófico úmbrico. For this, soil samples were collected in four horizons of 36 trenches under native forest regeneration at the intermediate stage and anthropic field with more than 35 years, mixed forest of *Eucalyptus* and *Eucalyptus robusta* 35 years, forest of *Eucalyptus grandis* 4 and 21 years, forest of *Acacia mearnsii* in seven years, the forest of *Eucalyptus saligna* and 6 years with mixed forest of *Pinus* 10 years with the Forestry Experiment Station of Santa Maria. This area is located in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil, on land under ecological domain the ecological stress with Agricultural Activities, contact the Atlantic Forest biome with the Pampa. The results of chemical, physical, as well as the thickness of soil horizon, responsible for the conformation of the stocks of nitrogen and organic carbon, besides the stocks were subjected to two synthetic approaches: the application of univariate ANOVA and means Student-Newman-Keuls (SNK) at  $p \leq 0.05$ , and multivariate analysis with the use of PCA (Principal Component Analysis) and CA (Cluster Analysis). Changes were observed at concentrations and pools of organic carbon and nitrogen in the surface horizon ahead of the introduction of projects and another on the field anthropic areas Deciduous Forest, decreasing mainly on land occupied by forest and field man-made *Acacia mearnsii*. The conformation of the stocks of organic carbon and nitrogen in the soil profile had a greater influence of other factors and processes of soil formation than the occupation of land in the last four decades.

**Keywords:** dynamics of land-use and land-cover, univariate and multivariate statistical methods, N and C sequestration.

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos séculos as atividades antrópicas de queima de combustíveis fósseis e de biomassa, como também as modificações da paisagem, causadas pela conversão de fitofisionomias naturais em áreas agrícolas ou pecuárias, de urbanização e industrialização, vêm contribuindo para a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas da superfície terrestre.

Os ecossistemas terrestres necessitam da matéria orgânica do solo (MOS) para o funcionamento de seus sistemas interativos. Os efeitos positivos da MOS sobre as propriedades físico-químicas e biológicas dos solos são amplamente discutidas na literatura (Fanning & Fanning, 1989; Baumgartl & Horn, 1991; Hasset & Banwart, 1992; Doran & Parkin, 1994; Lal, 2006). Dentre os principais fatores condicionantes para a conformação da MOS estão: o clima, a hidrologia, o material de origem, a fertilidade do solo, a atividade biológica, além dos padrões de vegetação e uso da terra.

O solo é o maior dreno de carbono terrestre com estimativas globais que variam 1115 a 2200 Pg de carbono orgânico (CO), além do CO armazenado na forma de carvão e nas formas inorgânicas como carbonatos. O CO e o nitrogênio são suscetíveis às mudanças no uso e ocupação das terras. Fazem-se, assim, importantes indicadores para a qualidade ambiental e de manutenção da produtividade dos sítios (Skjemstad et al., 1990; Batjes, 1992; Desjardins et al., 1994; Shaw et al., 2008).

Dentre os estudos necessários para o desenvolvimento de programas conservacionistas voltados para a gestão racional das terras e captura de carbono, estão a classificação dos solos e o conhecimento de seus respectivos estoques de carbono, em um bioma ou região agroecológica, e as respostas de seus respectivos solos a diferentes usos (Batjes, 1999; Sampson & Scholes, 2000). Estes estudos apresentam grandes incertezas acerca dos dados de solo (Batjes, 2006), face à pequena escala dos levantamentos e à variabilidade espacial dos solos. Dessa maneira, faz-se necessária a realização de levantamentos dos teores e estoques de nitrogênio total (N) e de carbono orgânico total (CO), com elevada intensidade de observações.

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), sob o domínio dos Biomas brasileiros de Mata Atlântica e do Pampa, tem-se como os maiores agentes de alteração da paisagem os cultivos florestais, que ocupam nos últimos anos terras anteriormente destinadas à pecuária extensiva e à agricultura com baixa tecnificação. Os florestamentos com espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus*, *Pinus* e de *Acacia mearnsi* são atividades polêmicas, em função da opinião pública generalizada que lhes atribuem efeitos ecológicos adversos.

A Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria apresenta componentes de sua paisagem com caráter transitório entre o Rebordo do Planalto Sul-Riograndense e a Depressão Central do Rio Grande do Sul. Este sítio encontra-se no contato do Bioma da Mata Atlântica e do Pampa (IBGE, 2004a), possuindo fitofisionomias antrópicas de pastagens e cultivos silviculturais, como também fragmentos naturais da floresta estacional decidual. Essas características conferiram a oportunidade para a avaliação da resposta de um Argissolo Vermelho distrófico úmbrico ao estabelecimento de diferentes fitofisionomias antrópicas.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo verificar as alterações nos teores e estoques de nitrogênio (N e SN) e de carbono orgânico (CO e SCO) de um Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob fitofisionomias antrópicas e nativa.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do meio biofísico

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria, localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, nas coordenadas UTM 216.000 e 220.000 E e 6.713.000 e 6.717.000 S (sistema geodésico SAD 69, Fuso 22), sob o domínio da Tensão Ecológica com Atividades Agrárias no contato da Mata Atlântica com o Pampa (IBGE, 2004a; IBGE, 2004b).

As terras da estação experimental sofrem influência do clima subtropical úmido do tipo Cfa, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano com precipitação média anual de 1546 mm e temperatura média anual de 19° C (Moreno, 1961). Predomina o relevo de feição suave ondulada com elevações alongadas podendo ocorrer declives acentuados, originando as áreas planas ou baixas, as quais apresentam cursos de água (Abrão et al., 1988).

Os padrões de vegetação, clima e relevo anteriormente citados em conjunto com rochas da Formação Serra Geral e Formação Botucatu (IBGE, 2003) dão origem ao Argissolo Vermelho distrófico úmbrico (EMBRAPA, 2006) ou Paleudult (EUA - Soil Survey Staff, 1999). Essa classe de solo apresenta nove coberturas vegetais distintas, ou fitofisionomias antrópicas e natural representativas da paisagem regional e da silvicultura do Rio Grande do Sul. A seleção destas áreas foi feita por meio do cruzamento do modelo numérico do terreno gerado com imagem da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) melhorada por interpolação, com o mapa temático de solos da estação experimental adaptado de Abrão (1988), e os Mapas de Cobertura Vegetal dos anos de 1987 e 2009, todos na escala 1:5.000 (Soares et al., 2010). Foi realizada também a verificação de campo e consulta à equipe de gestão da estação experimental, com o objetivo de registrar informações não contempladas durante as rotinas de geoprocessamento. Esses procedimentos derivaram a dinâmica de ocupação das terras e o padrão geomorfológico das áreas ocupadas pelas fitofisionomias abordadas (Quadro 1).

### Quadro 1. Caracterização das fitofisionomias estabelecidas no Argissolo Vermelho distrófico úmbrico.

Fitofisionomias/ Cobertura Vegetal	Sigla	Idade (anos)	Relevo
Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994)	FITO1	+ de 35	Plano
Floresta mista do gênero <i>Eucalyptus</i>	FITO2	35	Plano
Floresta de <i>Eucalyptus robusta</i>	FITO3	35	Plano
Floresta de <i>Eucalyptus grandis</i>	FITO4	21	Ondulado
Floresta de <i>Acacia Mearnsii</i>	FITO5	7	Suave ondulado
Floresta de <i>Eucalyptus grandis</i>	FITO6	4	Ondulado
Campo antrópico	FITO7	+ de 35	Suave ondulado
Floresta de <i>Eucalyptus saligna</i>	FITO8	6	Suave ondulado
Floresta mista do gênero <i>Pinus</i>	FITO9	10	Ondulado



O padrão do solo nas áreas de estudo é composto por condições de baixa fertilidade com teores reduzidos de Ca, Mg, K e P, como também aos reduzidos valores de pH e consideráveis teores de  $Al^{+3}$  e acidez potencial (Quadro 2). As condições de fertilidade expressas pelos horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico estão atreladas principalmente aos teores e baixa reatividade da fração fina do solo como corrente em grande parte dos solos tropicais, sendo composta principalmente por caulinita e  $17 \text{ g kg}^{-1}$  de óxido de ferro  $Fe_2O_3$  (Brasil, 1973; Resende et al. 2005).

**Quadro 2. Caracterização química e classe textural de diferentes horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomia.**

Fitofisionomia	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+2</sup>	P	H+Al	pH	Al <sup>+3</sup>	CTC	Classe textural
<b>1º Horizonte</b>									
FITO1	1,75	0,90	44,40	1,25	1,55	4,74	1,28	48,60	Franco-arenosa
FITO2	0,25	0,20	30,60	1,47	3,08	3,95	2,52	34,13	Franco-arenosa
FITO3	2,40	0,45	40,60	1,17	2,15	4,45	1,76	45,60	Franco-arenosa
FITO4	0,00	0,65	41,30	1,99	2,80	4,39	2,31	44,75	Franco-arenosa
FITO5	0,50	0,60	50,20	1,23	3,00	4,20	2,49	54,30	Franco-arenosa
FITO6	0,05	0,50	31,60	2,09	3,13	3,97	2,56	35,28	Franco-arenosa
FITO7	0,40	0,35	48,50	1,04	2,25	4,49	1,85	51,50	Franco-arenosa
FITO8	0,80	0,70	60,10	1,96	2,43	4,48	1,98	64,03	Franco-arenosa
FITO9	0,90	0,15	23,10	1,68	3,30	4,02	2,71	27,45	Franco-arenosa
<b>2º Horizonte</b>									
FITO1	0,40	0,40	14,20	0,54	3,60	4,42	3,38	18,60	Franco-argiloarenosa
FITO2	0,00	0,10	29,80	0,64	3,70	4,01	3,49	33,60	Franco-argiloarenosa
FITO3	0,00	0,30	23,80	0,57	3,25	4,20	3,06	27,35	Franco-argiloarenosa
FITO4	0,00	0,10	19,40	0,76	2,60	4,30	2,45	22,10	Franco-argiloarenosa
FITO5	0,20	0,20	38,80	0,53	2,80	4,44	2,63	42,00	Franco-arenosa
FITO6	0,90	0,20	14,20	0,85	3,30	4,29	3,12	18,60	Franco-arenosa
FITO7	0,00	0,10	16,00	0,49	2,70	4,37	2,54	18,80	Franco-arenosa
FITO8	0,10	0,30	17,60	0,82	1,65	4,35	1,56	19,65	Franco-argiloarenosa
FITO9	0,70	0,00	28,60	0,51	4,50	4,04	4,23	33,80	Franco-argiloarenosa
<b>3º Horizonte</b>									
FITO1	0,70	0,40	13,80	0,42	3,00	4,57	3,66	17,90	Franco-argiloarenosa
FITO2	0,20	0,50	29,20	0,54	3,45	4,23	4,21	33,35	Franco-argiloarenosa
FITO3	0,00	0,40	26,80	0,66	3,65	4,32	4,45	30,85	Franco-argiloarenosa
FITO4	0,00	0,20	15,00	0,60	3,65	4,46	4,46	18,85	Franco-argiloarenosa
FITO5	0,70	0,20	31,60	0,46	2,90	4,65	3,59	35,40	Franco-argiloarenosa
FITO6	1,30	0,30	16,00	0,64	2,85	4,51	3,48	20,45	Franco-argiloarenosa
FITO7	0,10	0,20	28,80	0,50	2,70	4,41	3,21	31,80	Franco-arenosa
FITO8	0,10	0,20	9,80	0,51	3,40	4,50	4,16	13,50	Franco-arenosa
FITO9	0,20	0,20	38,20	0,52	5,70	4,18	6,98	44,30	Argiloarenosa
<b>4º Horizonte</b>									
FITO1	1,10	0,60	12,40	0,21	3,50	4,57	4,14	17,60	Argiloarenosa
FITO2	0,60	0,70	21,20	0,27	3,20	4,23	3,78	25,70	Argiloarenosa
FITO3	0,40	0,70	24,60	0,29	4,05	4,35	4,78	29,75	Argiloarenosa
FITO4	0,70	0,50	37,20	0,39	3,55	4,50	4,18	41,95	Argila
FITO5	2,30	0,80	38,80	0,28	3,15	4,82	3,84	45,05	Argila
FITO6	2,60	1,10	26,00	0,43	4,40	4,67	5,18	34,10	Argila
FITO7	1,10	0,30	22,60	0,37	3,80	4,49	4,48	27,80	Argila
FITO8	1,00	0,40	17,40	0,33	3,10	4,47	3,67	21,90	Argila
FITO9	0,60	0,30	26,20	0,33	6,70	4,31	7,91	33,80	Argila

**FITO1:** Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO2:** Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO3:** Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO4:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; **FITO5:** Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO6:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; **FITO7:** Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO8:** Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO9:** Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.

### Amostragem e análise do solo

As prospecções no solo foram realizadas na forma de trincheiras, nas quais primeiramente foram empregados os procedimentos de descrição morfológica do perfil, com o objetivo de garantir o padrão da mesma classe de solo. Para isso, seguiram-se os

procedimentos propostos pelo IBGE (2007). Sendo expressa nos resultados apenas a classificação do horizonte e a mensuração de sua espessura.

Foram consideradas 36 trincheiras dispostas em 18 ha, onde as amostras foram coletadas em função da conformação dos horizontes.

Amostras com estrutura alterada foram obtidas por meio de raspagem do solo com espátula e foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. As amostras com estrutura preservada, por sua vez, foram coletadas com cilindros de 5 cm de altura e 6 cm de diâmetro.

