

DIEGO FERNANDO ROTERS

**CARBONO E NITROGÊNIO EM CULTIVO DE PINUS EM
CAMBISSOLO HÚMICO NO PLANALTO CATARINENSE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Profº. Dr. Álvaro Luiz Mafra

LAGES, SC 2016

Roters, Diego Fernando

Carbono e nitrogênio em cultivo de pinus em Cambissolo Húmico no planalto catarinense / Diego Fernando Roters. – Lages, 2016.

97p. : il. ; 21 cm

Orientador: Álvaro Luiz Mafra

Bibliografia: p. 81-96

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2016.

1. *Pinus taeda* L. 2. Estoque de carbono. 3. Mata de araucaria.

I. Roters, Diego Fernando. II. Mafra, Álvaro Luiz. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno

DIEGO FERNANDO ROTERS

CARBONO E NITROGÊNIO EM CULTIVO DE PINUS EM CAMBISSOLO HÚMICO NO PLANALTO CATARINENSE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Banca examinadora

Orientador:

Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro:

Prof. Dr. Jeferson Dieckow Universidade Federal do Paraná - UFPR

Membro:

Prof. Dr. Julio Cesar Pires Santos Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

A Deus e minha família, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências Agroveterinárias CAV– UDESC
pela oportunidade da realização do mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À Deus, que sempre me acompanha e guia meus caminhos.

As pessoas que por motivos da vida não estavam ao meu lado, mas sempre vivos em minhas memórias, meus avós e avôs, tios e tia e em especial ao meu pai, Teodoro Roters, (em memória), por seu amor e afeto, pelo modo simples de me ensinar a ser uma pessoa melhor, pela dedicação, por mostrar os caminhos a serem seguidos.

À minha mãe Oleida Roters que sempre esteve ao meu lado, nos momentos de grandes decisões, e ao enfrentar as consequências de decisões.

Aos meus irmãos, Sandro e Sandra, pelo apoio de sempre, por conselhos, e sempre tão presentes.

À minha noiva Aline, que sempre apoiou, mesmo nos momentos de decisões, esteve ao meu lado e mesmo morando longe, sempre tão perto.

Ao meu sobrinho Victor e cunhada Denise, por fazerem parte deste momento.

Ao professor orientador Álvaro Luiz Mafra, pela oportunidade de crescimento, ensinamentos, confiança, orientação e amizade.

À empresa Seiva S.A., pela estrutura e apoio para a realização deste estudo, em especial os engenheiros Murilo Silva, Flávio Rolim e Sandro Fleith pela dedicação e tempo dados para auxiliar na execução deste estudo, por todos os profissionais da empresa que me ajudaram nas análises.

Aos amigos que conheci durante esta jornada, Augusto, Ana Claudia, Walter, Cléber, Maria Tereza, Maria Isabel,

Diego, Luana, Julio, Lothar, Wiliam, Higor, Lucas.

Ao pessoal da Udesc de Chapecó que auxiliaram nas análises, em especial ao professor Dilmor, Márcio e Patrik.

Ao departamento de solos da UFPR, onde iniciei os estudos de mestrado na condição de aluno especial,

Enfim a todos que estiveram presentes em algum momento, ao pessoal do laboratório de Gênese, Usos, Microbiologia e Fertilidade.

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente.
Quem sobrevive é o mais disposto à mudança”.

Charles Darwin

RESUMO

ROTTERS, Diego Fernando. Carbono e nitrogênio em cultivo de pinus em Cambissolo Húmico no planalto catarinense. 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo – Área: Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Lages, 2016.

O incentivo ao cultivo florestal de exóticas no sul do Brasil ocorreu no fim da década de 1960 com a lei de incentivos fiscais, onde muitas empresas foram formadas, desde empresas de capital nacional a capital estrangeiro. No sul do Brasil o cultivo de *Pinus taeda* L. se destaca, sendo nesta região a espécie predominante. Diante deste cenário, e com a preocupação com os níveis de CO₂ emitidos na atmosfera, são necessários estudos para avaliar os efeitos da conversão de áreas nativa para cultivo florestal com espécies exóticas. O objetivo deste trabalho foi de quantificar o estoque de carbono e nitrogênio e a composição química em Cambissolo Húmico, em áreas de produção florestal (*Pinus taeda* L.) e em área de mata nativa, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, na região de Ponte Alta do Norte – SC. A coleta de solo ocorreu em áreas com idades de, 9, 13 e 21 anos, onde foi determinada granulometria, profundidade efetiva, drenagem, carbono orgânico total e particulado, nitrogênio total e particulado, densidade do solo, estoque de carbono orgânico total e particulado, acidez ativa e potencial, teores de alumínio, fósforo, potássio. A acidez ativa, potencial e alumínio trocável, foram maior nas áreas de cultivo do que nas florestas nativas. Em relação aos valores de fósforo, no geral os teores foram baixos em todos os locais, e sendo observado que os teores diminuem conforme o aumento de profundidade. Os teores em relação aos cultivos florestais de potássio foram superiores nas

áreas de referência. Os valores encontrados de nitrogênio diminuíram com o aumento da profundidade, com exceção a CP 21, onde ocorreu influência antrópica. O estoque de carbono orgânico total do solo nas áreas de cultivo florestal no geral, foi semelhante ao das áreas de mata nativa, e demonstra que o pinus pode ser eficiente no armazenamento de carbono em relação à vegetação natural. O cultivo florestal adiciona matéria orgânica via resíduos vegetais e pode incrementar o conteúdo de carbono orgânico do solo e contribuir para a manutenção da sustentabilidade do solo. O estoque de carbono não foi influenciado pelo tempo de cultivo, mas sim pela quantidade de biomassa depositada sobre o solo.

Palavras-chave: *Pinus taeda* L., estoque de carbono, mata de araucaria.

ABSTRACT

ROTERS, Diego Fernando. **Carbon and nitrogen on a Humic Dystrupept under pine plantation in the Santa Catarina highlands.** 2016. 97 p. Dissertation (Master in Soil Science - Area: soil management) - Santa Catarina State University. Postgraduate program in Soil Science, Lages, 2016.

The incentive to forest cultivation using exotic species in southern Brazil, occurred in the late 1960s, with the law of tax incentives, where many companies were based on national and foreign capital formed. In southern Brazil and *Pinus taeda* L. is the predominant specie in forest plantations. Considering these aspects the importance of reducing CO₂ emissions to the atmosphere, studies in forest cultivation areas are necessary to assess the effects of natural forest conversion to exotic plantations. The objective of this study was to quantify the carbon stock and nitrogen and soil chemical properties on a Humic Dystrupept, under forestry production areas (*Pinus taeda* L.) and native forest, in layers of 0-20 cm and 20-40 cm in the region of Ponte Alta do Norte - SC. Soil sampling occurred in areas with 9, 13 and 21 year, where it was determined particle size distribution, effective depth, drainage and total and particulate organic carbon, total and particulate nitrogen, soil bulk density, active and potential acidity, aluminum, phosphorus and potassium. Active acidity, potential and exchangeable aluminum, were higher in plantations than native forests. Regarding to the phosphorus contents, generally occurred low values in all locations, decreasing with increasing depth. Potassium contents were higher in the native areas than in forest plantations. Nitrogen contents decreased with increasing depth, except in CP 21, where there was an anthropic influence. The total stock of soil organic carbon in

the areas of forest cultivation in general, were similar to the areas of native forests, and shows that pine can be efficient in carbon storage in relation to natural vegetation. Forest farming plantations, add organic matter to the soil as plant residues and can increase the content of soil organic carbon, contributing to the maintenance of soil sustainability. Carbon stocks were not influenced by the cultivation age but by the amount of biomass deposited on the soil.

Keywords: *Pinus taeda* L., carbon stock, araucaria forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem das áreas de estudo.....	47
Figura 2: Biomassa total do componente arbóreo de cultivo florestal em Cambissolo Húmico.....	53
Figura 3: Teores de carbono orgânico total (COT) em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	56
Figura 4: Teores de carbono orgânico particulado (COP) em duas camadas de um Cambissolo Húmico do Planalto de Santa Catarina.....	58
Figura 5: Teores de carbono associado aos minerais (CAM) em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	60
Figura 6: Teores de N total em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	62
Figura 7: Teores de N particulado em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	63
Figura 8: Teores de N associado aos minerais em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	65
Figura 9: Estoque de COT em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	71
Figura 10: Estoque de COP em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	73
Figura 11: Estoque de CAM em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Granulometria do Cambissolo Húmico na camada de 0-40 cm, em diferentes usos do solo no Planalto de Santa Catarina.....	45
Tabela 2: Profundidade efetiva, drenagem e altitude.....	46
Tabela 3: Resumo dos dados de diâmetro à altura do peito, altura total e volume total por indivíduo de <i>Pinus taeda L.</i>	46
Tabela 4: Densidade do solo em kg dm ⁻³ em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	50
Tabela 5: Relação C/N da fração total, particulada e associada aos minerais, em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	67
Tabela 6: Proporções de carbono orgânico particulado (COP) e Carbono associados aos minerais (CAM) em porcentagem em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.....	69
Tabela 7: Valores de pH em água e SMP de áreas de cultivo de <i>Pinus taeda L.</i> , e mata nativa no Planalto de Santa Catarina.....	76
Tabela 8: Teores de Alumínio trocável de áreas de cultivo de <i>Pinus taeda L.</i> , e mata nativa, no Planalto de Santa Catarina.....	77
Tabela 9: Teores de Potássio de áreas de cultivo de <i>Pinus taeda L.</i> , e mata nativa, no Planalto de Santa Catarina.....	78
Tabela 10: Teores de Fósforo de áreas de cultivo de <i>Pinus taeda L.</i> , e mata nativa, no Planalto de Santa Catarina.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.

ACR – Associação Catarinense de Empresas Florestais.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina.

LISTA DE SÍMBOLOS

Al⁺³ - Alumínio

C - Carbono

Ca²⁺ - Cálcio

CAM – Carbono Associado aos Minerais

CAP – Circunferência à altura do peito

cm - Centímetros

cm³ - Centímetros cúbicos

cmol_cdm³ - Centimol de carga por decímetro cúbico

CN – Campo Nativo

CO₂ – Dióxido de carbono

COP – Carbono Orgânico Particulado

COT – Carbono Orgânico Total

Cu – Cobre

DAP - Diâmetro a altura do peito

DS – Densidade do Solo

eCOT – Estoque de Carbono Total

eCOP – Estoque de Carbono Particulado

eCAM – Estoque de Carbono Associados aos Minerais

Fe²⁺ - Ferro

g- Gramas

g/dm³ - Grama por decímetro cúbico

GEE – Gases de Efeito Estufa

h (m) – Altura em metros

IMA – Incremento médio anual

K⁺ - Potássio

KCl – Cloreto de potássio

m - metros

Mg²⁺ - Magnésio

Mn - Manganês

m³/ha – Metros cúbicos por hectare

MO – Matéria Orgânica

MOS – Matéria Orgânica do Solo

mg ha⁻¹ – Miligrama por hectare
mg/kg – Miligrama por quilograma
NAM – Nitrogênio Associado aos Minerais
NaOH - Hidróxido De Sódio
NP – Nitrogênio Particulado
NT – Nitrogênio Total
P - Fósforo
Pg - Pentagrama
pH- Potencial Hidrogeniônico
v (m³) – Volume em metro cúbico
SMP – Acidez potencial
TFSA – Terra Fina Seca ao Ar
Zn²⁺ - Zinco
°C – Grau Centígrado
µm- Micrometro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	33
1.1 Hipóteses	35
1.2 Objetivos.....	35
2 REFERENCIAL TEÓRICO	36
2.1 O potencial da espécie	36
2.2 Matéria orgânica do solo	38
2.3 Carbono orgânico total do solo.	40
2.4 Carbono Orgânico Particulado e Associados aos minerais....	41
2.5 Estoque de carbono	42
3 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1Caracterização da área de estudos	43
3.1.1 Mata nativa (MN 9).....	47
3.1.2 Área com <i>P. taeda</i> (P 9).....	47
3.1.3 Mata Nativa (MN 13)	48
3.1.4 Área com <i>P. taeda</i> (P 13).....	48
3.1.5 Capoeira (CP 21).....	48
3.1.6 <i>P. taeda</i> (P 21).....	49
3.1.7Biomassa do componente aéreo	49
3.2 Amostragem e avaliações	49
3.3 Análise dos dados.....	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1 Biomassa aérea nas áreas de cultivo.....	52
4.2 Carbono orgânico total do solo	53

4.3 Carbono orgânico particulado.....	57
4.4 Carbono Orgânico Associado aos Minerais	59
4.5 Teores de Nitrogênio total	60
4.6 Teores de Nitrogênio particulado.....	62
4.7 Teores de Nitrogênio associado aos minerais	63
4.8 Relação C/N total, particulada e associada aos minerais.....	65
4.9 Proporção COP/COT (%) e CAM/COT (%)	67
4.10 Estoque de COT	69
4.11 Estoque de COP	71
4.12 Estoque de CAM.....	73
4.13 Atributos edáficos	75
5 CONCLUSÃO.....	80
6 BIBLIOGRAFIA	81
7 ANEXOS	97

1 INTRODUÇÃO GERAL

As concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO_2) tem aumentado desde a época pré-industrial, sendo que o desmatamento é uma das fontes de carbono para a atmosfera (IPCC, 2013).

Aproximadamente 40% do aumento nas concentrações de CO_2 , são provenientes das emissões líquidas de mudança no uso da terra (IPCC, 2013).

O cultivo de florestas pode contribuir para o estoque de carbono global, estocando em sua biomassa, e no solo grandes quantidades de carbono sendo superior a níveis atmosféricos (IPCC, 2013). O aumento dos níveis de carbono do solo depende de materiais depositados na superfície do solo, como a serapilheira (DIECKOW et al., 2005).