O processamento das amostras com estrutura alterada ocorreu no final dos trabalhos de campo. Enquanto isso, essas amostras foram conservadas a uma temperatura de 4°C para posterior secagem ao ar e peneiramento com malha de 2 mm (TFSA).

Os teores de nitrogênio total (N) e de carbono orgânico total (CO) foram determinados por via seca no Auto Analisador Flash EA 112 series. A análise granulométrica, realizada com o método da pipeta, como também a determinação da densidade do solo (Ds) foram realizadas conforme EMBRAPA (1997).

A mensuração dos estoques de nitrogênio (SN) e de carbono orgânico (SCO) foi realizada através da equação  $EC = (T \times Ds \times p)/10$ , onde: EC= estoque de carbono ou nitrogênio no solo ( $Mg\ ha^{-1}$ ); T= teor de nitrogênio ou carbono na camada de solo ( $g\ kg^{-1}$  solo); Ds= densidade do solo no horizonte ( $g\ cm^{-3}$ ) e p= espessura do horizonte (cm).

#### **Tratamento dos dados e métodos estatísticos uni e multivariados**

Os resultados dos diferentes atributos do solo e os SN e SCO mensurados nas fitofisionomias tiveram a normalidade verificada com os testes de Shapiro-Wilk (W) e Kolmogorov-Smirnov (K-S) com correção da significância por Lilliefors. As diferenças entre os parâmetros do solo foram avaliados por meio da análise da variância (ANOVA) com o emprego do teste de médias de Student-Newman-Keuls (SNK).

Os valores das médias dos atributos do solo de cada fitofisionomia foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA, Principal Component Analysis) conforme Marzaioli et al. (2010). A PCA é uma técnica usada para reduzir a dimensão de problemas multivariados e para a detecção dos parâmetros mais significativos que descrevam o conjunto de dados.

Assim, os atributos do solo foram submetidos a exaustivas rotinas de processamento até a obtenção de modelos validos e relativos aos teores e estoques de N e de CO com a organização de uma matriz de dados de ordem 9 x 6, com nove sítios por seis variáveis

(parâmetros). Estes dados foram autoescalados ou normalizados (escores z) em função das diferenças proporcionadas pelas unidades de medida.

Para reunir fitofisionomias semelhantes em função dos estoques de N (SN) e de CO (SOC) do perfil do solo, recorreu-se à análise de agrupamento (CA, Cluster Analysis) hierárquica. O agrupamento hierárquico unifica os parâmetros em classes ou grupos, cuja variação das observações é semelhante, sendo possível determinar o número de grupos (*clusters*) a serem diferenciados, com a maior distinção possível entre eles. Tendo em vista que os dados do solo apresentam diversas ordens de grandeza e unidades específicas de medida, recorreu-se à técnica do autoescalados (escores z) para a sua normalização.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos do solo atrelados a variação dos estoques de nitrogênio (SN) e de carbono orgânico (SCO) foram submetidos à análise de principais componentes (PCA), associando-se em dois componentes para os quatro horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico. Estes atributos identificam respostas ao uso e ocupação e aos demais fatores e processos de formação do solo. Ao longo, do trabalho os valores de N e SN seguem uma tendência similar à observada para o CO e de SCO; todavia, a discussão terá maior enfoque aos resultados obtidos para o CO e o SCO (Quadros 3 e 4, Figuras 1, 3 e 4).

**Quadro 3. Atributos físicos, químicos e morfológicos de diferentes horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias<sup>(1,2)</sup>.**

CV	Argila g.kg <sup>-1</sup>	Ds (gcm <sup>-3</sup> )	N g.kg <sup>-1</sup>	CO g.kg <sup>-1</sup>	C/N	Esp. (cm)
<b>1º Horizonte</b>						
FITO1	131,89 <sup>b</sup> (±21,67)	1,53(±0,11)	0,55 <sup>bc</sup> (±0,11)	6,47 <sup>bc</sup> (±1,51)	12,39 <sup>b</sup> (±0,20)	38,13 <sup>ab</sup> (±6,25)
FITO2	158,95 <sup>ab</sup> (±25,47)	1,55(±0,03)	0,52 <sup>bc</sup> (±0,09)	7,62 <sup>abc</sup> (±1,61)	15,20 <sup>a</sup> (±1,03)	43,00 <sup>a</sup> (±1,15)
FITO3	173,52 <sup>ab</sup> (±15,38)	1,53(±0,08)	0,45 <sup>c</sup> (±0,09)	6,01 <sup>bc</sup> (±1,14)	14,35 <sup>a</sup> (±1,18)	36,25 <sup>ab</sup> (±5,06)
FITO4	193,85 <sup>a</sup> (±37,13)	1,42(±0,04)	0,87 <sup>ab</sup> (±0,12)	10,20 <sup>ab</sup> (±0,99)	12,25 <sup>b</sup> (±1,04)	22,25 <sup>c</sup> (±3,86)
FITO5	127,24 <sup>b</sup> (±6,60)	1,51(±0,04)	0,59 <sup>bc</sup> (±0,22)	6,25 <sup>bc</sup> (±2,67)	11,65 <sup>b</sup> (±0,52)	29,38 <sup>bcd</sup> (±0,95)
FITO6	162,88 <sup>ab</sup> (±26,14)	1,46(±0,04)	0,96 <sup>a</sup> (±0,17)	10,72 <sup>a</sup> (±1,93)	11,89 <sup>b</sup> (±0,66)	30,75 <sup>bc</sup> (±2,22)
FITO7	180,60 <sup>ab</sup> (±43,47)	1,45(±0,05)	0,46 <sup>c</sup> (±0,14)	5,26 <sup>c</sup> (±2,08)	12,16 <sup>b</sup> (±1,16)	27,25 <sup>cde</sup> (±2,22)
FITO8	130,39 <sup>b</sup> (±16,12)	1,44(±0,02)	0,88 <sup>ab</sup> (±0,16)	10,02 <sup>ab</sup> (±1,66)	12,06 <sup>b</sup> (±0,69)	26,00 <sup>cde</sup> (±2,71)
FITO9	152,80 <sup>ab</sup> (±30,37)	1,51(±0,07)	0,85 <sup>ab</sup> (±0,27)	8,69 <sup>abc</sup> (±2,48)	11,26 <sup>b</sup> (±0,64)	24,00 <sup>de</sup> (±4,55)
<b>2º Horizonte</b>						
FITO1	214,47 <sup>b</sup> (±33,30)	1,49(±0,03)	0,36(±0,07)	4,65(±0,85)	12,89 <sup>abc</sup> (±0,22)	35,50 <sup>a</sup> (±4,20)
FITO2	223,79 <sup>b</sup> (±21,65)	1,49(±0,07)	0,38(±0,09)	5,26(±1,45)	13,95 <sup>ab</sup> (±0,93)	28,00 <sup>bc</sup> (±0,01)
FITO3	233,41 <sup>b</sup> (±15,09)	1,51(±0,02)	0,41(±0,04)	4,76(±0,42)	11,76 <sup>abc</sup> (±1,06)	27,00 <sup>bc</sup> (±5,83)
FITO4	202,59 <sup>b</sup> (±20,14)	1,44(±0,01)	0,46(±0,10)	6,42(±1,28)	14,12 <sup>a</sup> (±2,47)	35,75 <sup>a</sup> (±3,86)
FITO5	185,22 <sup>bc</sup> (±26,53)	1,51(±0,06)	0,40(±0,28)	4,46(±2,61)	11,43 <sup>bc</sup> (±1,41)	25,50 <sup>c</sup> (±1,00)
FITO6	190,57 <sup>bc</sup> (±11,87)	1,50(±0,03)	0,49(±0,09)	6,97(±1,19)	14,24 <sup>a</sup> (±0,07)	25,75 <sup>c</sup> (±5,56)
FITO7	133,71 <sup>c</sup> (±46,35)	1,44(±0,09)	0,33(±0,18)	4,11(±2,70)	12,11 <sup>abc</sup> (±1,23)	29,00 <sup>bc</sup> (±2,58)
FITO8	285,22 <sup>a</sup> (±16,92)	1,49(±0,05)	0,48(±0,11)	6,74(±1,71)	13,82 <sup>ab</sup> (±0,62)	26,25 <sup>bc</sup> (±0,50)
FITO9	208,33 <sup>b</sup> (±67,24)	1,43(±0,09)	0,38(±0,04)	4,23(±0,79)	11,19 <sup>c</sup> (±0,81)	37,00 <sup>a</sup> (±7,96)
<b>3º Horizonte</b>						
FITO1	200,14 <sup>bc</sup> (±37,30)	1,47(±0,05)	0,29(±0,06)	3,53(±0,82)	12,04 <sup>ab</sup> (±0,36)	49,25 <sup>a</sup> (±18,55)
FITO2	252,28 <sup>abc</sup> (±31,54)	1,47(±0,02)	0,35(±0,06)	4,53(±0,90)	12,84 <sup>ab</sup> (±1,12)	34,75 <sup>ab</sup> (±11,59)
FITO3	264,83 <sup>abc</sup> (±21,68)	1,46(±0,02)	0,42(±0,05)	5,37(±1,15)	12,57 <sup>ab</sup> (±1,49)	43,25 <sup>a</sup> (±5,74)
FITO4	312,66 <sup>ab</sup> (±50,61)	1,46(±0,03)	0,38(±0,08)	5,01(±0,98)	13,15 <sup>ab</sup> (±1,15)	16,50 <sup>b</sup> (±5,92)
FITO5	239,88 <sup>abc</sup> (±55,98)	1,47(±0,03)	0,35(±0,08)	3,75(±0,76)	10,94 <sup>b</sup> (±0,73)	29,00 <sup>ab</sup> (±1,83)
FITO6	200,21 <sup>bc</sup> (±30,63)	1,51(±0,05)	0,39(±0,06)	5,35(±0,83)	13,72 <sup>a</sup> (±1,32)	31,25 <sup>ab</sup> (±4,03)
FITO7	192,94 <sup>c</sup> (±42,85)	1,47(±0,03)	0,37(±0,06)	4,19(±0,66)	11,36 <sup>ab</sup> (±1,89)	25,50 <sup>ab</sup> (±3,51)
FITO8	182,57 <sup>c</sup> (±93,94)	1,49(±0,06)	0,31(±0,10)	4,25(±1,37)	13,79 <sup>a</sup> (±0,41)	24,00 <sup>ab</sup> (±2,83)
FITO9	340,06 <sup>a</sup> (±68,66)	1,46(±0,14)	0,39(±0,11)	4,26(±1,34)	10,76 <sup>b</sup> (±0,85)	17,25 <sup>b</sup> (±6,95)

**Quadro 3. Atributos físicos, químicos e morfológicos de diferentes horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias<sup>(1,2)</sup>.**

CV	Argila g.kg <sup>-1</sup>	Ds (gcm <sup>-3</sup> )	N g.kg <sup>-1</sup>	CO g.kg <sup>-1</sup>	C/N	Esp. (cm)
			4º Horizonte			
FITO1	371,57 <sup>ab</sup> (±40,20)	1,38(±0,08)	0,33 <sup>b</sup> (0,06)	3,76 <sup>d</sup> (±0,52)	11,52 <sup>bc</sup> (±0,37)	22,25 <sup>c</sup> (±1,71)
FITO2	352,04 <sup>b</sup> (±15,86)	1,45(±0,03)	0,37 <sup>ab</sup> (±0,08)	4,54 <sup>cd</sup> (±0,75)	12,60 <sup>abc</sup> (±1,53)	27,75 <sup>bc</sup> (±6,18)
FITO3	361,98 <sup>b</sup> (±38,17)	1,40(±0,09)	0,42 <sup>ab</sup> (±0,04)	5,17 <sup>bcd</sup> (±0,43)	12,42 <sup>abc</sup> (±0,14)	26,75 <sup>bc</sup> (±7,59)
FITO4	439,99 <sup>a</sup> (±28,84)	1,37(±0,04)	0,51 <sup>a</sup> (±0,10)	7,02 <sup>ab</sup> (±0,89)	14,03 <sup>ab</sup> (±1,52)	20,50 <sup>c</sup> (±0,58)
FITO5	422,48 <sup>ab</sup> (±23,62)	1,39(±0,06)	0,44 <sup>ab</sup> (±0,10)	4,85 <sup>cd</sup> (±0,81)	11,14 <sup>c</sup> (±0,67)	40,75 <sup>a</sup> (±1,26)
FITO6	437,12 <sup>a</sup> (±33,22)	1,39(±0,04)	0,54 <sup>a</sup> (±0,03)	7,77 <sup>a</sup> (±1,18)	14,47 <sup>a</sup> (±1,38)	36,50 <sup>ab</sup> (±2,89)
FITO7	416,18 <sup>ab</sup> (±21,15)	1,40(±0,06)	0,53 <sup>a</sup> (±0,11)	6,53 <sup>abc</sup> (±1,44)	12,29 <sup>abc</sup> (±0,51)	28,75 <sup>bc</sup> (±9,67)
FITO8	406,50 <sup>ab</sup> (±20,16)	1,41(±0,01)	0,46 <sup>ab</sup> (±0,05)	6,02 <sup>abc</sup> (±1,29)	13,16 <sup>abc</sup> (±2,25)	46,50 <sup>a</sup> (±4,51)
FITO9	441,78 <sup>a</sup> (±53,90)	1,40(±0,10)	0,49 <sup>a</sup> (±0,06)	5,87 <sup>abc</sup> (±0,90)	11,93 <sup>abc</sup> (±0,99)	21,25 <sup>c</sup> (±5,91)

Valores entre parêntese referem-se ao desvio padrão da média (n=4). <sup>(2)</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, dentro de cada horizonte do solo, não diferem entre si pelo teste SNK (p≤0,05). **FITO1:** Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO2:** Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO3:** Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO4:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; **FITO5:** Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO6:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; **FITO7:** Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO8:** Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO9:** Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado. **Ds:** Densidade do solo. **N:** Nitrogênio total. **CO:** Carbono orgânico total. **C/N:** Relação C/N. **Esp:** Espessura do Horizonte.

Para o horizonte superficial, a PCA considerou dois fatores responsáveis por 91,50% da variação dos dados representativos do padrão geral das áreas de estudo. A componente principal um (PC<sub>1</sub>) explica 58,65% da variação total dos dados, sendo que os teores de CO e N, densidade do solo (Ds), teor de argila e a espessura do horizonte foram os parâmetros que apresentaram maior contribuição para sua variação. Os teores de CO e N apresentaram forte correlação entre si; estes elementos relacionam-se também ao teor de argila, como observado por Parton et al. (1987) e Tiessen et al. (1994) (Quadro 4, Figura 1). A variação desses atributos do solo influencia a formação de complexos organominerais mais estáveis, protagonistas da mitigação das perdas de CO e N (Nichols, 1984; Stevenson, 1994; Hassink, 1997). Isso indica a resposta do solo a humificação do material orgânico oriundo da deposição e decomposição da serrapilheira, troncos e raízes, como também exudação de complexos orgânicos pelo sistema radicular (Moreira & Siqueira, 2006). A densidade do solo (Ds) e a espessura do horizonte, por sua vez, estão relacionadas aos organismos, material de origem, relevo e o clima (Jenny, 1941; Anjos et al., 1998) como também aos processos pedogenéticos correntes durante a formação do solo.

**Quadro 4. Descritores da variabilidade de atributos do solo (variância acumulada) dos diferentes horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico.**

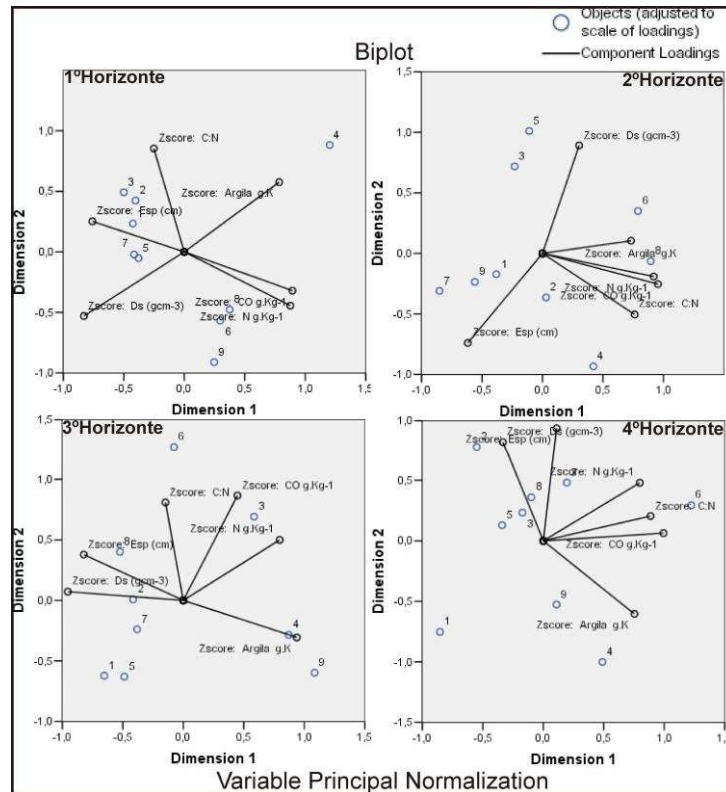
Parâmetro	Total (coordenadas do vetor)	
	Dimensão	
	1	2
	1º Horizonte	
Zscore Argila g.Kg <sup>-1</sup>	0,615	0,332
Zscore Ds gcm <sup>-3</sup>	0,688	0,281
Zscore N g.Kg <sup>-1</sup>	0,767	0,198
Zscore CO g.Kg <sup>-1</sup> :	0,799	0,103
Zscore C/N:	0,064	0,730
Zscore Esp (cm):	0,577	0,063
Variância acumulada %	58,65	32,85

**Quadro 4. Descritores da variabilidade de atributos do solo (variância acumulada) dos diferentes horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico.**

Parâmetro	Total (coordenadas do vetor)	
	Dimensão	
	1	2
	<b>2º Horizonte</b>	
Zscore Argila g.Kg <sup>-1</sup>	0,535	0,110
Zscore Ds gcm <sup>-3</sup>	0,092	0,795
Zscore N g.Kg <sup>-1</sup>	0,844	0,037
Zscore CO g.Kg <sup>-1</sup> :	0,910	0,065
Zscore C/N:	0,580	0,255
Zscore Esp (cm):	0,381	0,546
Variância acumulada %	55,68	28,46
	<b>3º Horizonte</b>	
Zscore Argila g.Kg <sup>-1</sup>	0,880	0,093
Zscore Ds gcm <sup>-3</sup>	0,911	0,005
Zscore N g.Kg <sup>-1</sup>	0,634	0,249
Zscore CO g.Kg <sup>-1</sup> :	0,200	0,750
Zscore C/N:	0,022	0,655
Zscore Esp (cm):	0,676	0,143
Variância acumulada %	55,99	31,59
	<b>4º Horizonte</b>	
Zscore Argila g.Kg <sup>-1</sup>	0,567	0,365
Zscore Ds gcm <sup>-3</sup>	0,111	0,677
Zscore N g.Kg <sup>-1</sup>	0,636	0,230
Zscore CO g.Kg <sup>-1</sup> :	0,986	0,004
Zscore C/N:	0,786	0,042
Zscore Esp (cm):	0,012	0,879
Variância acumulada %	51,64	36,605

**Zscore Argila g.kg<sup>-1</sup>**: valor normalizado de argila. **Zscore Ds gcm<sup>-3</sup>**: valor normalizado de densidade do solo. **Zscore N g.kg<sup>-1</sup>**: valor normalizado de nitrogênio total. **Zscore CO g.kg<sup>-1</sup>**: valor normalizado de carbono orgânico total. **Zscore C/N**: valor normalizado da relação C/N. **Zscore Esp (cm)**: valor normalizado de espessura do horizonte do solo.

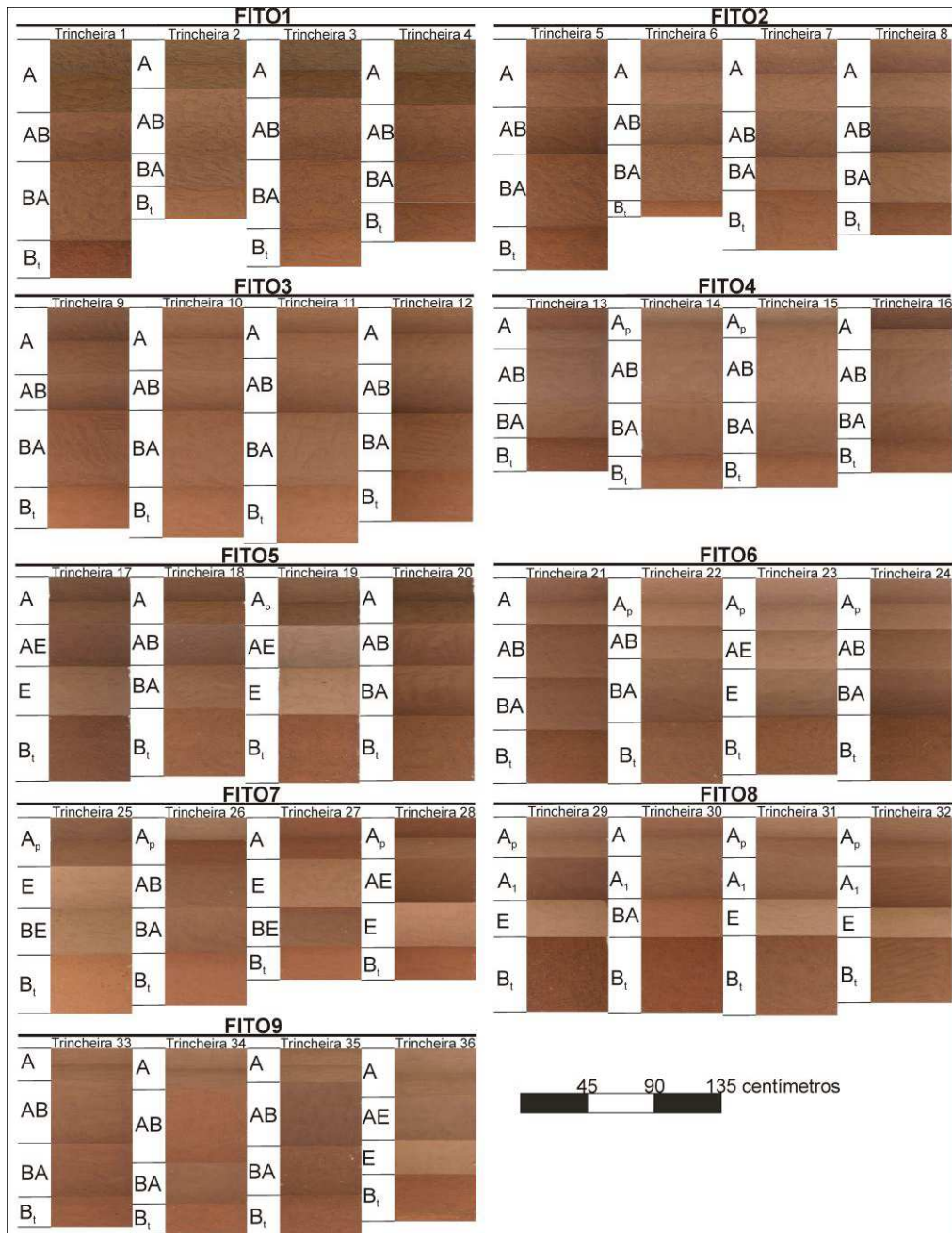
A disposição dos horizontes A e A<sub>p</sub>, descritos na floresta de *Eucalyptus grandis* com 4 anos (FITO6), A<sub>p</sub> na floresta de *Eucalyptus saligna* com 6 anos (FITO 8) e A descrito na floresta mista de *Pinus* com dez anos (FITO 9) em função da CP<sub>1</sub> sugerem que estas glebas possuam as melhores condições para o acúmulo de CO e N. O horizonte A das florestas maduras de *Eucalyptus robusta* com 35 anos (FITO 3), *Eucalyptus* com 35 anos (FITO2) e a floresta nativa em estágio médio de regeneração (FITO 1) apresentaram melhor associação quanto à relação C/N principal constituinte da CP<sub>2</sub>, que responde por 32,85% da variância dos dados. Os valores da C/N, configuram uma resposta do solo às décadas de ocupação, principalmente por parte dos cultivos de *Eucalyptus* (Quadro 4, Figuras 1e 2).



**Figura 1. Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) para os quatro horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, com seis variáveis, sob nove fitofisionomias. Zscore Argila g.kg<sup>-1</sup>: valor normalizado de argila. Zscore Ds gcm<sup>-3</sup>: valor normalizado de densidade do solo. Zscore N g.kg<sup>-1</sup>: valor normalizado de nitrogênio total. Zscore CO g.kg<sup>-1</sup>: valor normalizado de carbono orgânico total. Zscore C/N: valor normalizado da relação C/N. Zscore Esp (cm): valor normalizado da espessura do horizonte do solo. 1: Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; 2: Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; 3: Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; 4: Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; 5: Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; 6: Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; 7: Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; 8: Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; 9: Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.**

Os dois principais fatores do segundo horizonte respondem por 84,14% da variação dos dados. O teor de CO e N, a C/N e o teor de argila possuem a maior influência sobre a CP<sub>1</sub>, sendo responsável por 55,68% da variação dos dados. Os teores de CO e N apresentaram forte correlação, estando associados à relação C/N e ao teor de argila. Pode-se inferir que a

explicação para a CP<sub>1</sub> está atrelada à variação da deposição do material orgânico oriundo do horizonte superficial, principalmente de formas mais solúveis e reativas como os ácidos fúlvicos (Schaerfer et al., 2002), como também à exploração radicular do horizonte com consequente exsudação de complexos orgânicos e rizodeposição de componentes orgânicos (Moreira & Siqueira, 2006) (Quadro 4, Figuras 1e 2).



**Figura 2. Representação e classificação morfológica de horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias. FITO1: Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, n° 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; FITO2: Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob**

**relevo plano; FITO3: Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; FITO4: Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; FITO5: Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO6: Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; FITO7: Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO8: Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO9: Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.**

Os horizontes AB da FITO 2 e AB e A<sub>1</sub> da FITO 4, FITO 6 e FITO 8 apresentam as melhores condições para o acúmulo de CO e N. As fitofisionomias FITO 1, FITO 3, floresta de *Acacia mearnsii* com sete anos (FITO 5), campo antrópico com mais de 35 anos (FITO 7) e a FITO9 agrupam-se em função da D<sub>s</sub> e espessura do horizonte. Estas duas variáveis contribuem substancialmente para a CP<sub>2</sub>, responsável por 28,46% da variação dos dados. Trata-se da resposta às interações dos fatores e processos pedogenéticos, como observado na conformação morfológica dos horizontes AB, AE e E, descritos em perfis de solo destas áreas (Quadro 4, Figuras 1e 2).