Dependendo da fonte de carbono, os materiais depositados podem de forma distinta contribuir para o estoque de carbono orgânico do solo, sendo que a fração mais sensível do carbono orgânico é a fração particulada, e é diretamente influenciada pelo manejo do solo (DIECKOW et al., 2005). O cultivo florestal pode ser sustentável, sob pontos de vista econômico, social e ambiental, especialmente na redução do consumo das florestas nativas.

As florestas plantadas de alto rendimento e produtividade servem como fonte importante de matéria-prima.

O setor florestal brasileiro mantém atualmente cerca de 7,2 milhões de hectares com plantios florestais de rápido crescimento, em regime de produção, correspondendo a 52% das áreas com florestas plantadas na América do Sul, mas apenas 0,84% da área do território Brasileiro (ACR, 2014).

Ao todo, no Brasil, são cerca de 1,6 milhão de hectares com o gênero *Pinus*, o estado de Santa Catarina, possui 646 mil hectares com florestas plantadas, onde a grande maioria, 83%

(539,4 mil ha) é com o cultivo de *Pinus*, onde as regiões de destaque são: Região serrana, meio oeste e planalto norte (ACR, 2014).

Em solos de ambientes tropicais e subtropicais, a matéria orgânica tem grande importância como fonte de nutrientes para as culturas, na retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração, e serve como fonte de C e energia (ERNANI, 2008).

Sob vegetação natural, o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável, porém com a utilização do solo, pode alterar esse conteúdo, observando-se, normalmente uma redução acentuada quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos vegetais, sendo necessário monitorar o solo, de forma que possam se sugeridas modificações nos sistemas de manejo (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

Segundo Vezzani & Mielińczuk (2009), a MO é um constituinte sólido do solo, que pode ser alterado pela ação do manejo, numa escala de tempo compatível com a das gerações humanas.

Piccolo (1996), relata a importância da MO como indicador de qualidade do solo, sendo dependente do manejo adotado, onde mais de 50% das perdas de C podem ser causadas pelo cultivo adotado, onde a erosão é a forma mais grave de redução deste índice.

As alterações na dinâmica da matéria orgânica no solo, ocorrem devido às diferentes quantidades e tipos de elementos constituintes do tecido vegetal depositado no solo, pelo cultivo florestal de *Pinus* sp. Desta forma, torna-se indispensável avaliar as consequências da conversão de área nativa (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000).

Na serapilheira, o material depositado na superfície do solo, são acumuladas quantidades significativas de nutrientes.

Havendo a decomposição da serapilheira, estes retornam ao solo e são reabsorvidos pelas árvores. A quantidade de nutrientes disponibilizados dependente da velocidade que ocorre a decomposição dos resíduos florestais, que depende da composição da serapilheira, da água da chuva, temperatura e qualidade do sítio (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000).

A importância deste trabalho é de estudar a sustentabilidade do sistema de cultivo florestal, o potencial de sequestro de carbono neste sistema, níveis de nitrogênio nos ambientes estudados, e orientar práticas de preparo e uso de resíduo em áreas de cultivo.

1.1 Hipóteses

A mudança da mata nativa para o cultivo contínuo de *Pinus taeda* L. pode afetar o equilíbrio do solo, de nutrientes do solo, e o estoque de carbono podendo sofrer efeito negativo.

1.2 Objetivos

Esta pesquisa teve por objetivo estudar o efeito do cultivo continuado de *Pinus* sobre o estoque de carbono, nitrogênio e fatores edáficos na região do Planalto de Santa Catarina.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O potencial da espécie

Pinus taeda L., pinheiro-amarelo, pinheiro-rabo-de-raposa, pinho-americano ou pinos, é uma árvore de 25-30 m de altura, nativa nos estados Unidos (costa atlântica do Sudeste e Golfo do México), sendo cultivada com boa adaptação e crescimento no planalto sul brasileiro (LORENZZI, 2003).

Sua introdução no Brasil foi realizada pela secretaria da agricultura do estado de São Paulo, nos anos 1960, com a importação de muitas sementes de pinus tropicais, cultivados nas estações experimentais do instituto florestal, para obtenção de madeira e celulose (LORENZZI, 2003).

O *Pinus taeda* L., é uma espécie que regenera facilmente, fornece grande rendimento por hectare, fornece muitos produtos ao mercado consumidor, em uma idade relativamente jovem (SCHULTZ, 1997).

O gênero *Pinus*, apresenta características de rápido crescimento e alta capacidade de absorção de nutrientes (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000).

Normalmente, o sítio de produção em ambiente de cultivo florestal, tem sido considerado em termos de sua qualidade, podendo ser definido como a soma de fatores como: climáticos, edáficos e biológicos que influenciam o crescimento da floresta, onde plantas cultivadas nestas condições podem apresentar desenvolvimento abaixo ou acima de seu potencial (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000).

As condições de cultivo, associada ao fato da não fertilização dos plantios, à exportação de nutrientes nos desbastes e no corte raso, às perdas por processos erosivos e de lixiviação, podem acelerar o empobrecimento do solo e nas perdas de produtividades futuras dos plantios.

A rapidez de crescimento e ausência de sintomas de deficiências, principalmente nas primeiras rotações,

condicionam a ideia de que as plantações de pinus dispensariam a prática da fertilização mineral. Entretanto, diversos autores estudaram os fatores de solo e as suas relações com o estado nutricional, e a produtividade dessas espécies, demonstrando estreita interdependência entre estas variáveis (FERREIRA et al., 2001).

A produtividade no planalto catarinense de *Pinus taeda* L. em plantios comerciais, tem alcançando níveis de incremento médio anual (IMA) superior a 32 m³/ha/ano no pico de desenvolvimento (14-15 anos), já em áreas experimentais estes valores são superiores a esta média.

Níveis de produtividade da espécie em estudo são resultantes de programas de melhoramento genético, iniciados no final da década de 1960, onde foram selecionados materiais genéticos implantados no Brasil, para formar a população base, e com isso formaram-se os primeiros testes de progêneres, estes testes foram instalados por empresas do setor privado, com o apoio de instituições públicas (FERREIRA et al., 2001).

A questão do emprego de nutrientes nos plantios de pinus, nas condições de solo e clima do sul do Brasil, não está ainda totalmente elucida (DEDECEK et al., 2008).

Devido ao rápido crescimento das espécies introduzidas, as características da madeira diferem daquelas obtidas com árvores crescendo no seu habitat natural, questão esta importante, para o balanço nutricional da espécie (DEDECEK et al., 2008).

Dedecek et al. (2008), relatam que a relação das alterações no ciclo de desenvolvimento de *Pinus taeda* L., é devido às características do sítio (solo e vegetação original), onde as características química e/ou física do solo condicionam o maior desenvolvimento das árvores de *Pinus taeda* L.

A conversão de florestas naturais para florestas exóticas podem alterar os processos naturais de ciclagem e armazenamento de nutrientes, devido à mudança causada pelo manejo da área, que pode alterar显著mente a matéria

orgânica, pelo preparo do solo e cultivo, tais alterações podem afetar diretamente as propriedades físicas, química e biológicas do solo, sendo que os solos que estão sendo utilizados por cultivos florestais no Brasil, são em sua grande maioria de nível de fertilidade natural baixa (NAMBIAR e BROWN, 1997).

2.2 Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo é um importante repositório de nutrientes, apresenta influência sobre propriedades físicas do solo, incluindo a estrutura e capacidade de retenção de água, e intermedia os processos biológicos críticos (NAMBIAR e BROWN, 1997).

Segundo Vezzani e Mielnczuk (2009); Vezzani (2001), relatam que as interações entre os minerais, plantas e a biota edáfica, como um sistema aberto, possui um fluxo de energia e matéria, que é dirigido pelo fluxo de compostos orgânicos, a partir da entrada dos compostos orgânicos, os compostos orgânicos que entram no sistema interagem com os demais componentes e promovem a formação dos agregados do solo, seguindo uma sequência de eventos no tempo, que resulta na formação de estruturas, ou seja, o sistema solo se auto organiza.

O termo matéria orgânica, refere-se a toda a matéria orgânica no solo, incluindo “litter”, a biomassa microbiana, orgânicos solúveis em água, e a matéria orgânica estabilizada (húmus). A localização de matéria orgânica, também afeta a decomposição microbiana, e seu estudo pode ajudar a compreender sua natureza dinâmica, e as influências sobre a disponibilidade de nutrientes, a implicação da qualidade da matéria orgânica, são condicionadas pelas práticas e mudanças no ambiente do solo (STEVENSON, 1994).

Quando a vegetação natural é substituída por outros sistemas como no caso o cultivo florestal, os estoques de carbono orgânico (CO) podem ser reduzidos, como relatado em solos de regiões temperadas (ESTADOS UNIDOS, 1999).

Nas regiões tropicais, essas perdas de carbono do solo para a atmosfera são mais aceleradas, sendo comum, em áreas de floresta desmatada, a redução de mais de 50% nos estoques de matéria orgânica, em menos de 10 anos de cultivo (SILVA & MACHADO, 2000).

As perdas sistemáticas de matéria orgânica em áreas cultivadas relacionam-se às perdas de solo por erosão, ao cultivo excessivo do solo, sem a reposição de nutrientes, ao manejo inadequado de resíduos vegetais, adoção de métodos de preparo com maior revolvimento do solo, e ao uso inadequado do solo (SILVA & MACHADO, 2000).

No Brasil, esses estudos são de grande importância, visto que predominam no país, solos ácidos altamente intemperizados, com baixa reserva de nutrientes e com presença de argilas, quartzo, óxidos e sesquióxidos de Fe e Al de baixa atividade, nessas condições, a matéria orgânica do solo (MOS) desempenha papel importante na determinação do nível de fertilidade do solo, e produtividade das culturas, pois é nessa matriz que se encontra o maior reservatório de cargas nos solos brasileiros (SILVA et al., 1999).

Estudos tem mostrado que o desmatamento e cultivo do solo, não só promovem a perdas significativas de carbono, mas também contribuem para a redução das frações de maior labilidade (SILVA et al., 1999).

Sposito (2008), relata que as perdas importantes de CO₂ a partir dos solos, podem ocorrer como resultado da lixiviação, erosão, e do escoamento, mas a maioria dos estudos têm-se concentrado em dados quantitativos, sobre as emissões para a atmosfera de CO₂ ou CH₄ produzido por microorganismos.

Segundo Mafra et al (2008), os estoques de carbono em reflorestamentos com *Pinus taeda* L., e *Araucaria angustifolia*,

mantiveram os estoques de CO na camada de solo de 0-40 cm a níveis equivalentes ao de campo nativo e mata nativa.

Gomes (2014) indica que as sucessivas rotações, em uma mesma área com pinus, aumenta o estoque de CO.

Amado et al. (2001), Mieliaczuk (1999) afirmam que a matéria orgânica é um indicador de qualidade do solo.

Brun (2008) relata que devido à maioria dos atributos do solo, e do ambiente relacionado a funções básicas do solo, possuem estreita articulação com a MO, destacando-se atributos físicos e químicos, como: a estrutura, a estabilidade dos agregados, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, atividade biológica, CTC, disponibilidade de nutrientes para as plantas, lixiviação de nutrientes, liberação de CO₂ e outros gases para a atmosfera.

Para Conceição et al. (2005), a MOS é um eficiente indicador para discriminar a qualidade do solo, induzida por sistemas de manejo, onde resultados encontrados indicam que a qualidade do solo, é alterada pelo sistema de manejo adotado em cada ocasião.

Bayer e Mieliaczuk (2008), relatam que sob vegetação natural, o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável, e o uso agrícola altera esse conteúdo, sendo observada, normalmente, uma redução acentuada quando utilizados sistemas com baixa adição de resíduos vegetais.

2.3 Carbono orgânico total do solo.

Segundo Lal (2005), cerca de 2/3 do carbono na atmosfera está presente no solo, somando a isso em vegetação com cultivo florestal, com aproximadamente 1240 Pg de carbono.

Hoover (2008), relata que o histórico de distúrbios decorrentes nas áreas de cultivo florestal, são determinantes para a quantificação de carbono.

Souza (2005), em trabalho realizado em Campo Belo do Sul – SC, observou maiores teores de COT em área de mata nativa que em relação ao campo nativo, e reflorestamento com pinus e araucária, sendo o campo nativo semelhante às duas áreas de reflorestamento.

Já em estudo realizado na região nordeste do Rio Grande do Sul, Dick et al. (2011), relatam que as áreas com cultivo florestal, ou com pinus, em substituição ao campo nativo, contém um teor maior de resíduos menos decompostos.

2.4 Carbono Orgânico Particulado e Associados aos minerais

Segundo Stevenson (1994), o processo de decomposição de plantas e animais, constitui um sistema biológico básico, onde o carbono (C) é devolvido para a atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), neste processo, grande parte do carbono (C) é assimilada como tecido microbiano, sendo que parte é convertida em húmus estável na biomassa do solo, onde o fracionamento granulométrico e associado aos minerais está contido neste processo.

O COP é o material presente na fração areia (> 53 µm), sendo composto por materiais que ainda apresentam tecidos intactos, como resíduos de plantas e hifas de fungos (BALDOCK & SKJEMSTAD, 2000).

Segundo Bayer et al. (2004), Diekow et al. (2005), Conceição et al. (2005); a fração particulada da matéria orgânica, é sensível em detectar variações em práticas agrícolas e, por isso, é apontada como o melhor indicador para controlar alterações na qualidade do solo de sistemas de manejo.

A fração CAM, é associada às frações silte e argila (>53 µm) e apresenta formas de proteção que proporcionam longo tempo de reciclagem, apresenta ciclagem bem mais lenta, no que se refere à sua formação e decomposição, é necessário um

período maior para que a alteração dos sistemas de manejo tenha efeito no estoque de C desta fração (BAYER et al., 2004).

2.5 Estoque de carbono

A quantidade de carbono estocado no solo é determinada pelo balanço entre a entrada de matéria orgânica, pela adição de resíduos vegetais, pelas raízes, parte aérea e taxa de humificação, e as perdas por decomposição, sendo a respiração de raízes e microrganismos, lixiviação e erosão do solo (ZANATTA et al., 2007).

Os mecanismos que controlam os processos e seu balanço podem ser afetados pelas práticas de manejo do solo, bem como pelo próprio cultivo. O aumento do carbono do solo em relação à condição inicial é chamada de sequestro de carbono.

Geralmente, são observadas relações diretas entre o C da biomassa vegetal, e o C que é acumulado na matéria orgânica do solo (ZANATTA et al., 2007).

O aumento do estoque de carbono orgânico pode causar melhorias significativas na produtividade e em atributos do solo, como a qualidade da água (LAL, 2002). Por outro lado, as perdas de carbono orgânico do solo, devido ao uso inadequado do solo e práticas de má gestão, podem reduzir a qualidade do solo e aumentar a emissão de CO₂ para a atmosfera (LAL, 2002).

Balbinot et al. (2003), relatam que a fixação de carbono normalmente se relaciona com a ideia de armazenar reservas de carbono em solos, florestas e outros tipos de vegetação.

Também se promove o incremento nas reservas de carbono, pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas, assim a captura de carbono por reflorestamento e florestamento

pode ser quantificado estimando-se o armazenamento de carbono atmosférico na biomassa vegetal e no solo da floresta (BALBINOT et al., (2003).

Madeira et al.(1989), verificaram que houve redução nos estoques de COT em áreas de plantação de *Pinus* sp.

Em um trabalho realizado por Rangel & Silva (2007), o sistema de reflorestamento com *Pinus* sp, esteve próximo ou acima dos valores encontrados em mata nativa, ainda os autores afirmam que o maior estoque de COT em *Pinus* sp, pode ser explicado pela maior densidade do solo nestas áreas.

Além do carbono contido na biomassa florestal, áreas de plantios estão relacionadas à conservação e incrementos dos estoques de carbono no solo. Comparativamente, a vegetação florestal, os solos contêm cerca de 2/3 do carbono terrestre, portanto é um reservatório tão importante quanto à vegetação, para mitigar as emissões de GEE (LAL, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudos

Esta pesquisa ocorreu na região do Planalto de Santa Catarina, compreendendo os municípios de Ponte Alta do Norte, São Cristóvão do Sul e Santa Cecília, situadas na região no meio oeste catarinense, vale do Rio do Peixe, na microrregião de Curitibanos. O clima predominante segundo Köppen é mesotérmico úmido e verão ameno (Cfb) com temperatura média anual de 15,5°C e pluviosidade média de 1553 mm (SANTA CATARINA, 1991). O tipo de solo predominante nas áreas de estudo é Cambissolo Húmico, derivado de rochas efusivas da formação Serra Geral (Grupo São Bento), e segundo IBGE (2007), o tipo litológico é o

basalto. A textura do solo varia de franco argilosa à franca (tabela 1).

A condição de relevo é suave ondulado e a vegetação primária é de Floresta Ombrófila Mista. As áreas de estudos de cultivo florestal compreendem locais, onde houve a conversão de mata nativa (floresta de Araucária ou floresta ombrófila mista), estas áreas de cultivo formaram-se na década de 1970, através de incentivos fiscais de BNDES.

As áreas de mata nativa que compreende este estudo compõem parte da reserva legal, e área de preservação permanente da empresa que cedeu a área para a pesquisa.

Ao contrário que ocorre no manejo adotado atualmente, o manejo da área em sua primeira rotação, era utilizado a queima de restos de resíduos culturais, onde ocorria a eliminação por combustão de grande parte dos restos de colheita, atualmente o cultivo florestal está em seu segundo ciclo.

Nos dias atuais, quando necessário e/ou possível, é utilizado o subsolador no preparo das áreas, para o plantio em áreas com relevo apropriado.

Tabela 1: Granulometria do Cambissolo Húmico na camada de 0-40 cm, em diferentes usos do solo no Planalto de Santa Catarina.

Uso do solo	Profundidade (cm)	Areia (g kg^{-1})	Argila (g kg^{-1})	Silte (g kg^{-1})
MN 9	0-20	304	447	249
	20-40	313	487	200
P 9	0-20	350	405	245
	20-40	302	486	212
MN13	0-20	263	271	466
	20-40	267	275	458
P 13	0-20	269	328	403
	20-40	225	417	358
CP 21	0-20	160	424	416
	20-40	174	450	376
P 21	0-20	183	489	328
	20-40	194	507	299

Granulometria realizada pelo método da pipeta por Day (1965) e Gee & Bauder (1986). P 9, área de produção com *P. taeda* L., com 9 anos; MN 9, mata nativa próxima a área de produção de 9 anos; P 13, área de produção de *P. taeda* L., com 13 anos; MN 13, área de mata nativa próxima a área de produção de 13 anos; P 21, área de produção de *P. taeda* L., com 21 anos; CP 21, área de mata nativa próxima a área de produção com 21 anos.

As áreas analisadas foram de vegetação nativa (capoeira e floresta nativa) e cultivo florestal com *Pinus taeda* L., (figura 1).

A escolha das áreas teve como critério a idade do cultivo florestal e a proximidade de área nativa com o local de cultivo de *Pinus taeda* L., para que as condições de solo e relevo permitissem a comparação. Na escolha das áreas de produção foi levada em consideração a idade das árvores, onde foram selecionadas áreas de 9, 13 e 21 anos, sendo apresentados na tabela 3, os dados de DAP (diâmetro altura do peito), H (altura) e V (volume em m^3) nas áreas de coleta com 20 m x 20 m, de cultivo florestal em duas profundidades, sendo

de 0-20 cm e 20-40 cm, de espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m, totalizando 1600 ind. ha-1.

Atualmente a área encontra-se na segunda rotação, com implantação do 1º cultivo na década de 1970.

As profundidades totais das áreas de estudo podem ser observadas na tabela 2.

Segundo Shimizu & Sebbenn (2008), em solos com < 1 m de profundidade, normalmente, há perda no crescimento em altura e, consequentemente, no volume de madeira produzido.

Tabela 2: Profundidade efetiva média da parcela, drenagem e altitude.

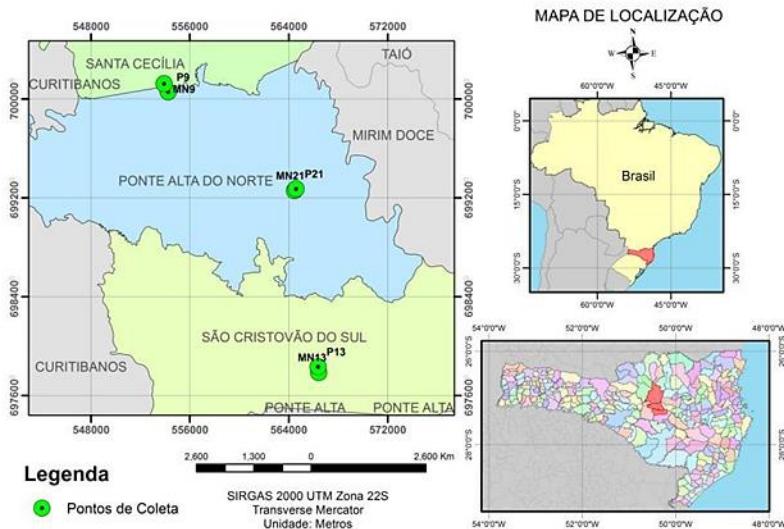
Área	Prof. efetiva média (m)	Drenagem	Altitude (m)
MN 9	> 1,20 m	Boa	989
P 9	> 1,20 m	Boa	990
MN13	< 0,70 m	Boa	1.18
P 13	< 0,60 m	Boa	1.175
CP 21	< 0,70 m	Boa	1.063
P 21	> 1,20 m	Boa	1.064

Tabela 3: Resumo dos dados de diâmetro à altura do peito, altura total (h) e volume total (v) por indivíduo para duas idades de *Pinus taeda* L. Onde: mín, méd e máx representam respectivamente, os valores mínimos, médios e máximos de cada variável.

Idade (anos)	dap(cm)			h (m)			v(m³)		
	min	méd	máx	min	méd	máx	min	méd	máx
9	8	16	23	9,8	11,6	13,4	0,02	0,12	0,26
13	21	27	36	15,4	17,2	19	0,26	0,49	0,70
21	30	37	45	24,7	26,3	28	0,91	1,41	1,97

Fonte: Bonazza (2015), modificado.

Figura 1: Localização das áreas de estudo.



3.1.1 Mata nativa (MN 9)

A área MN 9 faz referência à área de P 9, foi observado que neste local que compõe o presente trabalho, havia espécies como: *Araucaria angustifolia*, *Ilex paraguaiensis*, *Mimosa scabrella*, além de outras espécies de gramíneas não identificadas.

Estas espécies formavam um pequeno bosque de um extrato superior, e um pequeno sub-bosque de extrato inferior.

3.1.2 Área com *P. taeda* (P 9)

A área de produção com 9 anos (plantio em 2006), foi implantada com o espaçamento 2,5 m x 2,5 m, com um desbaste realizado aos 8 anos, possuindo um remanescente de

aproximadamente 1100 ind. / ha, e apresentando incremento médio anual (IMA) de 15,03 m³/ha/ano.

Vegetação rasteira inexistente, o local apresenta cobertura de acículas. A área encontra-se em sua segunda rotação.

3.1.3 Mata Nativa (MN 13)

A área de mata nativa que faz referência a de produção de 13 anos (P 13) formava um pequeno bosque de um extrato superior, e um pequeno sub-bosque de extrato inferior com muitos exemplares de *Baccharis uncinella*, *Ilex paraguaiensis*, *Mimosa scabrella* e outras espécies não identificadas.

3.1.4 Área com *P. taeda* (P 13)

Área de produção com 13 anos (plantio em 2002), espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m, com dois desbastes realizados primeiro aos 8 anos e segundo aos 11 anos, possuindo remanescente de 600 ind. / ha, apresentando IMA de 22,98 m³/ha/ano.

3.1.5 Capoeira (CP 21)

Capoeira próxima ao local de produção de 21 anos, área com formação de um pequeno bosque pelo fato de ocorrer manutenção periódica, com a presença de espécies de pequeno porte como: *Ilex paraguaiensis*, *Mimosa scabrella* e *Baccharis uncinella*, além de outras gramíneas que formam uma cobertura no solo que não foram identificadas.

3.1.6 *P. taeda* (P 21)

Área de produção com 21 anos, implantada em 1994, com espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m, foram realizados três desbastes, sendo primeiro aos 8, o segundo aos 11 e o terceiro aos 15 anos, com remanescente de 400 ind. / ha, apresentando IMA de 26,91 m³/ha/ano.

Vegetação rasteira presente com alguns exemplares do gênero *Equisetum* e presença de acículas na cobertura do solo.

3.1.7 Biomassa do componente aéreo

Nas amostragens realizadas de 400 m² (20 m x 20 m) das áreas de produção de *Pinus taeda* L., foram realizadas as medições da circunferência a altura do peito (CAP) e altura dos indivíduos dentro de cada parcela.

Com os dados de inventário florestal, foi empregada a equação alométrica para estimativa de biomassa, onde Higa et al (2014), desenvolveram para plantações de *Pinus taeda* L., em Rio Negrinho – SC, sendo:

Para as áreas de cultivo florestal P 9, P 13 e P 21, a equação utilizada foi:

$$\ln(\hat{Y}) = -2,9508 + 1,334359 \ln(X) \quad (R^2 = 0,969).$$

Onde:

\hat{Y} = biomassa da parte aérea, kg ha⁻¹;
 X = área transversal, cm².

3.2 Amostragem e avaliações

As coletas de solo foram realizadas em janeiro e março de 2015, em amostras deformadas nas camadas de 0-20 cm e

20-40 cm, em seis locais (três de *P. taeda* e três em mata nativa / capoeira) com auxílio de trado holandês, em dois transectos com 10 pontos de coleta em cada amostra, equidistantes de 2,5 m cada (seguindo o espaçamento das árvores).

Em cada ponto foram coletadas amostras indeformadas para determinação da densidade do solo (tabela 4), utilizando anel volumétrico de 141,37 cm³.

As avaliações realizadas foram: densidade do solo, granulometria, carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, nitrogênio total, nitrogênio particulado, componentes edáficos, drenagem e profundidade efetiva.

Tabela 4: Densidade do solo em kg dm⁻³ em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.

Uso do solo	Camada		Média (kg dm⁻³)
	0-20 cm	20-40 cm	
P9	1,384	1,389	1,386
MN9	1,366	1,325	1,345
P13	1,081	1,086	1,083
MN 13	0,774	0,796	0,785
P21	1,012	1,077	1,044
CP 21	1,156	1,146	1,151

As amostras foram moídas em moinho de bola até passar em peneira de 53 µm. A determinação das concentrações de carbono e nitrogênio via seca, foram realizadas em aparelho analisador, Elementar Vario EL Cube.

Para separação do carbono particulado (COP), foi realizado fracionamento do solo com agitação de 20 gramas de solo, com hexametafosfato de sódio por 16 horas, seguida de lavagem e separação em peneira de 53 µm (CAMBARDELLA

& ELLIOTT 1992).