O terceiro horizonte tem 87,58% da variação dos dados atrelados aos dois primeiros componentes. A D<sub>s</sub>, o teor de argila, a espessura do horizonte e o teor de N tiveram a maior contribuição para a CP<sub>1</sub>, sendo responsável por 55,99% da variação dos dados (Quadro 4). O teor de argila encontra-se dentre os principais aspectos relacionados à estrutura do solo, fator determinante para a D<sub>s</sub> (Ferreira, 2010). A variação deste atributo do solo confere reflexos diretos a D<sub>s</sub> e é determinante para a formação de complexos compostos nitrogenados, os quais reduzem a decomposição e mineralização do N (Moreira & Siqueira, 2006). A espessura do horizonte, por sua vez, está atrelada à variação das repostas aos fatores e processos de formação dos solos.

A CP<sub>2</sub> do terceiro horizonte tem como principais colaboradores, para a variação de 31,59% dos dados, o teor de CO e a relação C/N, os quais apresentam correlação e são reflexos da exploração radicular e o transporte de CO oriundo dos horizontes superficiais (Schaerfer et al., 2002; Moreira & Siqueira, 2006)(Quadro 4, Figura 1).

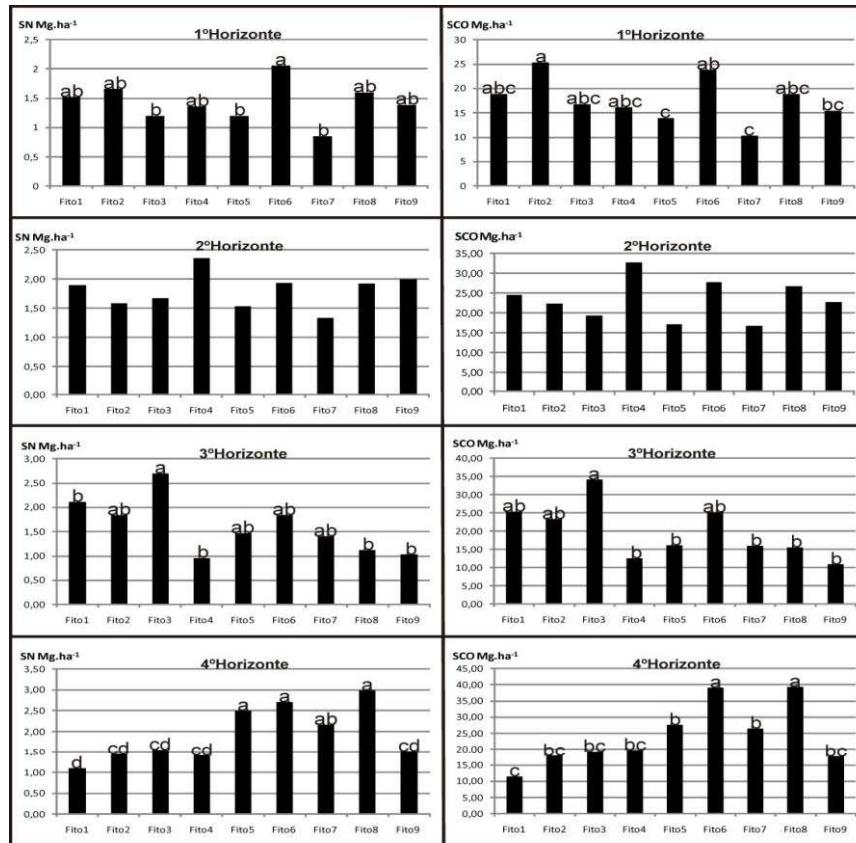
Os horizontes BA da FITO3 e da floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos (FITO4) e BA e E da FITO9 apresentam melhor associação aos valores de D<sub>s</sub>, argila, espessura do horizonte e o teor de N. Os horizontes BA da FITO2 e BA e E da FITO6 e FITO8 possuem as melhores condições para o acúmulo de CO, em função da maior relação C/N, a qual é



responsável pela menor decomposição da MOS (Moreira & Siqueira, 2006) (Quadro 4, Figuras 1 e 2).

Para o horizonte B<sub>t</sub> os dois primeiros componentes da PCA são responsáveis por 88,24% da variação dos dados. A relação dos teores de N e CO em conjunto com a relação C/N e o teor de argila são os maiores colaboradores da CP<sub>1</sub> responsável por 51,64% da variação dos dados. A CP<sub>2</sub> por sua vez responde por 36,60% da variação dos dados, tendo como protagonistas a D<sub>s</sub> e a espessura do horizonte. Estas variáveis apresentam resultados semelhantes para a FITO 2, FITO 3, FITO 5 e FITO 8. A conformação desta componente não promove boas condições para a formação do dreno de nitrogênio e carbono orgânico ao contrário da CP<sub>1</sub>, para a qual a mensuração de seus principais promotores revelou que a FITO 7 e FITO 6 apresentam boas condições para a captura do nitrogênio e carbono orgânico no solo. Essa condição está atrelada ao aporte de argila e matéria orgânica transferidos por eluviação dos horizontes BA, BE e E, como também a elevada relação C/N da MOS (Quadro 4, Figuras 1 e 2).

A mensuração dos estoques de nitrogênio (SN) e de carbono orgânico (SCO) nos diferentes horizontes do solo indicou respostas apenas na superfície do solo às alterações da cobertura vegetal original nas últimas quatro décadas. Para este horizonte, se comparada a FITO 1 às demais fitofisionomias, o processo de conversão de terras seguiu o padrão de degradação da MOS e conseqüente decréscimo nos teores e estoques de N e CO apenas nas terras ocupadas pela floresta de *Acacia Mearnsii* (FITO 5) e no campo antrópico (FITO 7) (Quadros 2 e 3, Figura 3). Cabe salientar que a FITO 1 tem caráter secundário, estando no estágio médio de regeneração (Brasil, 1994), como observado em grande parte das florestas nativas da região central do Estado do Rio Grande do Sul.



**Figura 3.** Estoques de nitrogênio (SN) e carbono orgânico (SCO) de horizontes do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, sob nove fitofisionomias. Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste SNK ( $p \leq 0,05$ ). FITO1: Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; FITO2: Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; FITO3: Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; FITO4: Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; FITO5: Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO6: Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; FITO7: Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO8: Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO9: Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.

Assim, a FITO6 possui o maior estoque de nitrogênio (SN) no horizonte A e  $A_p$  e o segundo maior estoque de carbono orgânico (SCO). Esses resultados estão atrelados aos maiores teores de N e CO registrados no horizonte, fruto principal do aporte e transformação do material orgânico, o qual é evidenciado pelo teor de P mensurado no horizonte, uma vez que o solo apresenta condições limitadas de fertilidade com baixo pH e CTC, e valores

consideráveis de acidez potencial (H+Al) e teor alumínio (Figuras 2 e 3, Quadros 2 e 3). Isso limita a atividade biológica e consequentemente contribui para a redução na biotransformação da MOS (Canellas, 2007).

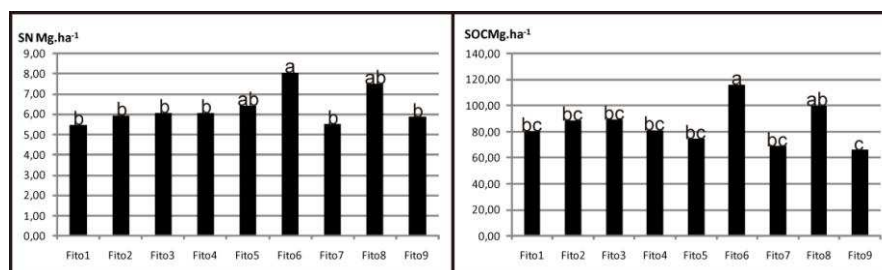
O maior SCO do horizonte superficial foi mensurado no horizonte A da FITO 2, mesmo que esta fitofisionomia (em conjunto com a FITO3) possua a maior relação C/N, reflexo do incremento e qualidade dos resíduos durante 35 anos. O estoque está atrelado principalmente à maior espessura do horizonte superficial 12,25cm superior ao A e A<sub>p</sub> descritos na FITO6 (Figuras 2 e 3, Quadros 2 e 3).

Não foram detectadas diferenças no SN e SCO do segundo horizonte do solo (Figura 3). As alterações observadas na relação C/N indicam que não houve uma resposta do solo aos cultivos estabelecidos nas últimas quatro décadas, mas sim à herança de CO oriundo de coberturas vegetais “antigas”, não contempladas neste estudo. Tendo em vista que o comportamento da C/N do solo sob florestas maduras não seguiu o padrão observado no horizonte superficial (Quadros 1 e 3).

Foram observadas alterações no SN e SCO do terceiro horizonte, com a mensuração dos maiores valores no horizonte BA da FITO 3. Esse resultado deve-se principalmente à espessura do horizonte. Para o SCO destacam-se também os horizontes AB da FITO 1 e FITO 2, e AB e E da FITO 6 nessas fitofisionomias o SOC está atrelado principalmente a relação C/N e à espessura do horizonte (Quadro 3, Figura 3).

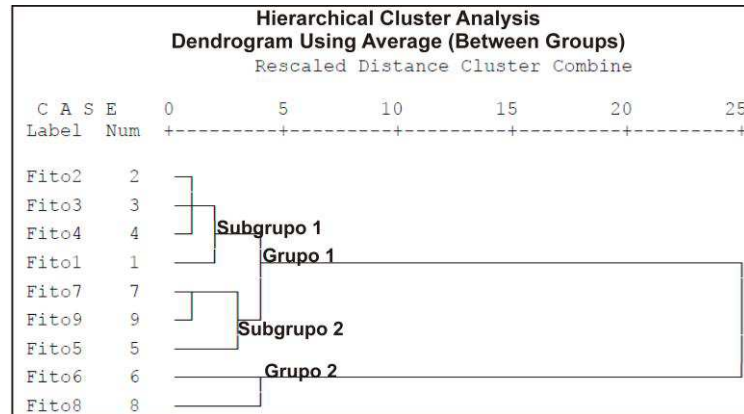
O B<sub>t</sub> descrito nos perfis de todas as áreas de estudo apresentou o maior SN nas terras ocupadas pela FITO 5, FITO 6 e FITO 8. Esses resultados sugerem a forte influência do teor de argila e de N concomitantemente com a espessura do horizonte sobre o SN (Figura 3, Quadro 3). O acúmulo argila e N neste horizonte tem conformação atrelada a processo de argiluviação e os processos de migração de óxidos de ferro e MOS que dominam a pedogênese, sendo evidente a formação do E às expensas do B<sub>t</sub> (Figura 2). Assim o horizonte E apresenta cores mais claras devido à perda de argila, óxidos de ferro, ou matéria orgânica para o horizonte B (Streck, 2008).

A FITO6 e a FITO8 apresentam os maiores SCO no B<sub>t</sub> fruto dos elevados teores de CO e argila, e valores da relação C/N, como também da espessura do horizonte (Figura 3, Quadro 3).



**Figura 4. Estoques de nitrogênio (SN) e carbono orgânico (SCO) de perfis do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias. Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste SNK ( $p \leq 0,05$ ). FITO1: Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, n° 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; FITO2: Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; FITO3: Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; FITO4: Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; FITO5: Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO6: Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; FITO7: Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO8: Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO9: Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.**

Os valores do SN e do SCO mensurados no perfil do solo representam o padrão semelhante ao observado nos horizontes, possibilitando a distinção de dois grupos de terras. O primeiro grupo apresenta dois subgrupos. Os resultados obtidos para o subgrupo 1 vão de encontro as observações feitas por Richter et al. (1999), os quais descrevem que, num solo arenoso de textura grossa e minerais de argila de baixa atividade, houve redução do acúmulo de CO sob floresta secundária com 40 anos de idade no sudeste dos Estados Unidos, apesar do elevado aporte de resíduos orgânicos no piso florestal (Figura 5, Quadro 2). Deve-se salientar também, que o desenvolvimento dos perfis descritos na FITO 1, FITO 2 e FITO 3 (Figura 2) contribui com melhores condições para a decomposição da MOS, através da maior respiração dos organismos e do sistema radicular das plantas; função do fluxo de CO<sub>2</sub> que ocorre por difusão e por fluxo de massa, que se dá através da mistura com o ar. Tendo em vista a menor concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera o fluxo é ascendente solo-atmosfera (Ball & Smith, 1991). A inclusão da FITO 4 neste subgrupo é fruto principalmente do relevo ondulado, o qual contribui para a maior condição de umidade no perfil no solo (Quadro 2).



**Figura 5. Dendrograma mostrando o agrupamento das nove fitofisionomias em função dos estoques de nitrogênio (SN) e de carbono orgânico (SCO) de perfis do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico. FITO1: Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; FITO2: Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; FITO3: Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; FITO4: Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; FITO5: Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO6: Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; FITO7: Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO8: Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; FITO9: Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.**

O Subgrupo 2 é composto por terras sob o mesmo relevo, com áreas ocupadas pelo campo antrópico e por florestas jovens do gênero *Pinus* e de *Acacia mearnsii* implantadas em áreas anteriormente ocupadas pelo campo antrópico (Figura 5, Quadro 2).

O segundo grupo é composto por terras ocupadas por florestas jovens do gênero *Eucalyptus*, das quais a FITO 6 apresenta os maiores valores de SN e SCO mensurados no perfil do solo. De maneira geral, este resultado está atrelado aos maiores teores de N e CO mensurado nos horizontes A-A<sub>p</sub> e no B<sub>t</sub>, como também a maior relação C/N registrada nos horizontes AB-A<sub>1</sub>, BA-E e B<sub>t</sub>. Deve-se ressaltar que a origem desses valores é relacionada principalmente a heranças de coberturas vegetais antigas, como observado por Desjardins et al. (1991) no Cerrado brasileiro, do que ao próprio povoamento. A sua condição de relevo ondulado, também contribui para a melhor condição de umidade do perfil (Lal, 2006) (Figuras 2 e 5, Quadro 2).