A fração particulada foi seca em estufa a 60°C, e moídas em gral de porcelana para realizar análise de carbono pelo método já descrito. A partir da diferença entre COT e COP, foi obtido o CAM.

O estoque de C orgânico do solo foi calculado pelo método de massa equivalente, baseado em Guareschi et al. (2012), pela fórmula: Estoque de COT= $\sum C_{ti} + [M_{tn} - (\sum M_{ti} - \sum M_{Si})]C_{Tn}$; onde $\sum C_{ti}$ é o somatório do carbono da primeira à penúltima camada (n-1) no perfil avaliado (Mg ha⁻¹); $\sum M_{Si}$ é o somatório da massa do solo da primeira à última camada no perfil avaliado (Mg ha⁻¹); $\sum M_{ti}$ é o somatório da massa do solo da primeira à última camada no perfil de referência (Mg ha⁻¹); M_{tn} é a massa do solo na última camada do perfil avaliado (Mg ha⁻¹); CT é a concentração de carbono na última camada do perfil avaliado (Mg de C Mg⁻¹ de solo). Para o presente estudo foram consideradas, como referência, as massas de solo das camadas correspondentes a Mata Nativa (MN) e Capoeira (CP). A análise granulométrica foi determinada pelo método da pipeta conforme descrito por Day (1965) e Gee & Bauder (1986), com dispersão de 50 gramas de terra fina seca ao ar (TFSA) em 70 mL de água e 10 mL de NaOH 1N e 4 h de agitação mecânica em agitador horizontal.

Os atributos edáficos do solo foram: Acidez ativa e potencial, alumínio e potássio, segundo metodologia de Tedesco et al. (1995), e posteriormente o fósforo foi determinado por colorimetria, conforme metodologia descrita em MURPHY & RILEY (1962).

A densidade foi determinada pelo método do anel volumétrico (Solos, 1997), sendo utilizados os valores de densidade para o cálculo do estoque de carbono.

A circunferência a altura do peito das árvores medidas, foi realizada com fita métrica e a altura total, com o uso do Vertex.

3.3 Análise dos dados

A comparação dos dados obtidos foram realizadas utilizando o intervalo de confiança (95 %). Foram comparadas cada camada individualmente entre os locais estudados, e aplicado a correlação de Pearson no auxílio da discussão dos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Biomassa aérea nas áreas de cultivo

A quantidade de biomassa aérea encontrada nos locais de cultivo florestal, apresentaram poucas variações, sendo a pequena diferença ocorrida, podendo ser explicada pela idade e manejo adotado para cada local, sendo: P 9 (59,43 t/ha), P 13 (62,90 t/ha) e P 21 (62,75 t/ha).

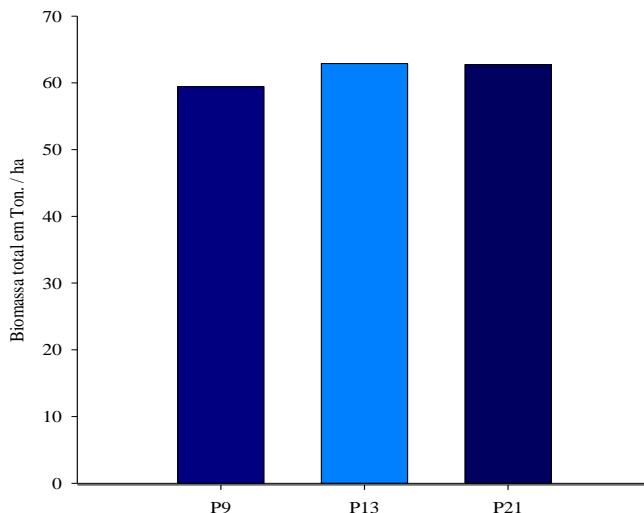
As empresas utilizam todos os produtos que o cultivo florestal oferece, como desde a madeira que irá ser utilizada para móveis e construção civil, a biomassa aérea remanescente chamada popularmente de “lenha”, que servirá para o abastecimento de indústrias que possuem caldeira, e utilização até em usinas de biomassa.

Conforme descreve Witschoreck et al. (2008), as sucessivas rotações, com a exportação nutricional através da remoção da biomassa aérea, causa um balanço negativo, onde há mais retirada que reposição, efeito que pode causar diferença na produção de biomassa em cultivos futuros. Higa et al. (2014), descrevem que o termo biomassa aérea, é aplicado para o total de matéria orgânica, morta ou viva.

Com os dados obtidos (figura 2), os resultados apresentaram ser semelhantes, mesmo apresentando diferenças

nos indivíduos remanescentes, conforme apresentado na tabela 3, houve diferença no volume médio por indivíduo em cada área de cultivo, mas os valores foram semelhantes de biomassa aérea.

Figura 2: Biomassa aérea do componente arbóreo de cultivo florestal em Cambissolo Húmico.



4.2 Carbono orgânico total do solo

O teor de COT variou de 17,4 g kg⁻¹ (MN 9) a 67,3 g kg⁻¹ (MN 13) nas camadas avaliadas e nos diferentes locais estudados.

A variação encontrada nos valores comparados entre cultivo florestal e área nativa, conforme será observado mais adiante, pode ser ligada a diversidade de plantas dos locais comparados, como a diferença que apresentou em MN 13 e P13, onde MN 13 apresentava maior diversidade de plantas que em relação a P 13, associado a fatores climáticos, tipo de solo,

cobertura vegetal e pelas práticas adotadas pelo sistema de manejo pode ser explicado esta diferença no intervalo de confiança (HAAG, 1985).

A altitude também pode interferir nos resultados, como apresentados na tabela 2, Moraes et al. (2013), relatam que o aumento da altitude, reduz a decomposição de agentes que contribuem para a entrada de C no solo, como no caso de em MN 13.

Segundo Loss et al. (2011), relatam que o impacto dos sistemas de cultivo florestal, que adicionam matéria orgânica via resíduos vegetais, podem incrementar o conteúdo de carbono orgânico do solo, contribuindo para a manutenção da sustentabilidade do solo e diminuição da emissão de CO₂ para a atmosfera.

Quando se relacionou os teores de argila e carbono orgânico, verificou-se correlação positiva entre COT e argila ($r = 0,28^{**}$), anexo 1, estando relacionado com a proteção da matéria orgânica do solo (Ernani, 2008).

Observando a tabela 1, a fração total, pode ser influenciada pela quantidade de argila encontrada nestas áreas estudadas.

Já Viera et al. (2011), relatam que o acúmulo de biomassa aérea em área de cultivo de pinus, ocorre prioritariamente na madeira comercial, e que a permanência dos resíduos sobre o solo, é uma prática recomendável, pois futuramente, pode diminuir a necessidade reposição nutricional, fato este não muito comum em áreas de cultivo florestal.

Fierer et al. (2005), relatam que a prática de desbaste, favorece a ação de organismos destruidores, reduzindo a quantidade de serapilheira, e que este tipo de manejo está ligada diretamente a entrada de luz nas áreas de cultivo evidenciando que a relação de COT pode estar ligada diretamente com o manejo realizado.

Já autores como Mafra et al. (2008), discutem que em sistemas florestais, além do armazenamento de C no solo, pode-se ter considerável estoque desse elemento na parte aérea das árvores, o que, ao longo do tempo, podem interagir com o solo pela decomposição da serapilheira.

Já nos valores de COT das áreas de cultivo florestal (Figura 3), na profundidade de 0-20 cm, P 13 apresentou 50,6 g kg⁻¹, P 21 35,5 g kg⁻¹, e P 9 com 22,6 g kg⁻¹, já na camada de (20-40 cm), P 13 apresentou 38,9 g kg⁻¹, P 21 com 31,1 g kg⁻¹, e P 9 com 17,4 g kg⁻¹, diferindo os valores encontrados na primeira e segunda camada, evidenciando que conforme aumenta a profundidade, diminui o COT, mas aparentemente não sendo influenciado pela idade de cultivo florestal.

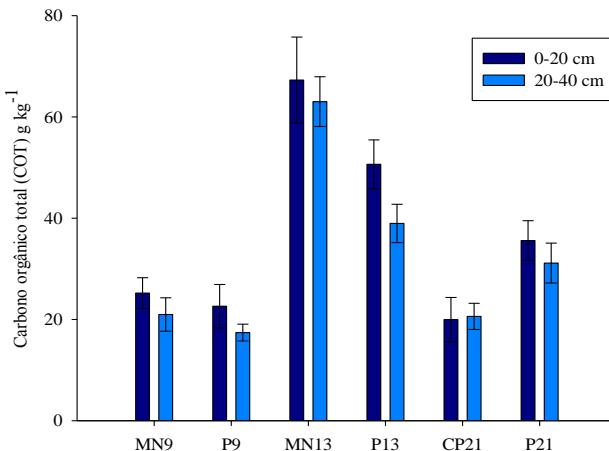
Bayer et al. (2004), Morales et al. (2013), relatam que os maiores estoque de COT, ocorre nas camadas superficiais do solo, e Balbinot et al. (2003), indicam que os teores de matéria orgânica e carbono orgânico do solo, são normalmente altos, devido a lenta decomposição, principalmente nas camadas superficiais.

Já na área estudada com o cultivo de *Pinus taeda* L., com 8 anos, Baretta et al. (2005), observaram que os valores obtidos de coeficiente metabólico foram maiores nas áreas de cultivo de pinus, seguido pela área de campo nativo com queima, mata nativa e campo nativo sem queima, onde com os sucessivos ciclos, as perdas de C se refletiria no futuro, sendo o pinus e campo nativo com queima, decorrentes da alta atividade microbiana.

Em contraponto com o presente trabalho, que apresentou 53% do COT na primeira camada, observa-se que houve redução dos valores de COT nos dois sistemas estudados, da primeira para a segunda camada.

Morales et al. (2010), relatam que aproximadamente 30% do COT é encontrado na camada de 0-20 cm, demonstrando maior acúmulo em superfície e uma menor decomposição, que pode ser explicado pela altitude.

Figura 3: Teores de carbono orgânico total (COT) em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

Balbinot et al. (2003), estimam que o carbono orgânico até 100 cm de profundidade, deste total cerca de 65% está presente nos primeiros 40 cm de profundidade.

Morales et al. (2013), relatam que os teores e quantidades de carbono orgânico do solo sob plantio de *Pinus taeda* L., aos 6 anos de idade, diminuem na medida em que aumenta a profundidade do solo, fato atribuído a menor quantidade de raízes e a maior adição de resíduos na superfície do solo, que pode explicar em parte os resultados encontrados no presente trabalho.

4.3 Carbono orgânico particulado

Os maiores teores de COP também foram encontrados na área MN 13, mas semelhante a P 13, dentro do intervalo de confiança.

Conforme já discutido anteriormente, onde Balbinot et al. (2003), relatam teores de matéria orgânica e carbono orgânico do solo, são maiores na superfície, em todas as áreas estudadas, sendo uma possível explicação a lenta decomposição nas camadas superficiais.

MN 13 por se tratar de uma área com uma diversidade em relação a P 13, e também pode ser explicado pelo fato que as áreas de cultivo florestal, recentemente terem passado por um desbaste, podendo ter influenciado nos valores obtidos, porém P 13 apresentou um intervalo de confiança maior nas duas camadas, não diferindo de MN 13.

Rossi et al. (2012), relatam que a utilização de sistemas de manejo que promovam diferentes aportes de biomassa aérea vegetal, pode ser identificada por meio do COP, onde Six et al. (2004), relatam que o processo de absorção de nutrientes pelas plantas, eleva o teor de COP em superfície, sendo mais evidente esta diferença em MN 9 com P 9.

Os resultados de Mafra et al. (2008), sugerem que a diferença entre MN 9 e P 9, pode ser explicada pelo uso do solo em áreas florestais, influencia a dinâmica da matéria orgânica, especialmente na camada superficial, onde a adição de material orgânico proveniente de serapilheira é responsável pelo acúmulo de carbono na camada superficial do solo.

Bayer et al. (2004), relatam que a diferença encontrada da área de cultivo P 9 com a de mata nativa MN 9, pode estar relacionado à maior adição anual e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo.

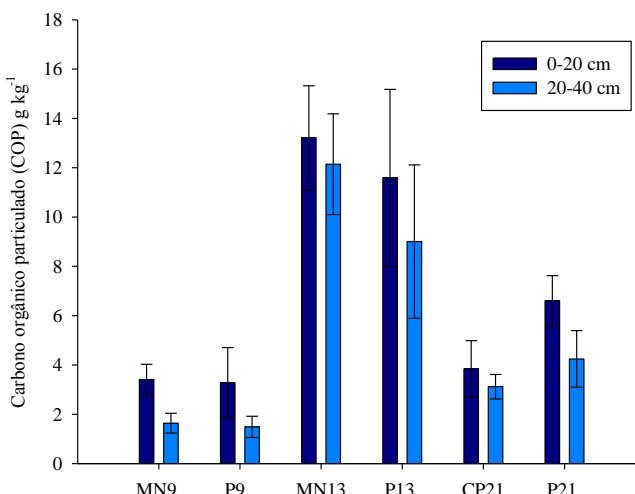
No caso de estudos que procuram observar o comportamento de ambientes que modificaram a vegetação original, Rantalainen et al. (2004), a fragmentação de ecossistemas pode

modificar os padrões de diversidade da fauna do solo em escala de habitat, ao alterar a quantidade e qualidade da serapilheira, afetando a disponibilidade de C lável.

Observa-se também os valores encontrados nas áreas de produção (Figura 4), sendo P 13 > P 21 > e P 9, onde P 13, encontra-se em fase de desenvolvimento alto em relação as outras duas áreas de produção.

A semelhança apresentada de MN 13 em relação a P 13 na primeira camada, pode ser explicada segundo Potes et al. (2010), que raízes finas ficam mais concentradas nos primeiros centímetros do solo, o que pode ser uma possível explicação, para os 54% encontrados nos primeiros 20 cm em COP

Figura 4: Teores de carbono orgânico particulado (COP) em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

4.4 Carbono Orgânico Associado aos Minerais

Valores obtidos de CAM (diferença entre COT e COP) mostraram grande variação nos locais de pesquisa, como em MN 13 e P 13, que apresentou diferença no intervalo de confiança, e que pode ser explicada pela diversidade maior em MN 13.

Segundo Bayer et al. (2004), em geral o CO associado aos minerais apresenta uma ciclagem bem mais lenta, podendo explicar esta diferença entre estes locais MN 13 e P 13.

Outro local que apresentou diferença foi em CP 21 e P 21, P 21 está em sua segunda rotação com cerca de 40 anos de cultivo florestal, sendo que o revolvimento ocorre somente durante a época de corte raso e plantio.

Já em CP 21, apresentou diferença no intervalo de confiança em relação a P 21, podendo ser explicado pelo fato ser uma área onde ocorre uma perturbação antrópica, por se tratar de uma área sob rede de alta tensão, onde praticamente o horizonte A não ocorria.

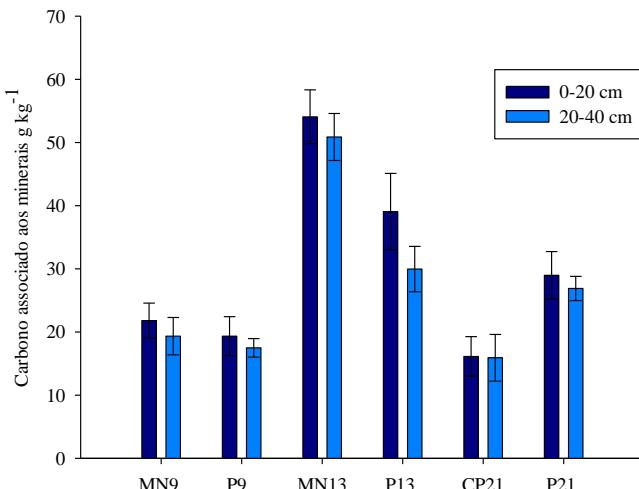
Teores intermediários de CAM ocorreram em P 13 e P 21, apresentaram maior teor de CAM na primeira e segunda camada, podendo ser explicado pelo maior aporte de serapilheira na superfície do solo, que conforme o desenvolvimento do cultivo florestal ocorre.

Já em MN 9 em comparação a P 9, não apresentaram diferenças (Figura 5), P 9, também está em sua segunda rotação e com cerca de 40 anos de cultivo de *Pinus taeda* L., podendo ser explicado por se tratar ainda de um cultivo jovem nesta rotação, não apresentando grande aporte de serapilheira devido a espécie ainda não ter atingido seu grande pico de desenvolvimento.

Higa et al. (2008), relatam que o pico de desenvolvimento da espécie *Pinus taeda* L., é atingido aproximadamente aos 14-15 anos.

Considerando a soma dos valores de 0-40 m, temos a seguinte sequência: MN 13 > P 13 > P 21 > MN 9 > P 9 > CP 21, isto demonstra que MN 13, tem pouca interferência externa em relação às áreas de cultivo de *Pinus taeda* L., e consequentemente possui maiores valores de CAM, e na média dos locais estudados, 53% do CAM está presente nos primeiros 20 cm.

Figura 5: Teores de carbono associado aos minerais (CAM) em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

4.5 Teores de Nitrogênio total

Observa-se que os teores de NT são mais expressivos nas áreas de mata nativa (figura 6), devido ao grande número de espécies presentes, e em grande parte das áreas de produção estudadas na primeira camada.

Os valores encontrados de NT, 53% estão presentes nos primeiros 20 cm do solo, ficando evidente o acúmulo de NT na camada superficial. Segundo Ernani (2008), cita que todo o nitrogênio existente no solo está na solução do solo, já que nossos solos têm cargas líquidas negativas.

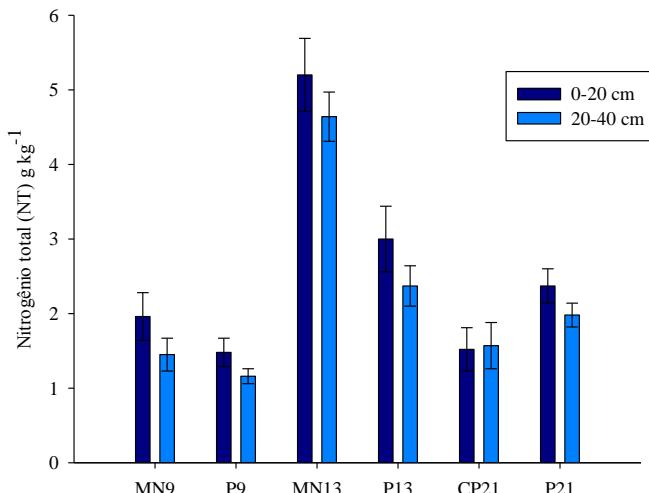
Os maiores acúmulos de nitrogênio foram encontrados nas áreas de mata nativa, mostrando diferença de MN 13 com P 13 nas duas camadas, MN 9 e P 9 sendo semelhantes na primeira camada e diferente na segunda camada e CP 21 com P 21, sendo diferente na primeira camada e semelhante na segunda camada respectivamente, com base no intervalo de confiança apresentado (Figura 6).

Brun et al. (2010), encontraram resultados diferentes ao presente trabalho, onde os maiores acúmulos de nitrogênio total podem ser relacionados em áreas de cultivo de *Pinus*, introduzido em local de floresta nativa, onde os resíduos da primeira rotação foram queimados.

É possível notar que os teores de NT diminuíram com a profundidade, com exceção para a área CP 21, que pode ser explicado por se tratar de uma área com vegetação do tipo capoeira, e em boa parte não apresentar cobertura do solo, este resultado pode estar relacionado diretamente à erosão neste local, onde a MOS presente em superfície é lixiviada, sendo os nitratos e nitritos, que são ânions, mostram-se particularmente suscetíveis à lixiviação (CAMARGO et al., 2008; ERNANI, 2008).

O decréscimo do teor de NT, já era esperado, como a redução do COT conforme aumenta a profundidade do estudo, segundo Ernani (2008), a MO contribui com 5%, sendo que o C na fração húmica varia de 40 a 50%, porém isso depende do material de origem da formação dos solos, e também do estágio da decomposição do material.

Figura 6: Teores de N total em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

4.6 Teores de Nitrogênio particulado

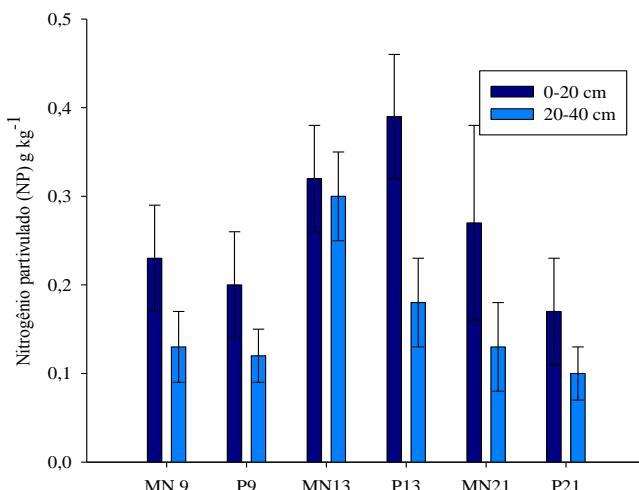
Na avaliação dos teores de N particulado, observa-se, que P 13 ($0,39 \text{ g kg}^{-1}$) apresentou os maiores teores na primeira camada, e na segunda camada foi MN 13 ($0,30 \text{ g kg}^{-1}$), mas se compararmos as áreas de produção com a de referência de mata nativa, não ocorreu diferença em nenhuma das áreas de pesquisa (Figura 7).

Os resultados obtidos de NP, são semelhantes com as obtidas com o encontrado em COP, foram maiores na primeira camada e menor na segunda camada. Brun (2008), relata que a diferença encontrada de MN 13 e P 13 é considerado normal, em solos de áreas naturais ou em áreas plantadas, como no caso

deste trabalho, onde estas áreas estudadas, sofrem um manejo de baixa intensidade, como é o caso dos cultivos florestais.

Nos sistemas naturais e de cultivo florestal, a introdução de nitrogênio, ocorre predominantemente em superfície, onde 63% do NP estão presentes nos primeiros 20 cm, e esta adição vem através da serapilheira e dos resíduos de atividades de manejo e colheita.

Figura 7: Teores de N particulado em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

4.7 Teores de Nitrogênio associado aos minerais

As áreas de estudo com cultivo florestal passam atualmente pela segunda rotação, apresentam histórico sem a utilização da reposição nutricional.

Percebe-se que os valores tiveram variações nas áreas coletadas, como em MN 13 apresentou os maiores valores, por

apresentar uma maior diversidade de plantas, que podem ter influenciado os valores encontrados.

Os valores encontrados entre MN 9 e P 9, foram diferentes na primeira camada e semelhantes na segunda, já em MN 13 e P 13 apresentaram diferenças no intervalo de confiança nas duas camadas e em CP 21 com P 21, foram diferentes na primeira camada e semelhantes na segunda camada.

Em P 13, uma explicação provável está em seu pico de desenvolvimento, já discutido anteriormente, e provavelmente por ter uma deposição de serapilheira maior devido ao desenvolvimento da espécie, e a coleta ter ocorrido neste local em período próximo ao outono (março), pode apresentar maiores valores de NAM.

Schumacher et al. (2008), relatam que os valores de NAM devolvidos ao solo, via resíduos culturais é menor que em comparação com serapilheira, esta deposição de serapilheira, é mais intensa no outono e menor no período de inverno – primavera, podendo ser relacionada com a variação de NAM encontrado durante período de estudo.

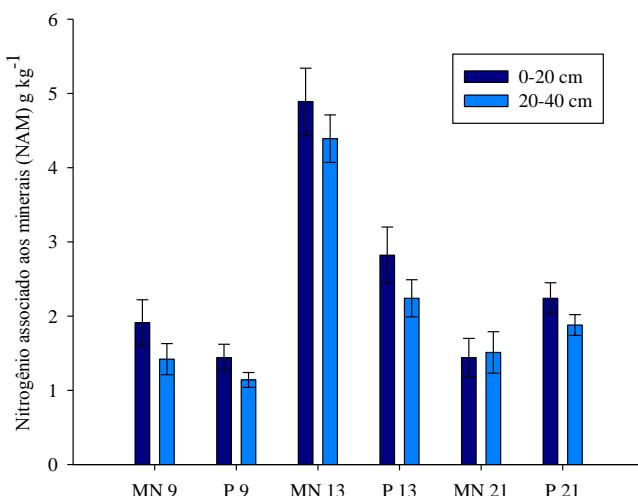
Os valores encontrados em NAM foram maiores na primeira camada, com exceção a CP 21, que conforme já discutido anteriormente, por se tratar de uma área de capoeira e com intervenção constante, ocorrendo esta tendência, apresentou resultados semelhantes, sendo respectivamente 1,44 e 1,51 g kg⁻¹ na primeira e segunda camada. Dos valores médios encontrados, cerca de 54% do total encontrado de NAM, estava presente na primeira camada (figura 8).

Brun (2008) destaca que encontrou resultados semelhantes ao de CP 21, onde relata que a camada superficial do solo, apresenta um teor de NAM um pouco menor, pelo fato de ocorrer o consumo de NAM no crescimento das árvores.

A ocorrência de maior extração nutricional pela produção de *Pinus taeda* L., este aspecto alerta para que a cada rotação, sejam realizadas avaliações quanto ao status da

matéria orgânica e seus componentes nas áreas de cultivo de *Pinus taeda* L., de forma que o consumo ocorrido seja reposto, visando à sustentabilidade do cultivo florestal na região.

Figura 8: Teores de N associado aos minerais, em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

4.8 Relação C/N total, particulada e associada aos minerais

A relação C/N encontrada próximo dos valores de 14, e de 15 para as áreas de mata nativa (tabela 5), e valores maiores nas áreas de cultivo florestal.

A indicação que há menor relação C/N e menor conteúdo de C aromático de mata nativa em relação à do cultivo florestal, torna mais facilmente decomponível o

material, e refletem a qualidade do substrato orgânico dos ambientes (WIESMEIER et al., 2009).

A relação C/N total, foi maior na primeira camada P 9 e P 13, fato explicado pelo aporte de serapilheira depositada na superfície do solo e que contribui com a biota do solo (BRUN et al., 2010).

Os valores encontrados na fração particulada apresentaram valores maiores que a relação C/N de COT.

Dick et al. (2009), esclarecem que uma relação C/N maior que 30 tendem a provocar imobilização de N nos solos, enquanto relação menor do que 20, ocorrerá o predomínio da mineralização, aumentando o teor de N disponível para as plantas, sendo P 13 apresentando relação maior que 20.

Adami et al. (2009), relatam que o nitrogênio presente no solo é, em grande parte, usado pelos microorganismos na decomposição das acículas, a espessa camada de serapilheira do pinus formada na superfície, constitui uma proteção eficaz contra as oscilações de temperatura e umidade do solo.

Outras condicionantes como: pH, suprimento de oxigênio e disponibilidade de nutrientes, nessas condições podem ter favorecido a biota do solo no processo de mineralização da MOS residual (CHAVES e CORREA, 2005).