## CONCLUSÕES

Os teores e estoques de nitrogênio e carbono orgânico do horizonte superficial do solo apresentam alterações frente à introdução de florestamentos e do campo antrópico sobre áreas de Floresta Estacional Decidual, havendo decréscimo principalmente em terras ocupadas pela floresta de *Acacia Mearnsii* e campo antrópico.

A conformação dos estoques de nitrogênio e carbono orgânico no perfil do solo teve maior influência dos demais fatores e processos de formação do solo do que a ocupação das terras nas últimas quatro décadas.

## REFERÊNCIAS

- ABRÃO, P. U. R.; GIANLUPPI, D.; AZOLIN, M. A. D. **Levantamento semi-detalhado dos solos da estação experimental de silvicultura de Santa Maria**. Porto Alegre: IPRNR, 1988. 75 p.
- ANJOS, L.H. et al. Landscape and pedogenesis of na Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in Southeastern Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 62, p.1651-1658, 1998.
- BALL, B.C. & SMITH, K.A. Gas movement. In: SMITH, K.A. & MULLINS, C.E. **Soil analysis: Physical methods**. New York, Marcel Dekker, 1991. p.511-549.
- BATJES, N.H.. **Management options for reducing CO2 concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil**. Bilthoven: Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, NRP Report, 1999. (Nota Técnica, nº410-200-03130)
- BATJES, N.H. Soil carbon stocks of Jordan and projected changes upon improved management of croplands. **Geoderma**, v.132, p.361–371, 2006.
- BATJES, N. H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, v. 47, n. 2, p. 151-163, 1992.
- BAUMGARTL, T. & HORN, R. Effect of aggregate stability on soil compaction. **Soil Till. Res.**, v. 19, p.203-213, 1991.
- BRASIL. **Levantamento de reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30)
- BRASIL. **Resolução nº 33 de 12/94**. CONAMA, Brasília: IBAMA, 1994.
- CANELLAS, L.P. et al. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.31, n.2. 2007.

- DESJARDINS, T. et al. Distribution de l'isotope  $^{13}\text{C}$  dans des sols ferrallitiques Du Brésil. **Cah. Orstom, Sér. Pedol.**, v.26, p.343-348, 1991.
- DESJARDINS, T. et al. Organic carbon and  $^{13}\text{C}$  contents in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazônia. **Geoderma**, v.61, p.103–18, 1994.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. **Defining soil quality for a sustainable environment**. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-22.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 211 p.
- ESTADOS UNIDOS. **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2ed. Washington: Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff, 1999. 869p.
- FANNING & FANNING, M.C.B. **Soil morphology, genesis, and classification**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 395p.
- FERREIRA, M. M. Caracterização Física do solo. In: Jong van Lier, Quirijn de. **Física do Solo**. Viçosa: SBCS, 2010. p. 1-28.
- HASSETT, J. J. & BANWART, W. L. **Soils & their environment**. New Jersey: Prentice-Hall, 1992. 427 p.
- HASSINK, J. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with Clay silt particles. **Plant e Soil**, v.191, p. 77-87. 1997.
- IBGE. **Mapa de Bioma do Brasil: 1ª aproximação**. Escala 1:5.000.000. 2004a.
- IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil**. Escala 1:5.000.000. 2004b.
- IBGE. **Carta Santa Maria SH 22-V-C: Geologia**. Escala 1:250.000. 2003.
- IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p.
- JENNY, H. **Factors of soil formation: A system of quantitative pedology**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.
- LAL, R. Soil carbon sequestration in Latin America. In: Lal, R. et al. **Carbon sequestration in soils of Latin America**. Binghamton: Haworth Press, 2006. p. 49-64.
- MARZAIOLI, R. et al. Soil quality in Mediterranean área of Southern Italy as related to different land use types. **Applied Soil Ecology**. v.44, p.205-212, 2010.

- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, 1961. 46p.
- MOREIRA, F.M. de S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. atual. e ampl. Lavras: Ufla, 2006. 729p.
- NICHOLS, J.D. Relation of organic carbon to soil properties and climate in the southern Great Plains. **Soil Sci. Soc. Am.J.**, v.48, p.1382-1384, 1984.
- PARTON, W.J. et al. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. **Soil Sci. Soc. Am.J.**, v.51, 1173–1179, 1987.
- RESENDE, M. et al. **Mineralogia de solos brasileiros: Interpretação e aplicações**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 192p.
- RICHTER, D.D. et al. Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest. **Nature**, v.400, p.56–7, 1999.
- SAMPSON, R.N. & SCHOLLES, R.J., Additional human-induced activities. In: Watson, R.T., et al. **Land Use, Land-Use Change, and Forestry**. Cambridge: University Press, 2000, p. 183–281.
- SCHAEFER, C.E.R. et al. Perdas de solo, nutrientes e matéria orgânica e efeitos microestruturais em um Argissolo Vermelho-amarelo sob chuva simulada. **Pesq. agropec. bras.**, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.
- SHAW, C. H.; BOYLE, J. R.; OMULE, A. Y. Estimating Forest Soil Carbon and Nitrogen Stocks with Double Sampling for Stratification. **Soil Sci. Soc. Am.J.**, v.72, n.6, p.1611-1620, 2008.
- SKJEMSTAD, J.O.; LE FEUVRE, R.P.; PREBBLE, R.E. Turnover of soil organic matter under pasture as determined by <sup>13</sup>C natural abundance. **Australian Journal of Soil Research**, v.28, p.267-276, 1990.
- SOARES, J.CW. et al. **Relação solo-paisagem e sua variação temporal numa Estação Experimental de Silvicultura**. (no prelo)
- STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: Genesis, composition, reactions**. 2ed. New York: John Wiley, 1994. 496p.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/ASCAR 2008. 222p.
- TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter stability in soil fertility and agriculture potential. **Nature**, v.371, p.783-785, 1994.



### ARTIGO 3 - FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO APÓS A INTRODUÇÃO DE FITOFISIONOMIAS ANTRÓPICAS

#### RESUMO

As mudanças nas distintas frações da matéria orgânica do solo (MOS) sob cultivos florestais e campo antrópico são pouco conhecidas ainda. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da introdução dessas fitofisionomias antrópicas sobre as frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho distrófico úmbrico da região central do Rio Grande do Sul, na transição entre os biomas da Mata Atlântica e do Pampa. Para atender a essa demanda foram determinados os teores de nitrogênio total (TN g.kg<sup>-1</sup>), carbono orgânico total (COT g.kg<sup>-1</sup>), nitrogênio particulado (PN g.kg<sup>-1</sup>), carbono orgânico particulado (POC g.kg<sup>-1</sup>), nitrogênio associado aos minerais (MN g.kg<sup>-1</sup>), carbono orgânico associado aos minerais (MCO g.kg<sup>-1</sup>), e as relações POC:COT, COT:TN e POC:P da MOS em amostras de solo, coletadas no horizonte superficial de uma floresta em estágio médio de regeneração e no campo antrópico com mais de 35 anos, como também nas florestas mista do gênero *Eucalyptus* e de *Eucalyptus robusta* com 35 anos, de *Eucalyptus grandis* com 4 e 21 anos, de *Acacia Mearnsii* com 7 anos, de *Eucalyptus saligna* com 6 anos e do gênero *Pinus* com 10 anos. O estudo foi realizado na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria. As variáveis analisadas foram submetidas a duas abordagens sintéticas: univariada com a aplicação da ANOVA e teste de médias de Student-Newman-Keuls (SNK) com  $p \leq 0,05$ , e multivariada com o emprego da PCA (Principal Component Analysis). Os resultados indicaram que a introdução de fitofisionomias antrópicas nas últimas quatro décadas alterou a conformação da MOS do horizonte superficial do solo, além da distribuição da POC ao longo desse horizonte. Foi constatada também a maior sensibilidade da POC à introdução de fitofisionomias antrópicas frente aos teores totais de nitrogênio e carbono orgânico, e as frações associadas aos minerais.

**Palavras-chave:** fracionamento físico da matéria orgânica do solo, Mata Atlântica e Pampa, dinâmica de uso e ocupação do solo e indicador de qualidade do solo.

# FRACTIONS OF ORGANIC MATTER OF ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO ÚMBRICO AFTER INTRODUCTION OF ANTHROPOGENIC FITOFISIONOMYS

## ABSTRACT

Changes in various fractions of soil organic matter (SOM) in forest and grasslands are little known. Thus, this study aimed to evaluate the effects of introducing these anthropogenic fitofisionomys on fractions labile and stable of organic matter in a Argissolo Vermelho distrófico úmbrico of the central region of Rio Grande do Sul, in the transition between the biomes Atlantic Forest and Pampa. Were determined or total nitrogen (TN  $\text{g.kg}^{-1}$ ), total organic carbon (TOC  $\text{g.kg}^{-1}$ ), particulate nitrogen (PN  $\text{g.kg}^{-1}$ ), particulate organic carbon (POC  $\text{g.kg}^{-1}$ ), associated with mineral nitrogen (MN  $\text{g.kg}^{-1}$ ), organic carbon associated with minerals (MCO  $\text{g.kg}^{-1}$ ), and relations POC:TOC, COT:TN and POC:P of MOS. Soil samples were collected at the surface horizon of a forest in the intermediate stage of regeneration and grasslands with more than 35 years, and also in mixed forests of *Eucalyptus* and *Eucalyptus robusta* with 35 years, *Eucalyptus grandis* with 4 and 21 years, *Acacia mearnsii* with 7 years, *Eucalyptus saligna* and 6 years with the genus *Pinus* to 10 years. The study was conducted at the Forestry Experimental Station of Santa Maria. The variables were subjected to two synthetic approaches: the application of univariate ANOVA and means comparison by Student-Newman-Keuls (SNK) at  $p \leq 0.05$ , and multivariate analysis with the use of PCA (Principal Component Analysis). The results indicated that the introduction of anthropogenic vegetation types in the last four decades has changed the conformation of the MOS surface horizon and the distribution of POC along this horizon. It was also found higher sensitivity of the POC introduction of anthropogenic vegetation types compared to the total content of nitrogen and organic carbon fractions and associated minerals.

**Keywords:** physical fractionation of soil organic matter, Mata Atlântica and Pampa, dynamics of land-use and land-cover, indicator of soil quality.

## INTRODUÇÃO

A conversão de um sistema de ocorrência natural em um sistema a qual cultivo geralmente leva à degradação e redução da matéria orgânica do solo (MOS), que em regiões temperadas pode chegar a 60%, e em regiões tropicais a 75% de seus estoques originais (Lal, 2004; Lal, 2006).

Dentre os fatores responsáveis pela conformação da MOS, a cobertura vegetal tem destaque em função do depósito de resíduos no solo. Conforme Moreira & Siqueira (2006), o

material depositado no solo sofre diversas transformações alcançando um novo equilíbrio. Cerca de 60 a 70% do carbono aportado no solo são respirados, ou seja, mineralizados a CO<sub>2</sub>, 25 a 30% ficarão na forma de biomassa e em substâncias não humificadas e de 5 a 10% retidos na fração húmica.

Muitos estudos utilizam o teor de carbono orgânico total (COT) para a avaliação das alterações na matéria orgânica do solo em função das mudanças no uso da terra, mas nem sempre estas alterações são devidamente refletidas pelos valores do COT (Roscoe & Buurman, 2003). Dessa maneira, muitos protocolos laboratoriais foram desenvolvidos para melhorar a caracterização da MOS, principalmente por meio do seu fracionamento que consiste em separar diferentes componentes da MOS por meio de métodos químicos e físicos.

Mesmo com o avanço dos métodos químicos de fracionamento da MOS, poucos avanços foram feitos para a identificação das alterações de seus compartimentos em função do manejo do solo (Cambardella & Elliott, 1992; Christensen, 1992). Em contraponto, o fracionamento físico da MOS tem se mostrado promissor para o estudo da pedogênese de organominerais, das melhorias nas propriedades físicas do solo e do impacto da agricultura na qualidade da MOS, através da avaliação das frações lábil e estável (Longo & Espíndola, 2000; Roscoe & Machado, 2002).

A fração lábil da MOS é composta por materiais facilmente disponíveis para a decomposição por microorganismos, como folhas, raízes e restos de animais. A fração estável por sua vez, é aquela associada aos minerais, conhecida também como complexos organominerais (Duxbury et al., 1989; Cambardella & Elliott, 1992; Stevenson, 1994).

No Estado do Rio Grande do Sul, é crescente o avanço dos cultivos florestais em áreas dominadas pelos biomas da Mata Atlântica e do Pampa. Onde as alterações na paisagem ocasionadas pela introdução dessas fitofisionomias antrópicas recebem atribuições diversas quanto à conformação dos seus impactos ambientais sobre os diferentes componentes da paisagem, principalmente sobre o componente solo.

Assim, faz-se necessária a identificação de respostas do solo a introdução dos florestamentos, sendo que a avaliação dos diferentes compartimentos MOS pode contribuir com importantes resultados para o estudo dos impactos ambientais destas fitofisionomias sobre o solo.

O objetivo deste estudo foi de avaliar os efeitos da introdução de fitofisionomias antrópicas sobre as frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho

distrófico úmbrico da região central do Rio Grande do Sul, na transição entre os biomas da Mata Atlântica e do Pampa

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do meio biofísico

O presente estudo foi realizado na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria (FEPAGRO FLORESTAS), localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, nas coordenadas UTM 216.000 e 220.000 E e 6.713.000 e 6.717.000 S (sistema geodésico SAD 69, Fuso 22). As terras da estação experimental encontram-se sob o domínio da Tensão Ecológica com Atividades Agrárias, contato entre os biomas brasileiros da Mata Atlântica e do Pampa (IBGE, 2004a; IBGE, 2004b). Nessas terras predomina o relevo suave ondulado (Abrão et al., 1988), sob influência do clima subtropical úmido do tipo Cfa, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com precipitação média anual de 1546 mm e temperatura média anual de 19° C (Moreno, 1961).

Os padrões de vegetação, relevo e clima em conjunto com as rochas da Formação Serra Geral e da Formação Botucatu (IBGE, 2003) dão origem ao Argissolo Vermelho distrófico úmbrico (EMBRAPA, 2006) ou Paleudult (EUA - Soil Survey Staff, 1999). Estudos preliminares revelaram a ocorrência de nove coberturas vegetais distintas sobre essa classe de solo, ou seja, a ocupação ocorre por fitofisionomias natural e antrópicas representativas da paisagem regional e da silvicultura do Rio Grande do Sul. Esses estudos foram realizados por meio do cruzamento do modelo numérico do terreno, gerado a partir da imagem da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), melhorada por interpolação, com o mapa temático de solos da estação experimental adaptado de Abrão et al., (1988), e os Mapas de Cobertura Vegetal dos anos de 1987 e 2009 todos na escala 1:5.000 (Soares et al., 2010). Foi realizada também a verificação de campo e a consulta à equipe de gestão da estação experimental, com o objetivo de registrar informações não contempladas durante as rotinas de geoprocessamento. Esses procedimentos derivaram a dinâmica de ocupação das terras e o padrão geomorfológico das áreas em estudo (Quadro 1).

**Quadro 1. Caracterização das fitofisionomias estabelecidas no Argissolo Vermelho distrófico úmbrico.**

Fitofisionomias/ Cobertura Vegetal	Sigla	Idade (anos)	Relevo
Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994)	FITO1	+ de 35	Plano
Floresta mista do gênero <i>Eucalyptus</i>	FITO2	35	Plano
Floresta de <i>Eucalyptus robusta</i>	FITO3	35	Plano
Floresta de <i>Eucalyptus grandis</i>	FITO4	21	Ondulado
Floresta de <i>Acacia Mearnsii</i>	FITO5	7	Suave ondulado
Floresta de <i>Eucalyptus grandis</i>	FITO6	4	Ondulado
Campo antrópico	FITO7	+ de 35	Suave ondulado
Floresta de <i>Eucalyptus saligna</i>	FITO8	6	Suave ondulado
Floresta mista do gênero <i>Pinus</i>	FITO9	10	Ondulado

**Amostragem e análise do solo**

Foram coletadas amostras de solo com estrutura alterada em duas subdivisões do horizonte superficial de 36 trincheiras dispostas em 18 ha. Essas subdivisões foram distintas conforme a variação de características morfológicas do solo, avaliadas de acordo com os procedimentos preconizados pelo IBGE (2007) (Quadro 2). Posteriormente foi realizada a raspagem do solo com espátula no centro de cada camada, essas amostras foram embaladas e identificadas para posterior beneficiamento.

**Quadro 2. Caracterização morfológica e densidade do solo de duas subdivisões (camadas) do horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias.**

Fitofisionomia	Horizonte	Camada	Descrição morfológica da camada	Ds
FITO1	A	1ª	0 – 19,1 cm; 5YR 3/4 (úmido) bruno-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca, grandes blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes abundantes.	1,51
		2ª	19,1 – 38,2 cm; 5YR 4/2 (úmido) cinzento-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca, grandes blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,55
FITO2	A	1ª	0 – 21,5 cm; 5YR 3/4 (úmido) bruno-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca, grandes blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,56
		2ª	21,5 – 43,0 cm; 5YR 3/3 (úmido) bruno-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca, grandes blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,53
FITO3	A	1ª	0 – 18,2 cm; 7,5YR 3/2 (úmido) bruno-escuro, franco-arenosa; fraca, grandes blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,56
		2ª	18,2 – 36,4 cm; 5YR 3/3 (úmido) bruno-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca, grandes blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,51
FITO4	A	1ª	0 – 11,2 cm; 5YR 3/3 (úmido) bruno-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca, grandes blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,45
		2ª	11,2 – 22,4 cm; 5YR 3/4 (úmido) bruno-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca, grandes blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,40
FITO5	A	1ª	0 – 14,7 cm; 5YR 3/3 (úmido) bruno-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,45
		2ª	14,7 – 29,4 cm; 5YR 3/4 (úmido) bruno-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,56
FITO6	A <sub>p</sub>	1ª	0 – 15,4 cm; 5YR 4/2 cinzento-avermelhado-escuro; franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,45
		2ª	15,4 – 30,8 cm; 5YR 4/3 bruno-avermelhado; franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,47

**Quadro 2. Caracterização morfológica e densidade do solo de duas subdivisões (camadas) do horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias.**

Fitofisionomia	Horizonte	Camada	Descrição morfológica da camada	Ds
FITO7	A <sub>p</sub>	1 <sup>a</sup>	0 – 13,7 cm; 7,5YR 4/4 bruno; franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes abundantes.	1,48
		2 <sup>a</sup>	13,7 – 27,4 cm; 5YR 4/3 bruno-avermelhado; franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes abundantes.	1,42
FITO8	A <sub>p</sub>	1 <sup>a</sup>	0 - 13,0 cm; 5YR 4/3 bruno-avermelhado; franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,41
		2 <sup>a</sup>	13,0 – 26,00 cm; 5YR 4/2 cinzento-avermelhado-escuro; franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes abundantes.	1,48
FITO9	A	1 <sup>a</sup>	0 - 12,0 cm; 7,5YR 4/3 (úmido) bruno, franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes comuns.	1,56
		2 <sup>a</sup>	12,0 – 24,0 cm; 5YR 4/2 (úmido) cinzento-avermelhado-escuro, franco-arenosa; fraca pequena média, blocos subangulares; friável; transição gradual e plana; raízes abundantes.	1,46

**FITO1:** Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO2:** Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO3:** Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO4:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; **FITO5:** Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO6:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; **FITO7:** Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO8:** Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO9:** Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.

As amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas a 2 mm até a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Cada amostra de TFSA foi subdividida de três subamostras sendo a primeira destinada à determinação granulométrica, realizada conforme o método da pipeta (EMBRAPA, 1997), enquanto a segunda subamostra foi levada ao moinho-de-bola para homogeneização com posterior determinação do nitrogênio total (TN) e do carbono orgânico total (COT) por via seca no Auto Analisador Flash EA 112 series. A terceira subamostra de TFSA foi destinada ao fracionamento físico da matéria orgânica, realizado conforme a metodologia proposta por Cambardella & Elliott (1992), a qual consistiu na mistura de 10g de solo a 30 ml de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g l<sup>-1</sup>), com posterior agitação por 15 horas no agitador horizontal. A seguir a solução foi submetida, com o auxílio de jatos de água, à peneira de malha 53 µm. O material retido na peneira classificado como MO particulada ou lábil foi desidratado a 50°C, para posterior homogeneização no moinho-de-bola e determinação dos teores de nitrogênio (PN) e carbono orgânico (POC) por via seca no Auto Analisador Flash EA 112 series. Os teores de nitrogênio (MN) e carbono orgânico (MOC) da fração associada aos minerais foram calculados pela diferença entre os teores totais destes elementos (NT e COT) e os contidos na fração particulada (PN e POC).

O padrão do solo nas áreas de estudo apresenta baixa fertilidade com teores reduzidos de Ca, Mg, K e P, como também aos baixos valores de pH e consideráveis teores de  $Al^{+3}$  e acidez potencial (Quadro 3). As condições de fertilidade expressas pelas camadas do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico estão atreladas principalmente aos teores e baixa reatividade da fração fina do solo, característica comum em grande parte dos solos tropicais e subtropicais, sendo composta principalmente por caulinita e cerca de  $17 \text{ g kg}^{-1}$  de óxido de ferro ( $Fe_2O_3$ ) (Brasil, 1973; Resende et al. 2005).

**Quadro 3. Caracterização química e o teor de argila do solo de duas subdivisões (camadas) do horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias.**

Fitofisionomia	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	P	H+Al	pH	Al <sup>+3</sup>	CTC	Argila g.kg <sup>-1</sup>
<b>1º Camada</b>									
FITO1	1,95	1,00	49,50	1,50	0,85	5,04	2,32	53,30	121,92
FITO2	0,30	0,22	38,80	1,70	2,36	3,90	2,20	41,68	130,01
FITO3	2,20	0,50	40,40	1,70	2,10	4,70	1,72	45,20	158,33
FITO4	0,00	0,90	46,40	2,40	2,60	4,01	3,60	49,90	182,65
FITO5	0,24	0,74	54,40	1,56	2,40	4,24	1,58	57,78	113,10
FITO6	0,00	0,60	44,20	2,80	2,95	3,87	2,48	46,80	153,88
FITO7	0,38	0,34	53,00	1,30	2,30	4,48	1,70	56,02	150,52
FITO8	0,82	0,90	72,00	2,64	2,86	4,17	2,26	75,72	129,03
FITO9	0,50	0,20	26,00	2,20	3,00	4,01	2,12	29,70	142,28
<b>2º Camada</b>									
FITO1	1,55	0,70	39,30	1,00	1,65	4,44	2,80	43,20	163,78
FITO2	0,20	0,18	22,40	1,24	3,80	4,01	2,84	26,58	187,88
FITO3	2,60	0,40	40,80	0,64	2,20	4,19	1,80	46,00	188,71
FITO4	0,00	0,40	36,20	1,58	3,00	4,38	1,02	39,60	205,05
FITO5	0,76	0,46	46,00	0,90	3,60	4,16	3,40	50,82	141,39
FITO6	0,10	0,40	19,00	1,38	3,31	4,08	2,64	23,76	171,88
FITO7	0,42	0,36	44,00	0,78	2,20	4,49	2,00	46,98	210,68
FITO8	0,78	0,50	48,20	1,28	2,00	4,78	1,70	52,34	131,75
FITO9	1,30	0,10	20,20	1,16	3,60	4,04	3,30	25,20	163,31

**FITO1:** Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO2:** Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO3:** Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO4:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; **FITO5:** Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO6:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; **FITO7:** Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO8:** Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO9:** Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.

A serrapilheira depositada junto ao solo das diferentes florestas e do campo antrópico apresenta estoques de nitrogênio (NM g.ha<sup>-1</sup>), carbono orgânico (COM g.ha<sup>-1</sup>) e relação C:N variáveis (Quadro 4).

**Quadro 4. Estoques de nitrogênio e carbono orgânico, e relação C:N da serrapilheira depositada na superfície do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias.**

Fitofisionomia	Serrapilheira NM g.ha <sup>-1</sup>	Serrapilheira COM g.ha <sup>-1</sup>	Relação C:N
FITO 1	0,10	2,03	20,30
FITO 2	0,03	2,15	71,67
FITO 3	0,07	2,72	38,86
FITO 4	0,03	2,05	68,33
FITO 5	0,04	0,90	22,50
FITO 6	0,02	1,12	56,00
FITO 7	0,02	0,89	44,50
FITO 8	0,02	0,84	42,00
FITO 9	0,04	2,56	64,00

**FITO1:** Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO2:** Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO3:** Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO4:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; **FITO5:** Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO6:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; **FITO7:** Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO8:** Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO9:** Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.

### Métodos estatísticos uni e multivariados

Para verificar a existência de diferenças entre o nitrogênio total (TN g.kg<sup>-1</sup>), carbono orgânico total (COT g.kg<sup>-1</sup>), nitrogênio particulado (PN g.kg<sup>-1</sup>), carbono orgânico particulado (POC g.kg<sup>-1</sup>), nitrogênio associado aos minerais (MN g.kg<sup>-1</sup>), carbono orgânico associado aos minerais (MCO g.kg<sup>-1</sup>), relação POC:COT, relação COT:TN e, por fim, na relação POC:PN da MOS do solo das diferentes fitofisionomias, foram realizados procedimentos de ANOVA e o teste de médias de Student-Newman-Keuls (SNK). Posteriormente, os valores médios das variáveis foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA, Principal Component Analysis), conforme Marzaioli et al., (2010). A PCA é uma técnica usada para reduzir a dimensão de problemas multivariados e de detecção dos parâmetros mais significativos que descrevam o conjunto de dados.

As variáveis foram organizadas em uma matriz de dados de ordem 9 x 9, com nove sítios por nove atributos relacionados a MOS. Em seguida, estes dados foram autoescalados ou normalizados (escores z) em função das diferenças proporcionadas pelas unidades de medida.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de TN, COT, PN, POC, MN, COM e os valores das relações POC:COT, COT:TN e POC:PN (Quadro 5) associaram-se em dois principais componentes (PCA) para ambas as camadas do horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, indicando, assim, respostas da MOS à ocupação por fitofisionomias antrópicas (Quadro 6, Figura 1).