A conversão no uso do solo, de mata nativa para povoamentos de *Pinus taeda* L., foram observadas diferenças nas áreas estudadas no intervalo de confiança, com exceção a MN 9 da fração total na segunda camada, e MN 9 nas duas camadas na fração particulada.

Resultados de relação C/N podem ser influenciados pelo conteúdo de lignina, celulose, hemicelulose, proteínas e carboidratos, modificando a labilidade de C (Tirol-padre & Ladha, 2004).

Tabela 5: Relação C/N, da fração total, particulada e associada aos minerais.

Uso do solo	Camada		
Relação C/N (Fração Total)	0-20 cm	20-40 cm	Média
MN9	13,1± 0,9	14,4 ± 0,9	13,7 ± 0,9
P9	15,2 ± 1,0	15 ± 0,7	15,1 ± 0,9
MN13	13 ± 0,4	13,6 ± 0,3	13,3 ± 0,3
P13	16,8 ± 0,4	16,4 ± 0,6	16,6 ± 0,5
CP21	13 ± 0,4	13,1 ± 0,5	13,1 ± 0,5
P21	15 ± 0,7	15,7 ± 0,5	15,3 ± 0,6
Relação C/N (Fração particulada)			
MN9	15,5 ± 2,13	13,2 ± 2,5	14,3 ± 2,3
P9	19,6 ± 3,9	18,8 ± 3,4	19,2 ± 3,6
MN13	15 ± 0,6	16 ± 0,6	15,5 ± 0,6
P13	21,3 ± 2,5	20,6 ± 1,4	21 ± 2
CP21	19,4 ± 2,1	19,7 ± 1,3	19,5 ± 1,7
P21	19,2 ± 2,8	17,9 ± 1,4	18,5 ± 2,1
Relação C/N (Fração associada aos minerais)			
MN9	11,6 ± 0,8	13,6 ± 0,8	12,6 ± 0,8
P9	13,4 ± 0,6	14 ± 0,6	13,7 ± 0,6
MN13	11,1 ± 0,6	11,6 ± 0,5	11,3 ± 0,6
P13	13,8 ± 0,7	13,4 ± 0,7	13,6 ± 0,7
CP21	11,1 ± 0,6	11,5 ± 0,8	11,3 ± 0,7
P21	12,9 ± 0,8	14,3 ± 0,6	13,6 ± 0,7

Intervalos de confiança (95 %).

4.9 Proporção COP/COT (%) e CAM/COT (%)

A proporção de COP e CAM demonstra a contribuição e importância destas frações para o COT dos solos.

Em todos os tipos de uso do solo, foi verificado que entre 72 e 88% do COT é composto de CAM, o que pode ser explicado pelo acúmulo de compostos orgânicos de maior estabilidade química.

Valor encontrado em MN 9 e apresentam o menor valor de COP/COT e maior de CAM/COT, que pode ser explicada pela quantidade de biomassa e qualidade que é depositada na superfície da área, por se tratar de uma área com maior diversidade.

A alta estabilidade química de certas frações orgânicas resultam da alta recalcitrância das substâncias que as compõem, da reduzida velocidade das transformações que elas sofrem, principalmente nos locais em MN 9 e P 9, por apresentarem maiores estabilidade química, que em relação as demais áreas estudadas, e mecanismos de proteção contra a decomposição, como a formação de complexos com argilominerais no solo e a importância deste solo como reserva de C (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A relação entre COP/COT (tabela 6) variou de 12 até 28% do COT, onde os valores mais altos como no caso de P 13 e MN 13 apresentados, podem ser explicados pelo uso do solo nestas áreas, onde pode afetar a qualidade química local.

Gregorich e Jansen (1996); Moreira e Siqueira (2006), a fração COP/COT exerce ação protetora e é considerada fonte de energia para a biota do solo por atuar como fonte de energia às plantas, e seus maiores valores encontrados em P 13 e MN 13, podem ser explicados pelos maiores teores da fração particulada do C apresentado por estes sistemas, e que caracteriza uma maior deposição de resíduos vegetais no solo e maior retorno de C na fração lável.

Moreira e Siqueira (2006) indicam que há predominância de acúmulo de compostos orgânicos de maior estabilidade química, principalmente nas camadas subsuperficiais, como observado nos locais estudados.

Tabela 6 - Proporções de carbono orgânico particulado (COP) e carbono associado aos minerais (CAM) em percentagem em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.

Camadas (cm)	MN9	P9	MN13	P13	P21	CP21
Proporção COP/COT (%)						
0 - 20	13,6	13,87	19,59	22,4	18,63	19,14
20 - 40	7,65	8,45	19,29	22,51	13,38	15,92
Média 0 - 40	11,89	12,56	24,62	28,36	19,05	21,25
Proporção CAM/COT (%)						
0 - 20	86,39	86,12	77,6	80,4	81,36	80,85
20 - 40	92,34	91,54	80,7	77,48	86,61	84,07
Média 0 - 40	88,11	87,43	71,64	75,38	80,95	78,75

4.10 Estoque de COT

O estoque de carbono total, apresentou em P 13 108 Mg ha⁻¹ na camada de 0-20 cm, demonstrado que nesta área de cultivo florestal, possui grande semelhança ao valor apresentado de armazenamento de C da área de comparação MN 13.

Segundo Wiesmeier et al. (2009), em trabalho também realizado no Planalto Catarinense, relatam que a conversão de floresta com Araucária para área de cultivo florestal, há uma reduzida entrada de material orgânico, causando uma degradação forçada e consequente diminuição da MOS, devido este fato pelo declínio de MOS.

Áreas que ocorreram a conversão de mata nativa para cultivo florestal com *Pinus taeda* L., segundo Wiesmeier et al. (2009), relatam que o equilíbrio de MOS não será mais restabelecido, devido a longos períodos de cultivos florestais de exóticas, o que reduz o potencial de sequestro de carbono do

solo.

Os resultados obtidos, mostram que não houve diferença pelo o intervalo de confiança em MN 9 e P 9, e MN 13 com P 13, apresentando valores muito semelhantes.

Segundo Balbinot et al. (2003), no início do estabelecimento de florestas naturais e plantações florestais, a produção de serapilheira é baixa, aumentando com a idade, podendo posteriormente ocorrer redução, fato este que pode ter influenciado os valores encontrados neste trabalho.

É possível observar que os resultados obtidos de CP 21 e P 21, onde o intervalo de confiança apresentou diferença entre os locais estudados, que possivelmente esta diferença pode ser explicada pela perturbação antrópica ocorrida em CP 21, figura 9.

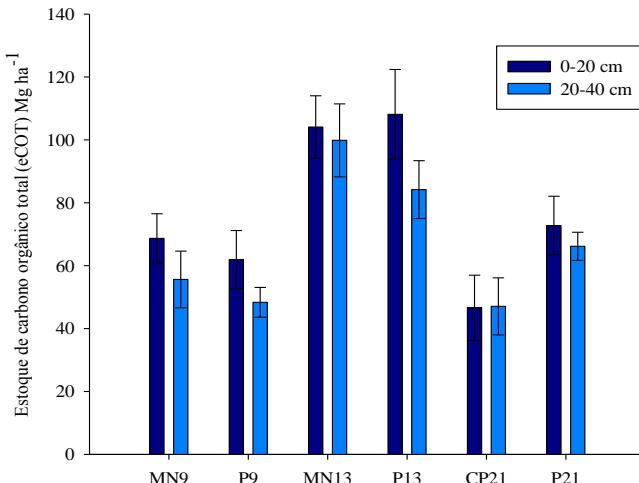
Almeida et al. (2012), relatam que a quantidade maior de estoque de carbono encontrado, foi na camada de 0-0,05 m em área de cultivo de 14 anos, e que a introdução do cultivo de pinus afetou diretamente a interação a dinâmica de MOS, onde a associação de MOS coloidal com minerais era relevante nas camadas mais profundas.

Balbinot et al. (2003), em estudo em Cambissolo Húmico alumínico argiloso, encontraram resultados de comparação de *Pinus taeda* L., e mata de *Araucaria angustifolia* semelhantes a este trabalho, e ressaltam que cerca de 65% do estoque de carbono total encontra-se nos primeiros 40 cm.

Porém conforme estes resultados alcançados demonstram que o cultivo florestal com *Pinus taeda* L., possui potencial de estoque de carbono, onde P 13 apresentou valores de destaque no estudo, sendo semelhante em relação a MN 13, e apresentando 53% do valor de eCOT nos primeiros 20 cm.

Morales et al. (2013), relatam que os estoques de carbono orgânico contidos no solo, variam conforme os sítios de produção, demonstrando a importância de resgatar o histórico de produção de cada área

Figura 9: Estoque de COT em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

4.11 Estoque de COP

O fracionamento físico mostrou a concentração de carbono orgânico na fração particulada, sendo semelhante em todas as áreas estudadas, sendo 60% presente nos primeiros 20 cm.

Os maiores teores encontrados foram nas camadas superficiais do solo, devido a grande quantidade de resíduos em decomposição e maior na área MN 13, usada como comparação.

Os teores encontrados mais baixos, como MN 9 e P 9, podem ser explicados pela presença de granulometria fina no solo estudado, na qual influencia diretamente o estoque de COP.

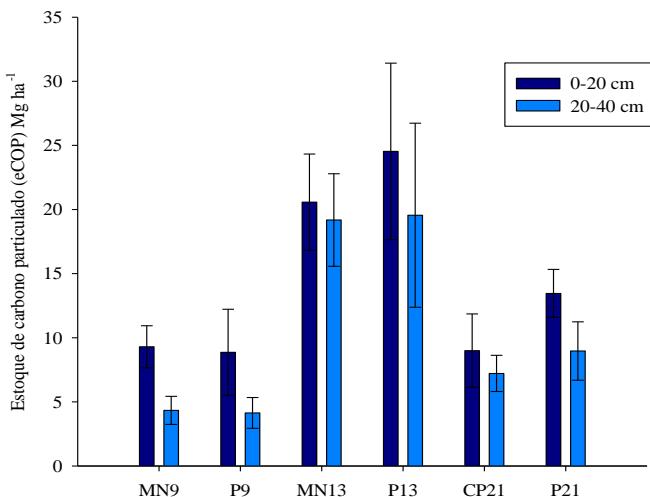
Somando as profundidades temos o seguinte resultado: P13 > MN13 > P21 > MN21 > MN 9 > P9, resultado pelo qual pode ser explicado por Schultz (1997), que no estado de Santa Catarina, a produção de *Pinus taeda* L., atingiu aos 9 anos uma produção 69,3 m³/ha e aos 14 anos uma produção 132,3 m³/ha, demonstrando que há grande quantidade presente de estoque de COP na área de estudo P 13, conforme a figura 10.

Segundo Bayer et al (2004), relatam que o eCOP, constitui um indicador sensível à qualidade de manejo.

Roscoe & Machado (2002), observam que a quantidade de carbono orgânico neste compartimento, resulta de um balanço entre a adição de resíduos e os processos de decomposição, e que nos locais estudados, apresentaram diferença no intervalo de confiança, e chama a atenção o valor de CP 21 em relação a P 21, onde CP 21 foi inferior a P 21, demonstrando que esta diferença, pode ser explicada pelo manejo ocorrido em CP 21.

Campos et al. (2004), relatam que nos ecossistemas naturais onde um mesmo tipo de vegetação permanece por longos períodos sem a intervenção, como em MN 9 e MN 13, a liberação de nutrientes pela serapilheira e a absorção de nutrientes pelas plantas, ocorrem em sincronia e o carbono orgânico é alterado.

Figura 10: Estoque de COP em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto Sul de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

4.12 Estoque de CAM

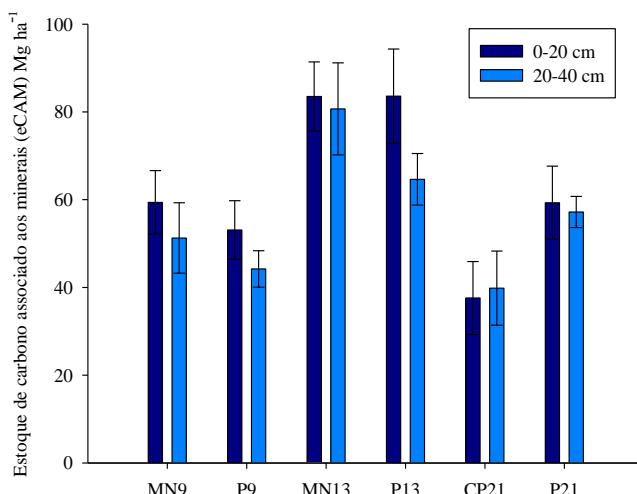
Os valores encontrados em eCAM, não apresentaram diferença nos intervalos de confiança entre MN 9 e P 9, MN 13 e P 13 (figura 11) já diferenças foram encontradas entre CP 21 e P 21.

A deposição de material orgânico, proveniente do desenvolvimento das árvores e pelo desenvolvimento da cultura que aos 13 anos, chega ao pico de desenvolvimento, forma uma cobertura com a deposição de acículas sob o solo. Chama a atenção a área CP 21, e por ser uma área que periodicamente ocorre manejo, como explicado anteriormente, onde o estoque de CAM, por conter maior quantidade de

biomassa abaixo do solo, devido a raízes finas provenientes de gramíneas.

Os valores encontrados entre as áreas de CP 21 e P 21 pelo intervalo de confiança, se deve a ação antrópica de ocorrência em CP 21, onde P 21 apresenta-se como uma área que o manejo ocorre aproximadamente a cada ciclo, representando que o estoque de CAM de P 21, pode ser atribuído ao avançado estágio de humificação da matéria orgânica, que se torna altamente estável (SCHIAVO et al., 2011).

Figura 11: Estoque de CAM em duas camadas de um Cambissolo Húmico no Planalto de Santa Catarina.