**Quadro 5. Atributos da MOS em duas subdivisões (camadas) do horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias<sup>(1,2)</sup>.**

Fitofisionomia	TN g.Kg <sup>-1</sup>	COTg.Kg <sup>-1</sup>	PN g.Kg <sup>-1</sup>	POC g.Kg <sup>-1</sup>	MN g.Kg <sup>-1</sup>	MCO g.Kg <sup>-1</sup>	POC: COT g.Kg <sup>-1</sup>	COT:TN g.Kg <sup>-1</sup>	POC:PN g.Kg <sup>-1</sup>
1ª Camada									
FITO 1	0,70 <sup>bcd</sup> (0,23)	8,70 <sup>abc</sup> (3,05)	0,30(0,32)	4,56 <sup>a</sup> (4,27)	0,40 <sup>cd</sup> (0,31)	4,14 <sup>ab</sup> (4,18)	0,51(0,38)	12,45 <sup>bc</sup> (0,60)	25,65(23,24)
FITO 2	0,57 <sup>cd</sup> (0,16)	9,33 <sup>abc</sup> (2,99)	0,12(0,06)	2,20 <sup>ab</sup> (1,19)	0,45 <sup>cd</sup> (0,13)	7,14 <sup>ab</sup> (2,46)	0,23(0,10)	16,14 <sup>a</sup> (1,82)	20,10(5,09)
FITO 3	0,55 <sup>cd</sup> (0,18)	7,83 <sup>abc</sup> (2,76)	0,09(0,07)	2,60 <sup>ab</sup> (0,87)	0,46 <sup>cd</sup> (0,24)	5,23 <sup>ab</sup> (3,28)	0,38(0,24)	14,15 <sup>b</sup> (0,45)	41,73(24,81)
FITO 4	1,05 <sup>ab</sup> (0,08)	12,01 <sup>ab</sup> (1,25)	0,09(0,06)	1,74 <sup>ab</sup> (0,37)	0,96 <sup>a</sup> (0,07)	10,27 <sup>a</sup> (0,91)	0,14(0,02)	11,42 <sup>c</sup> (0,42)	33,06(22,47)
FITO 5	0,62 <sup>cd</sup> (0,26)	7,36 <sup>bc</sup> (2,89)	0,15(0,03)	2,43 <sup>ab</sup> (0,58)	0,47 <sup>cd</sup> (0,25)	4,93 <sup>ab</sup> (2,72)	0,39(0,21)	11,96 <sup>bc</sup> (0,86)	15,93(2,83)
FITO 6	1,18 <sup>a</sup> (0,26)	13,26 <sup>a</sup> (3,18)	0,21(0,06)	3,25 <sup>ab</sup> (0,83)	0,97 <sup>a</sup> (0,22)	10,01 <sup>a</sup> (2,71)	0,25(0,05)	11,26 <sup>c</sup> (0,81)	15,87(1,67)
FITO 7	0,41 <sup>d</sup> (0,13)	5,23 <sup>c</sup> (2,22)	0,10(0,07)	1,88 <sup>ab</sup> (0,67)	0,31 <sup>c</sup> (0,11)	3,35 <sup>b</sup> (2,35)	0,42(0,23)	12,54 <sup>bc</sup> (2,14)	25,10(11,47)



**Quadro 5. Atributos da MOS em duas subdivisões (camadas) do horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias<sup>(1,2)</sup>.**

Fitofisionomia	TN g.Kg <sup>-1</sup>	COTg.Kg <sup>-1</sup>	PN g.Kg <sup>-1</sup>	POC g.Kg <sup>-1</sup>	MN g.Kg <sup>-1</sup>	MCO g.Kg <sup>-1</sup>	POC: COT g.Kg <sup>-1</sup>	COT:TN g.Kg <sup>-1</sup>	POC:PN g.Kg <sup>-1</sup>
FITO 8	0,94 <sup>abc</sup> (0,27)	11,23 <sup>ab</sup> (2,55)	0,07(0,10)	1,83 <sup>ab</sup> (1,30)	0,87 <sup>ab</sup> (0,37)	9,40 <sup>ab</sup> (3,68)	0,19(0,19)	12,13 <sup>bc</sup> (1,23)	44,47(31,01)
FITO 9	0,81 <sup>abcd</sup> (0,07)	9,06 <sup>abc</sup> (0,82)	0,04(0,02)	0,92 <sup>b</sup> (0,47)	0,78 <sup>abc</sup> (0,07)	8,14 <sup>ab</sup> (0,42)	0,10(0,04)	11,21 <sup>c</sup> (1,11)	31,85(14,31)
2ª Camada									
FITO 1	0,33(0,04)	4,14(0,59)	0,12(0,14)	0,95 <sup>c</sup> (0,47)	0,21(0,13)	3,19(0,34)	0,22(0,08)	12,38 <sup>ab</sup> (0,61)	14,91 <sup>b</sup> (11,53)
FITO 2	0,41(0,08)	5,91(1,10)	0,03(0,01)	0,89 <sup>c</sup> (0,15)	0,38(0,08)	5,03(0,99)	0,15(0,02)	14,26 <sup>c</sup> (0,34)	29,83 <sup>ab</sup> (5,48)
FITO 3	0,29(0,07)	4,19(0,64)	0,03(0,01)	1,17 <sup>bc</sup> (0,18)	0,27(0,07)	3,02(0,82)	0,29(0,09)	14,54 <sup>d</sup> (2,73)	40,74 <sup>ab</sup> (4,29)
FITO 4	0,70(0,16)	8,51(1,33)	0,04(0,01)	1,33 <sup>bc</sup> (0,31)	0,66(0,16)	7,18(1,27)	0,16(0,04)	12,31 <sup>ab</sup> (0,93)	37,76 <sup>ab</sup> (11,08)
FITO 5	0,45(0,26)	5,14(3,11)	0,05(0,04)	1,30 <sup>bc</sup> (0,74)	0,40(0,23)	3,83(2,62)	0,29(0,19)	11,33 <sup>b</sup> (0,45)	36,40 <sup>ab</sup> (13,76)
FITO 6	0,66(0,12)	8,18(1,33)	0,06(0,06)	1,20 <sup>bc</sup> (0,37)	0,59(0,08)	6,98(1,02)	0,15(0,02)	12,52 <sup>ab</sup> (0,62)	25,04 <sup>ab</sup> (10,18)
FITO 7	0,44(0,14)	5,29(2,05)	0,03(0,01)	1,59 <sup>abc</sup> (0,31)	0,41(0,14)	3,70(2,07)	0,34(0,14)	11,78 <sup>b</sup> (0,85)	56,16 <sup>a</sup> (15,09)
FITO 8	0,74(0,09)	8,82(1,07)	0,14(0,08)	2,28 <sup>a</sup> (0,39)	0,59(0,17)	6,54(1,40)	0,26(0,07)	11,99 <sup>ab</sup> (0,42)	28,35 <sup>ab</sup> (29,07)
FITO 9	0,75(0,55)	8,32(5,55)	0,12(0,05)	2,06 <sup>ab</sup> (0,433)	0,64(0,53)	6,26(5,20)	0,33(0,21)	11,30 <sup>b</sup> (0,82)	22,49 <sup>ab</sup> (14,35)

Valores entre parêntese referem-se ao desvio padrão da média (n=4). <sup>(2)</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, dentro de cada horizonte do solo, não diferem entre si pelo teste SNK ( $p \leq 0,05$ ). **FITO1:** Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, n° 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO2:** Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO3:** Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; **FITO4:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; **FITO5:** Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO6:** Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; **FITO7:** Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO8:** Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; **FITO9:** Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado. **TN:** nitrogênio total; **COT:** carbono orgânico total; **PN:** nitrogênio particulado; **POC:** carbono orgânico particulado; **MN:** nitrogênio associado aos minerais; **COM:** carbono orgânico associado aos minerais; **POC:COT:** relação POC/COT; **COT:TN:** relação COT/TN; **POC:PN:** relação POC/PN.

Para a camada superficial, os dois principais componentes da PCA respondem por 86,68% da variação dos dados representativos do padrão geral das áreas de estudo. Desse valor, 48,01% da variação dos dados são explicados pela componente principal um (CP<sub>1</sub>), a qual é composta pelas viáveis TN, COT, MN, COM e COT:TN (Quadro 6). A locação dessas variáveis em relação ao centro da CP<sub>1</sub> indica que a floresta de *Eucalyptus grandis* com 4 anos (FITO6) de implantação apresenta os maiores teores de TN e COT. Os teores de TN e COT mensurados nessa fitofisionomia como também nas florestas de *Eucalyptus grandis* com 21 anos e de *Eucalyptus saligna* com seis anos (FITO 8) são compostos principalmente pelo nitrogênio e o carbono orgânico associados aos minerais da fração fina do solo (MN e MOC) (Figura 1). Isso sugere a maior formação dos complexos organominerais responsáveis pela proteção física e, ou coloidal do nitrogênio e carbono orgânico do solo (Nichols, 1984; Parton et al., 1987; Stevenson, 1994; Tiessen et al., 1994; Hassink, 1997; Six et al., 2002; Tan et al., 2004). Dados não abordados na PCA indicam também que a conformação dos teores MN e COM podem estar associados à influência do baixo pH, como também de valores

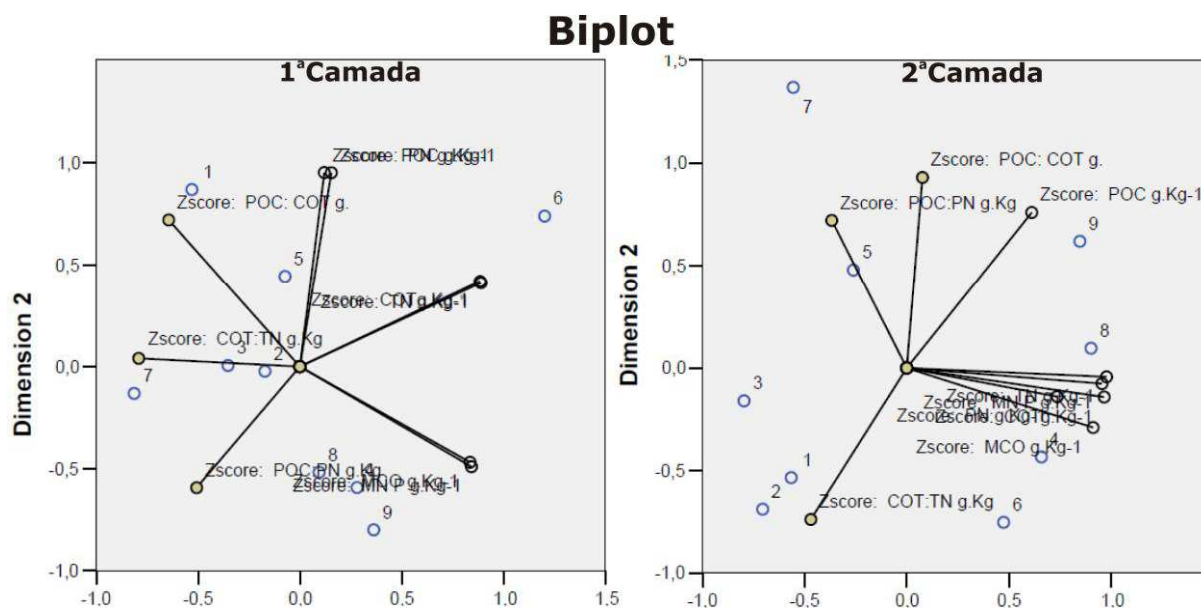
consideráveis de acidez potencial (H+Al) e alumínio, os quais são limitantes para a atividade biológica, contribuindo, assim, para a redução na biotransformação da MOS (Leles et al., 1994; Canellas, 2007). Com a mensuração dos teores de P na primeira camada do solo, é possível inferir ainda sobre a influência da deposição de resíduos ao longo dos 21 anos de ocupação do solo pela FITO 4 na conformação da MN e COM, como também da influência do material orgânico oriundo principalmente de coberturas vegetais antigas, como observado por Desjardins et al. (1991), Freixo et al. (2002); tendo em vista o curto período de implantação da FITO 6 e FITO 8, como também o período de permanência das substâncias húmicas associadas aos minerais de argila e ou protegidas fisicamente no solo de cerca de 1000 anos (Baldock & Skjemstad, 2000) (Figura 1, Quadro 3).

**Quadro 6. Descritores da variabilidade de atributos da MOS (variância acumulada) em duas subdivisões (camadas) do horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias.**

Parâmetro	Total (coordenadas do vetor)	
	Dimensão	
	1	2
	<b>1° Camada</b>	
Zscore TN g.Kg <sup>-1</sup>	0,792	0,169
Zscore COT g.Kg <sup>-1</sup>	0,784	0,176
Zscore PN g.Kg <sup>-1</sup>	0,024	0,903
Zscore POC g.Kg <sup>-1</sup> :	0,014	0,905
Zscore MN g.Kg <sup>-1</sup>	0,711	0,239
Zscore MCO g.Kg <sup>-1</sup>	0,698	0,218
Zscore POC: COT g.Kg <sup>-1</sup>	0,415	0,519
Zscore COT:TN g.Kg <sup>-1</sup>	0,626	0,002
Zscore POC:PN g.Kg <sup>-1</sup>	0,257	0,350
Variância acumulada %	48,01	38,67
	<b>2° Camada</b>	
Zscore TN g.Kg-1	0,959	0,002
Zscore COT g.Kg-1	0,936	0,020
Zscore PN g.Kg-1	0,544	0,019
Zscore POC g.Kg-1:	0,376	0,578
Zscore MN g.Kg-1	0,916	0,006
Zscore MCO g.Kg-1	0,834	0,084
Zscore POC: COT g.Kg-1	0,006	0,865
Zscore COT:TN g.Kg-1	0,221	0,543
Zscore POC:PN g.Kg-1	0,135	0,521
Variância acumulada %	54,73	29,32

**Zscore TN:** nitrogênio total; **Zscore COT:** carbono orgânico total; **Zscore PN:** nitrogênio particulado; **Zscore POC:** carbono orgânico particulado; **Zscore MN:** nitrogênio associado aos minerais; **Zscore COM:** carbono orgânico associado aos minerais; **Zscore POC:COT:** relação POC/COT; **Zscore COT:TN:** relação COT/TN; **Zscore POC:PN:** relação POC/PN.