Barras representam intervalos de confiança (95 %).

4.13 Atributos edáficos

Os solos na região do planalto catarinense, segundo CQFS (2004) são considerados ácidos com altos teores de alumínio, sendo este responsável pela estabilização da MOS em grande parte, através da complexação, para teores de Al trocável maiores do que 5,5 cmolc kg⁻¹ (SILVA et al., 2008).

Observa-se que os menores valores encontrados de pH em água (acidez ativa) na primeira camada foram em P 9 (990 m de altitude) e P 21 (1.064 m de altitude), e na segunda camada em MN 13 (1.180 m de altitude), já para o pH SMP (acidez potencial), na primeira camada foram em MN 13 e P 21 e na segunda camada em P 21, apresentando maiores diferenças em MN 9, que apresentou os maiores índices de pH em água e pH SMP.

Silva et al. (2008), relatam que em regiões de altitudes mais elevadas, como exemplo nos locais que compuseram esta dissertação, os valores apresentados de pH em água e SMP, podem ser explicados que a acidez, está associada a grupos carboxílicos, que se acumulam no solo devido a taxa de decomposição ser baixa.

Conforme os valores encontrados de pH em água, segundo CQFS (2004), todos apresentam índice de acidez, segundo Ernani (2008), normalmente a acidificação está relacionada com a lixiviação de bases causando maiores modificações em solos intemperizados e/ou pobres em nutrientes.

Já em estudo realizado por Riha et al. (1986) com *Querus robur* L., *Pinus sylvestris* L. e *Betula pendula* Roth, a acidificação no local onde estava localizado o cultivo com pinus foi maior que em relação as outras espécies.

O pH SMP utilizado para estimar a acidez potencial, tabela 7, apresentou valores diferentes ao apresentado pelo pH em água, sendo na camada de 0-20 cm P 21 e MN 13

apresentaram índices menores, ou seja mais ácido, 4,28 e 4,28 respectivamente, já na segunda camada P 21 e MN 13 também apresentaram os menores valores, sendo 4,29 e 4,32, sendo os valores apresentados de menor acidez para a maior: MN 9 > MN 21 > P 9 > P 13 > MN 13 > P 21.

Tabela 7: Valores de pH água e SMP de áreas de cultivo de *Pinus taeda* L., e mata nativa, no Planalto de Santa Catarina.

Área	Camadas	
	0-20 cm	20-40 cm
pH em água		
MN 9	5,13± 0,31	5,09 ± 0,29
P 9	4,31± 0,16	4,32 ± 0,11
MN 13	4,35± 0,11	4,28 ± 0,11
P 13	4,44± 0,12	4,51 ± 0,11
CP 21	4,67± 0,14	4,58 ± 0,22
P 21	4,31±0,21	4,30 ± 0,12
pH SMP		
MN 9	5,33± 0,28	5,10 ± 0,29
P 9	4,52± 0,10	4,47 ± 0,09
MN 13	4,28± 0,11	4,32 ± 0,10
P 13	4,36± 0,08	4,46 ± 0,09
CP 21	4,50± 0,11	4,50 ± 0,18
P 21	4,28± 0,08	4,29 ± 0,06

Os desvios representam os intervalos de confiança (95 %).

Os teores de Al^{3+} verifica-se que nas áreas de cultivo florestal, apresentaram maiores valores de Al^{3+} , com exceção a P 13 na segunda camada, onde não apresentou diferença no intervalo de confiança em relação a MN 13, apresentando valor maior que as áreas de cultivo.

Os maiores teores de alumínio trocável foram encontrados em P 13 e P 21 e, na primeira camada e em MN 13 e P 21 na segunda camada, onde segundo os valores da CQFS (2004), os níveis encontrados de alumínio trocável, são considerados baixos (tabela 8).

Observa-se que seguindo uma tendência de aumentar os teores de alumínio trocável, conforme aumenta em profundidade.

Mafra et al. (2008), afirmam que a acidificação do solo em áreas florestais, pode ser relacionada com a lixiviação de bases ou pela absorção desses elementos pelas árvores, o que seria mais evidente em solos intemperizados, pobres em nutrientes e com baixo tamponamento.

Ernani (2008) relata que a matéria orgânica e o Al^{3+} trocável representam as duas maiores fontes tamponantes da acidez do solo, onde a decomposição da M.O., acidifica o solo, porque há a liberação de hidrogênios oriundos dos radicais livres.

Tabela 8: Teores de alumínio trocável de áreas de cultivo de *Pinus taeda* L., e mata nativa, no Planalto de Santa Catarina.

Área	Camadas	
	0-20 cm	20-40 cm
	Alumínio trocável (cmolc dm^{-3})	
MN 9	$1,23 \pm 0,53$	$2,03 \pm 0,86$
P 9	$4,55 \pm 0,36$	$4,83 \pm 0,39$
MN 13	$5,88 \pm 0,59$	$6,21 \pm 0,97$
P 13	$6,38 \pm 0,51$	$6,16 \pm 0,49$
CP 21	$3,83 \pm 0,37$	$4,00 \pm 0,58$
P 21	$5,91 \pm 1,00$	$6,11 \pm 0,83$

Os desvios representam os intervalos de confiança (95 %).

As diferenças apresentadas no potássio, podem ser explicadas pelo comportamento diferenciado entre espécies vegetais encontradas nas áreas de comparação em relação à área de cultivo florestal, (MN e CP), apresentando valores maiores, em relação às áreas de cultivo florestal (P), apresentando diferença no intervalo de confiança na primeira e segunda camada em MN 9, P 9 e MN 13, P 13.

Segundo Reissman et al. (1999), o potássio é um nutriente cuja, a ciclagem devolve pouco com a serapilheira, uma vez que em função de sua alta mobilidade, ocorre deposição de material empobrecido em K, que pode ser explicado nos valores baixos encontrados em algumas áreas de estudo.

Segundo a CQFS (2004), os valores encontrados em MN 9 na primeira camada, são altos e na segunda camada são médios, já em MN 13, na primeira e segunda camada são baixos, e no restante das áreas são muito baixos.

As diferenças encontradas podem ser explicada pela variedade de espécies presentes em MN e CP em relação a área de produção (P), que além de *Pinus taeda* L., havia espécies de gramíneas na cobertura do solo. Os teores de potássio (tabela 9) variaram conforme a profundidade, onde na primeira camada apresenta valor superior em todas as áreas estudadas.

Tabela 9: Teores de potássio de áreas de cultivo de *Pinus taeda* L., e mata nativa, no Planalto de Santa Catarina.

Área	Camadas	
	0-20 cm	20-40 cm
	Potássio (cmolc dm ⁻³)	
MN 9	0,29 ± 0,09	0,18 ± 0,10
P 9	0,05 ± 0,009	0,02 ± 0,004
MN 13	0,13 ± 0,01	0,08 ± 0,01
P 13	0,05 ± 0,007	0,03 ± 0,006
CP 21	0,07 ± 0,02	0,04 ± 0,01
P 21	0,05 ± 0,01	0,03 ± 0,007

Os desvios representam os intervalos de confiança (95 %).

As diferenças observadas nas áreas de pesquisa em relação ao fósforo, pela diversidade das áreas de MN, segundo Ernani (2008), a alta concentração de P, aumenta a disponibilidade de MO na solução do solo, pelo fato dos maiores valores encontrados de P são também os encontrados em COT, MN 13 e P 13.

Dick et al. (2009), afirmam que 75% do fósforo da camada superficial do solo, está na forma orgânica, onde o fosfato associado com a MOS por meio de pontes de cátions, não é considerado P orgânico, mas sim, P adsorvido, sendo que a relação C orgânico e P orgânico, controla o equilíbrio dinâmico entre as formas orgânicas e inorgânicas de P no solo, por meio dos processos de mineralização e de imobilização.

Segundo CQFS (2004), os valores encontrados em todas as áreas e camadas, são baixos, a absorção de fósforo pelo pinus está relacionada à presença e atividade de fungos micorrízicos, onde diversas bactérias causam alterações biológicas na rizosfera que resultam em sua melhor absorção de P, que geralmente são encontrados baixos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os teores de P, conforme demonstrado na tabela 10, indica que há redução nos teores conforme aumenta a profundidade, relacionado diretamente a vegetação de ocorrência em superfície.

Tabela 10: Teores de fósforo de áreas de cultivo de *Pinus taeda* L., e mata nativa, no Planalto de Santa Catarina.

Área	Camadas	
	0-20 cm	20-40 cm
	P (mg/kg)	
MN9	1,78 ± 0,63	0,70 ± 0,28
P9	1,20 ± 0,15	0,54 ± 0,15
MN13	5,14 ± 1,54	2,99 ± 1,01
P13	4,42 ± 0,92	2,40 ± 0,76
CP21	2,71 ± 0,60	2,56 ± 1,15
P21	1,63 ± 0,37	1,28 ± 0,37

Os desvios representam os intervalos de confiança (95 %).

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que as áreas de cultivo de *Pinus taeda* L., em Cambissolo Húmico, demonstram ser eficientes no estoque de carbono orgânico do solo, sendo encontrados valores semelhantes nas áreas de produção e de mata nativa.

Os valores de nitrogênio diminuíram com a profundidade, com exceção a CP 21, sendo possível observar que o teor de nitrogênio é sensível ao manejo do solo.

A acidez do solo, assim como teores de alumínio trocável, em geral foram maiores nas áreas com cultivo de *Pinus taeda* L., em relação a áreas de mata nativa, apresentando diferença no intervalo de confiança em todas as áreas estudadas.

O teor de fósforo apresentou valores baixos em todas as áreas estudadas e houve a diminuição dos teores conforme aumentava a profundidade, sendo que este elemento está relacionado diretamente à presença e atividade de fungos micorrízicos, onde diversas bactérias causam alterações biológicas na rizosfera que resultam em sua melhor absorção.

Os valores encontrados de potássio, nas áreas de cultivo florestal, apresentaram menores valores que as áreas de referência, apresentando diferença no intervalo de confiança.

Em geral, os resultados obtidos por neste trabalho podem ser relacionados ao tipo de manejo adotado pela empresa, onde práticas que ocorram a manutenção de resíduos sobre o solo, em áreas de colheita, devem ser mantidos na superfície do solo, incrementando os valores de MOS, de CT e NT.

6 BIBLIOGRAFIA

ADAMI, L. R. S. P. F.; MARTINII, N. C. T. N.; SOARES, I. J. A. Alelopatia de acículas de *Pinus taeda* L., na germinação e no desenvolvimento de plântulas de Avena strigosa. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1653-1659, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS- ABRAF. **Anuário estatístico**, 2013, ano base 2012.

ALEXANDER, C. E. & CRESSE, M. S. An assessment of the possible impact of expansion of native woodland cover on the chemistry of Scottish freshwaters. **Forest Ecology and Management**, v. 73, p. 1-27, 1995.

ALMEIDA, H. C. et al. Distribution of chemical compartments of soil organic matter and c stocks of a cambisol from south Brazil as affected by *Pinus* afforestation. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 7, 2012.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ANDREUX, F. Humus in world soils. In: PICCOLO, A. (Ed.) *Humic Substances in terrestrial ecosystems*. Amsterdam: Elsevier, 1996. p. 45-100.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS (ACR). **Anuário estatístico**, p. 94, 2014.

BACKES. A. 2009. Distribuição geográfica atual da Floresta com Araucária: Condicionamento climático. In: FONSECA, C.

R.; SOUZA, A. F.; Leal-Zanchet, A. M.; DUTRA, T. L.; BACKES, A.; GANADE, G. **Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável.** Ribeirão Preto. Editora Holos.

BAKER, J. B.; LANGDON, O. G. **Loblolly pine.** 2006.

BALBINOT, R. et al. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* L., aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 59-68, 2003.

BALDOTTO, M. A. et al. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 3, p. 301-309, jun. 2015.

BALESIDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 53, p. 215-230, 2000.

BARETTA, D. et al. Efeito do monocultivo de *Pinus* e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 715-724, Oct. 2005.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 241 p.

BAYER, C.; MATIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.).

Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O.; **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas.** Porto Alegre. 2004. 328 p.

BLAIR, G. J.; Lefroy, R. D. B; Lisle, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Resources**, v. 46, p. 1459-1466, 1995.

BONAZZA, M.; **Quantificação dendrométrica não-destrutiva e relações entre unidades de volume sólido e massa de madeira em povoamentos de *Pinus taeda* L.**, Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina. 2015. (Dissertação de mestrado).

BRUN, E. J. & CONCEIÇÃO, P. C.; Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo em florestas plantadas. **Sistemas de Produção Agropecuária**, 2010.

BRUN, E. J.; **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* L., e *Pinus elliottii* L., em duas regiões do Rio Grande do Sul.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. 2008. (Tese de doutorado).

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, F. G. K. Retorno de carbono e nitrogênio ao solo via distribuição de resíduos de madeira processada. **Revista Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 47-60, 2010.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Carbono orgânico em solos florestais. **As Florestas e o Carbono**. v. 10, p. 191-214, 2002.

CAMARGO, O. A. et al. Lodo na agricultura. **Ciência hoje**, v. 42, p. 68-70, 2008.

CAMARGO, F. A. de O. et al. Nitrogênio orgânico do solo. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, Genesis, p. 117-137, 1999.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 777-783, 1992.

CAMPOS, D. V. B.; et al. Mudança no conteúdo de Matéria orgânica do solo sob a cultura de cana-de-açúcar e pastagem em argissolo de Conceição da Barra – ES. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2004. (Circular Técnica, 10).

CHAVES, R. de Q. & CORREA, G. F. Macronutrientes no sistema solo-*Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 691-700, Oct. 2005.