A locação das variáveis em relação ao centro da CP<sub>1</sub> indica ainda o agrupamento das florestas mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos (FITO2) e de *Eucalyptus robusta* também com 35 anos (FITO3) em função da relação COT:TN, o que indica uma resposta do solo aos 35 anos de deposição e transformação do material orgânico depositado na primeira camada do solo (Figura 1).



**Figura 1. Biplot da Análise de Principais Componentes (PCA) para atributos da MOS em duas subdivisões (camadas) do horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sob nove fitofisionomias. Zscore TN: nitrogênio total; Zscore COT: carbono orgânico total; Zscore PN: nitrogênio particulado; Zscore POC: carbono orgânico particulado; Zscore MN: nitrogênio associado aos minerais; Zscore COM: carbono orgânico associado aos minerais; Zscore POC:COT: relação POC/COT; Zscore COT:TN: relação COT/TN; Zscore POC:PN: relação POC/PN. 1: Floresta nativa em estágio médio de regeneração (CONAMA, nº 33/1994) com mais de 35 anos de idade sob relevo plano; 2: Floresta mista do gênero *Eucalyptus* com 35 anos de idade sob relevo plano; 3: Floresta de *Eucalyptus robusta* com 35 anos de idade sob relevo plano; 4: Floresta de *Eucalyptus grandis* com 21 anos de idade sob relevo ondulado; 5: Floresta de *Acacia Mearnsii* com sete anos de idade sob relevo suave ondulado; 6: Floresta de *Eucalyptus grandis* com quatro anos de idade sob relevo ondulado; 7: Campo antrópico com mais de 35 anos de idade sob relevo suave ondulado; 8: Floresta de *Eucalyptus saligna* com seis anos de idade sob relevo suave ondulado; 9: Floresta mista do gênero *Pinus* com 10 anos de idade sob relevo ondulado.**

A segunda componente da PCA da primeira camada do solo (CP<sub>2</sub>) responde por 38,67% da variação dos dados, tendo como principais constituintes as variáveis PN, POC e a POC:COT (Quadro 6). A disposição dessas variáveis em função do centro da CP<sub>2</sub> indica que a introdução de fitofisionomias antrópicas culminou em alterações da POC; uma vez que a floresta nativa em estágio médio de regeneração (FITO 1) apresenta os maiores teores da POC com a maior contribuição para a conformação do COT, como também ao valor da relação

POC:COT mensurada nessa fitofisionomia (Figura 1). Variáveis não abordadas na PCA indicam que o teor da POC mensurado na FITO 1 pode estar atrelado à presença abundante de raízes e consequente rizodeposição de tecidos orgânicos, como também à quantidade e à qualidade da serrapilheira depositada e aportada na camada (0,10 M N g.ha<sup>-1</sup> e 2,03 M CO g.ha<sup>-1</sup>; C:N = 20,3) (Quadros 2 e 3); visto que, o acúmulo dessa fração da MOS é influenciado pelo uso da terra e tipo de vegetação (Christensen, 1992) e pela quantidade e qualidade dos resíduos vegetais depositados no solo (Six et al., 2002).

Assim, o teor da POC mensurado na camada superficial do solo da FITO1 reflete a deposição de resíduos na superfície do solo com menor relação C:N, o que acelera a sua decomposição e o seu aporte no horizonte superficial do solo. Este processo é importante, pois embora tenham sido determinados valores menores das frações mais estáveis da MOS (MN e MOC) na camada superficial desta fitofisionomia se comparada às fitofisionomias antrópicas FITO 4, FITO 6 e FITO 8; a POC constitui um compartimento com ciclagem rápida em contraponto aos decréscimos rápidos e precisos dos teores de CO e aos seus ganhos lentos e instáveis como preconizado por Lal et al. (2006), podendo contribuir, assim, com às melhorias para a biota do solo (Lima et al., 2008 ) (Figura 1, Quadro 4).

Para a segunda camada do solo, os dois componentes principais da PCA respondem por 84,05% da variação dos dados representativos do padrão geral das áreas em estudo. A CP<sub>1</sub> explica 54,73% da variação dos dados e é composta principalmente pelas variáveis TN, COT, MN e COM. Essas variáveis apresentam forte correlação, revelando a maior influência das frações MN e COM sobre os teores de TN e COT (Quadro 6, Figura 1). Dados não contemplados na PCA sugerem que o aumento da fração associada aos minerais está atrelado ao incremento da argila em profundidade no perfil do solo em todas as áreas de estudo. Isso indica a formação dos complexos organominerais responsáveis pela proteção física e, ou coloidal MOS (Quadro 3).

A CP<sub>2</sub> responde por 29,32% da variação dos dados da segunda camada do solo e tem na POC e nas relações POC:COT, COT:TN e POC:PN as principais fontes de variação dos dados (Quadro 6). A locação dos resultados em relação ao centro da CP<sub>2</sub>, indica que as florestas mistas do gênero *Pinus* com 10 anos de estabelecimento (FITO 9) e a de *Eucalyptus saligna* com seis anos (FITO 8) apresentaram incremento nos teores da POC, promovendo assim os maiores valores para essa fração respectivamente, seguidas pelo campo antrópico (FITO 7) (Figura 1).

Foi constatado o incremento em profundidade da POC na segunda camada do solo apenas na FITO 8 e da FITO 9. Esse resultado pode estar associado à quantidade de raízes descritas nessa camada do solo em ambas as fitofisionomias; tendo em vista a ausência do contato com a manta da serrapilheira. A quantidade de raízes pode estar associada à conformação da POC na FITO 7, como também à elevada relação POC:PN, a qual confere a maior resistência à degradação da POC (Figura 1, Quadro 2). Ocorrendo assim, o efeito antagônico ao observado por Moreira & Siqueira (2006), os quais descrevem que os resíduos orgânicos com baixa C/N têm a sua decomposição favorecida. Brun (2008), estudando a POC de um Argissolo Vermelho distrófico latossólico na região central do Rio Grande do Sul sob floresta nativa, campo nativo e cultivos de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, observou comportamento semelhante da POC com o aumento da profundidade do solo.

O agrupamento das florestas maduras em função do centro da CP<sub>2</sub> indica ainda que a relação COT:TN da segunda camada do solo da FITO 2 e FITO 3 foram semelhantes aos mensurados na floresta nativa (FITO 1), pode se inferir, desta maneira, que não houve alteração dessa relação em função da introdução destas fitofisionomias antrópicas (Figura 1).

Os resultados obtidos, pela mensuração dos teores totais de nitrogênio e carbono orgânico e dos teores parciais determinados nas diferentes frações da MOS do horizonte superficial do solo, sugerem que a fração particulada foi um indicador sensível para a detecção das mudanças na qualidade do solo ocasionadas pela introdução de fitofisionomias antrópicas nas últimas décadas.

## CONCLUSÕES

A introdução de fitofisionomias antrópicas nas últimas quatro décadas alterou a conformação da MOS no horizonte superficial do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico;

Após a introdução das fitofisionomias antrópicas foram constatadas alterações na distribuição da POC no horizonte superficial do solo;

A POC foi um indicador sensível à introdução de fitofisionomias antrópicas se comparada aos teores totais de nitrogênio e carbono orgânico, como também às frações associadas aos minerais.

## REFERÊNCIAS

ABRÃO, P. U. R.; GIANLUPPI, D.; AZOLIN, M. A. D. **Levantamento semi-detalhado dos solos da estação experimental de silvicultura de Santa Maria**. Porto Alegre: IPRNR, 1988. 75 p.

- BALDOCK, J.A. & SKJEMSTAD, J.O. Role of soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Org. Geochem.**, v.31, p.697-710, 2000.
- BRASIL. **Levantamento de reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30)
- BRASIL. **Resolução nº 33 de 12/94**. CONAMA, Brasília: IBAMA, 1994.
- BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* em duas regiões do Rio Grande do Sul**. 2008. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CAMBARDELLA, C.A & ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.56, p.777-783, 1992.
- CANELLAS, L.P. et al. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.31, n.2. 2007.
- CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil organic matter in primary particle size and density separates. **Adv. Soil Sci.**, v. 20, p.1-90, 1992.
- DESJARDINS, T. et al. Distribution de l'isotope <sup>13</sup>C dans des sols ferrallitiques Du Brésil. **Cah. Orstom, Sér. Pedol.**, v.26, p.343-348, 1991.
- DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii Press, Nifal Project, 1989. p.33-67.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1987. 211 p.
- ESTADOS UNIDOS. **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2ed. Washington: Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff, 1999. 869p.
- FREIXO, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de um Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p.425-434, 2002.
- HASSINK, J. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with Clay silt particles. **Plant e Soil**, v.191, p. 77-87. 1997.
- IBGE. **Mapa de Bioma do Brasil: 1ª aproximação**. Escala 1:5.000.000. 2004a.

- IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil**. Escala 1:5.000.000. 2004b.
- IBGE. **Carta Santa Maria SH 22-V-C: Geologia**. Escala 1:250.000. 2003.
- IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p.
- LAL, R. Soil carbon sequestration in Latin America. In: Lal, R. et al. **Carbon sequestration in soils of Latin America**. Binghamton: Haworth Press, 2006. p. 49-64.
- LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, p.1623-1627, 2004.
- LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SILVA, E. **Captura e fluxo de CO<sub>2</sub> atmosférico pelas florestas plantadas e manejadas**. Viçosa, 1994. 13 p. (Boletim Técnico - SIF, n. 7).
- LIMA, A.M.N. et al. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p.1053-1063, 2008
- LONGO, R.M. & ESPÍNDOLA, C.R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria sp.*) em áreas de Cerrado e Floresta Amazônica. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.723-729, 2000.
- MARZAIOLI, R. et al. Soil quality in Mediterranean área of Southern Italy as related to different land use types. **Applied Soil Ecology**. v.44, p.205-212, 2010.
- MOREIRA, F.M. de S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. atual. e ampl. Lavras: Ufla, 2006. 729p.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, 1961. 46p.
- NICHOLS, J.D. Relation of organic carbon to soil properties and climate in the southern Great Plains. **Soil Sci. Soc. Am.J.**, v.48, p.1382-1384, 1984.
- PARTON, W.J. et al. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. **Soil Sci. Soc. Am.J.**, v.51, 1173–1179, 1987.
- RESENDE, M. et al. **Mineralogia de solos brasileiros: Interpretação e aplicações**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 192p.
- ROSCOE, R. & BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter dynamics in density fractions of a cerrado Oxisol. **Soil Till. Res.**, v.70, p.107-119, 2003.
- ROSCOE, R. & MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Embrapa Solos, 2002. 88 p.
- SIX, J. et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant Soil**, v.241, p.155–176, 2002.

SOARES, J.CW. et al. **Relação solo-paisagem e sua variação temporal numa Estação Experimental de Silvicultura.** (no prelo)

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: Genesis, composition, reactions.** 2ed. New York: John Wiley, 1994. 496p.

TAN, Z.X. et al. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. **Geoderma**, v.121, p.187-195, 2004.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter stability in soil fertility and agriculture potential. **Nature**, v.371, p.783-785, 1994.

## CONCLUSÃO

A paisagem da Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria apresenta um caráter transitório nos seus componentes, entre o Rebordo do Planalto Sul-Riograndense e a Depressão Central do Rio Grande do Sul. Foi constatada nessa paisagem a descaracterização das fitofisionomias naturais, a existência de conflitos de uso do solo e a influencia do relevo e da gênese dos solos sobre o desenvolvimento fitofisionômico. Além da expansão dos cultivos de *Eucalyptus* e *Pinus*, e da floresta nativa sobre o campo antrópico em 22 anos, principalmente em terras sob Argissolos Bruno-Acinzentados e Argissolos Vermelhos.

O estudo do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico da Estação Experimental, indicou que o horizonte superficial do solo apresenta alterações nos teores e estoques de nitrogênio e carbono orgânico frente à introdução de florestamentos e do campo antrópico sobre áreas da Floresta Estacional Decidual, havendo decréscimo nos teores e estoques desses elementos, principalmente em terras ocupadas pela floresta de *Acacia Mearnsii* e campo antrópico. Foi constatado também, que a conformação dos estoques de nitrogênio e carbono orgânico no perfil do solo teve maior influência dos demais fatores e processos de formação do solo do que a ocupação das terras nas últimas quatro décadas.

As técnicas empregadas para a avaliação das frações da matéria orgânica do Argissolo Vermelho distrófico úmbrico sugerem que a introdução de fitofisionomias antrópicas nas últimas quatro décadas alterou a conformação da MOS no horizonte superficial do solo. Foi constatado também, que a introdução das fitofisionomias antrópicas alterou a distribuição da POC neste horizonte do solo; e que a POC demonstrou ser um indicador ambiental sensível a introdução de fitofisionomias antrópicas se comparada aos teores totais de nitrogênio e carbono orgânico, como também às frações da MOS associadas aos minerais.