COMISSÃO, DE QUÍMICA E. FERTILIDADE DO. SOLO - CQFS RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**, v. 10, p. 400, 2004.

CONCEICAO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, Oct. 2005.

COSTA, A. et al. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1273-1282, 2008.

DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Part 1. **American Society of Agronomy**, Madison, p. 545-566, 1965.

DEDECEK, R. A. et al. Influência do sítio no desenvolvimento do *Pinus taeda* L. aos 22 anos: estado nutricional das plantas. **Revista Floresta**, v. 38, n. 2, 2008.

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C.

Química da matéria orgânica do solo. Viçosa: SBCS, 2009. p. 1-69.

DICK, D. P. et al. Pinus afforestation in South Brazilian highlands: soil chemical attributes and organic matter composition. **Scientia agricola**. Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 175-181, Apr. 2011.

DIECKOW, J. et al. Composition of organic matter in a subtropical Acrisol as influenced by land use, cropping and Nfertilization, assessed by CPMAS 13C NMR spectroscopy. **European Journal of Soil Science**, v. 56, n. 6, p. 705-715, 2005.

DORAN, J. W.; Parkin, T. B. **Defining and assessing soil**

quality. In: DORAN, J. W. et al. (Eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madisson: ASA/SSSA, 1994. p. 3-21.

EPRON, D. et al. Spatial and temporal variations of soil respiration in a *Eucalyptus* plantation in Congo. **Forest Ecology and Management.** v. 202, n.1, p. 149-160, 2004.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes.** Lages, 2008. 230p.

ESTADOS UNIDOS. **Department of Energy. Sequestration of carbon:** State of the science. Washington, 1999. 223p.

FACHINI, L. **Frações e estoques de carbono orgânico em solo do planalto catarinense cultivado com pinus.** 51 p. (Dissertação de Mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; REISSMANN, C. B.; BELLOTE, A. F. J.; MARQUES, R. **Nutrição de pinus no sul do Brasil.** Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 23 p. (Documentos, n. 60).

FIERRER, N.; CRAINE, J.M; MCLAUCHLAN, K.; SCHIMEL, J. P. **Litter quality and temperature sensitivity of decomposition.** *Ecology*, 86: 320-326, 2005.

FIGUEIREDO, C. C. de; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C.; Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 907-916, jun. 2010.

FONTANA, A. et al. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Science,**

Agron. (Online), Maringá, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

FUPEF – FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. 2004. **A floresta com araucária no Paraná.** CASTELLA, P. R.; BRITEZ, R. M. (Orgs.) Brasília, FUPEF/MMA. 236 p.

GEE, G.W. & BAUDER, J. W. 1986. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis.** American Society of Agronomy, 1: 383-411.

GOMES, M. V. **Estoque de carbono e emissão de gases do efeito estufa em cambissolo sob plantações de *Pinus taeda* L.,** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GREGORICH, E. G. & JANZEN, M. H. Storage of soil carbon in the light fraction and macro organic matter. In: CARTER, M. R. & STEWART, B. A. Advances in soil science. **Structure and organic matter storage in agricultural soils.** Boca Raton, CRC Lewis, p. 167-385, 1996

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Estoque de carbono em Latossolo Vermelho Distroférrico sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 2012.

GUEDES, S. de F. F. **Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais no Planalto dos Campos Gerais, SC.** Lages, 2005. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144p.

HIGA, R. C. V. et al. **biomassa e carbono Protocolo de medição e estimativa de florestal.** 2014. 89 p (Documentos, n. 266)

HIGA, R. C. V. et al. **Zoneamento climático: *Pinus taeda L.*, no sul do Brasil.** Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 19 p. (Documentos, n. 175).

HOOVER, C. M. (Ed.). Field measurements for forest carbon monitoring: a landscape-scale approach. **Springer Science & Business Media**, 2008.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Pedologia** 2. ed. Rio de Janeiro, 2007. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira** 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. (Manuais Técnicos em Geociências, 1).

IPCC. Climate Change 2013: **Synthesis Report. Twelfth Session of Working Group I to the Summary for Policymakers.** 36 p. Geneva, Switzerland, 2013.

KLEIN, V. A. **Física do solo.** Passo Fundo. Ed. Universidade de Passo Fundo. 2008. 212p.

KOHLER, S. V. et al. Modelos de afilamento para *Pinus taeda L.*, por classes de idade. **Floresta e Ambiente.** Seropédica, RJ. 2013.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 220, p. 242-258, 2005.

- LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental pollution**, v. 116, n. 3, p. 353-362, 2002.
- LAL, R. & PIERCE, F. J. The vanishing resource. In: LAL, R.; Pierce, F. J. (Eds.) **Soil management for sustainability**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1991. P.1-5.
- LORENZI, H., **Árvores Exóticas no Brasil** – Madeireiras, ornamentais e aromáticas. Instituto Plantarum. Nova Odessa – SP, 2003.
- LOSS, A. et al. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia (Arica)**, v. 29, n. 2, p. 11-19, 2011.
- MADEIRA, M. A. V.; ANDREAUX, F.; PORTAL, J. M. Changes in soil organic matter characteristics due to reforestation with *Eucalyptus globulus*, in Portugal. **Science of the total environment**, v. 81, p. 481-488, 1989.
- MAFRA, A. L. et al. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 217-224, 2008.
- MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Produção de *Pinus taeda* L. na região de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v. 6, n. 1, p. 39-52, 1996.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 2 ed. Porto Alegre: Gênesis, 2004, 290p.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. Fundamentos da matéria orgânica do solo.
- Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênesis, p. 1-8, 1999.

MORAIS, Vinícius Augusto et al. Modelagem do teor de carbono orgânico em solos de fragmentos de cerrado de Januária e Bonito de Minas, Minas Gerais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 76, p. 343-354, 2013.

MORALES, C. A. S. et al. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em florestas de *Pinus taeda* L., **Scientia Plena**, v. 8, n. 4 (b), 2013.

MORALES, C. A. S. et al. Qualidade do solo e produtividade de *Pinus taeda* L., no planalto catarinense. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 629-640, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. Ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MOTTA, A. C. V.; **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**. Ed. do Autor, 2007.

MURPHY, J. & RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica chimica acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

NAMBIAR, E. K. S. & BROWN, A. G. Towards sustained productivity of tropical plantations: science and practice. In: NAMBIAR-EKS (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Canberra: Australian

Centre for International Agricultural Research, 1997. p. 527-553. (ACIAR Monograph, n. 43).

PAGNOLLO, E. **Dinâmica da matéria orgânica em agrossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais**. 2004, 210 f. Tese de doutorado em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

PICCOLO, A. Humus and soil conservation. In: PICCOLO, A. (Ed.) **Humic substances in terrestrial ecosystems**, p. 225-264, 1996.

POTES, M. L.; DICK, D. P.; DALMOLIN, R. S. D.; KNICKER, H.; ROSA, A. S. Matéria orgânica em Neossolos de altitude: Influência da queima da pastagem e do tipo de vegetação na sua composição e teor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2010.

POTES, M. L. **Matéria orgânica e sua distribuição em compartimentos físicos em Neossolo Litólico sob pastagem e mata nativa nos campos de Cima da Serra Rio Grande do Sul**. 2009. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.

RANTALAINEN, M. L.; KONTIOLA, L.; HAIMI, J.; FRITZE, H.; SETÄLA, H. Influence of resource quality on the composition of soil decomposer community in fragmented and continuous habitat. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, n. 12, p. 1983-1996, 2004.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 135-165, 2000.

REISSMANN, C. B.; RADOMSKI, M. I.; QUADROS, R. M. B. de.; Chemical composition of *Ilex paraguariensis* St. Hil.

under different management conditions in seven localities of Paraná State. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 2, p. 0-0, 1999.

RIBEIRO, S. C. et al. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009.

RIHA, S. J., SENESAC, G. and PALLANT, E., 1986. Effects of forest vegetation on spatial variability of surface mineral soil pH, soluble aluminum and carbon. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 31, n. 3-4, p. 929-940, 1986.

ROSCOE, R. et al. **Physical fractionization of soil in studies of organic material**. Embrapa Agropecuária Oeste, 2002.

ROSSI, C. Q. et al. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2011.

ROSOLEN, V. et al. Variações nos teores do C total e isotópico do solo após substituição do cerrado em sistemas agrícolas no Triângulo Mineiro. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 1, 2012.

SANTA CATARINA. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Rio de Janeiro: Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. 135p, 1991

SANTOS, F. A. S.; **Atributos do solo e dinâmica do carbono orgânico do solo em campos de murundus associados ao vale do rio Guaporé, Sudoeste de Mato Grosso**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade do Estado de Mato Grosso.

SCHIAVO, J. A. et al. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1332-1338, 2011.

SCHULTZ, R. P. Loblolly pine: **the ecology and culture of loblolly pine** (*Pinus taeda* L.). 1997.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; WITSCHORECK, R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 471-480, 2008.

SHIMIZU, J. Y. & SEBBENN, A. M. Espécies de Pinus na silvicultura brasileira. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, p. 49-74, 2008.

SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 593-602, 1999.

SILVA, C. A. & MACHADO, P. L. O. A. **Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23p. (Documentos, 19).

SILVA, L. B. da; DICK, D. P.; INDA JUNIOR, A. V. Solos subtropicais de altitude: atributos químicos, teor de matéria orgânica e resistência à oxidação química. **Ciência rural**, v. 38, n. 4, p. 1167-1171, 2008.

SIX, J. et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. **Plant and soil**, v. 241, n. 2, p. 155-176, 2002.

SOARES, J. C. W. et al. Relação solo / paisagem e sua variação temporal em uma Estação Experimental de Silvicultura. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 477-489, 2015.

SOLOS, Embrapa. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

SOUZA, E. D. de, et al. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, dez. 2009.

SOUZA, I. M. Z. de. **Carbono e Nitrogênio da Biomassa do solo em áreas reflorestadas comparadas ao Campo e Mata Nativa no Planalto dos Campos Gerais**. 50 p. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina. 2005.

SPOSITO G (2008) **The chemistry of soils**. 2nd ed. New York, Oxford University Press. 330p.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions. 2. ed. New York: J. Wiley, 1994. 496p.

STRECK, E. V.; et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Emater/RS; UFRGS, 2002. 107p.

STÜRMER, S. L. K. et al. **Variações nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação**

natural do solo. 2012.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

TIROL-PADRE, A.; LADHA, J. K. Assessing the reliability of permanganate-oxidizable carbon as an index of soil labile carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 3, p. 969-978, 2004.

TOMASI, C. A.; INDA, A. V.; DICK, D. P. Substâncias húmicas em Latossolo subtropical de altitude sob usos e manejos distintos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2180-2184, 2012.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 184p. (Tese de Doutorado).

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**. Viçosa. Vol. 33, n. 4 (jul. / ago. 2009), p. 743-755, 2009.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M.; Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L., em cambará do Sul, RS. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 371-379, 2011.

VIEIRA, F. C. B. et al. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil and Tillage Research**, v. 96, n. 1, p. 195-204, 2007.

WITSCHORECK, R. **Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L., de 17 anos de idade no**

município de Cambará do Sul – RS. 2008. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

WIESMEIER, M. et al. Depletion of soil organic carbon and nitrogen under *Pinus taeda* L., plantations in Southern Brazilian grasslands (Campos). **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 60, p. 347-359, June 2009.

WINCK, B. R. et al. Carbono e nitrogênio nas frações granulométricas da matéria orgânica do solo, em sistemas de culturas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 38, n. 3, p. 980-989, Junho 2014.

ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; VIEIRA, F. C. B.; MIELNICZUK, J. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 94, p. 510-519, 2007.

ZINN, Y. L.; LAL, R. & RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**. Res., 84:28-40, 2005.

7.ANEXOS

Anexo 1: Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas, em todas as camadas analisadas em conjunto, em um Cambissolo Húmico do Planalto de Santa Catarina

	COP	CAM	NT	NP	NAM	eCOT	eCOP	eCAM	pHa	SMP	P	K	Al	Arg	DS
COT	0,93**	0,99**	0,98**	0,96**	0,97**	0,91**	0,81**	0,88**	-0,34**	-0,43**	0,64**	-0,04ns	0,57**	0,28**	-0,83**
COP		0,87**	0,87**	0,95**	0,86**	0,88**	0,95**	0,77**	-0,31*	-0,43**	0,63**	-0,12ns	0,57**	0,22**	-0,76**
CAM			0,98**	0,93**	0,98**	0,89**	0,73**	0,89**	-0,34**	-0,41**	0,62**	-0,02ns	0,55**	0,28**	-0,82**
NT				0,96**	1,00**	0,84**	0,71**	0,83**	-0,30*	-0,38**	0,63**	0,05ns	0,47**	0,32**	-0,83**
NP					0,95**	0,83**	0,82**	0,76**	-0,32*	-0,45**	0,62**	-0,05ns	0,55**	0,21**	-0,86**
NAM						0,84**	0,70**	0,83**	-0,30*	-0,37**	0,63**	0,05ns	0,47**	0,33**	-0,82**
eCOT							0,87**	0,98**	-0,28*	-0,33*	0,54**	-0,04ns	0,52**	0,26**	-0,58**
eCOP								0,74**	-0,26*	-0,38**	0,56**	-0,15ns	0,54**	0,15**	-0,58**
eCAM									-0,26*	-0,28*	0,49**	0,02ns	0,46**	0,28**	-0,53**
pHa										0,90**	-0,19ns	0,58**	-0,80**	-0,18**	0,34**
SMP											-0,32*	0,58**	-0,86**	0,24**	0,52**
P												-0,11ns	0,33*	0,28**	-0,65**
K													-0,55**	0,28**	0,16ns
Al														-0,17**	-0,57**
Arg														0	-0,001 ns