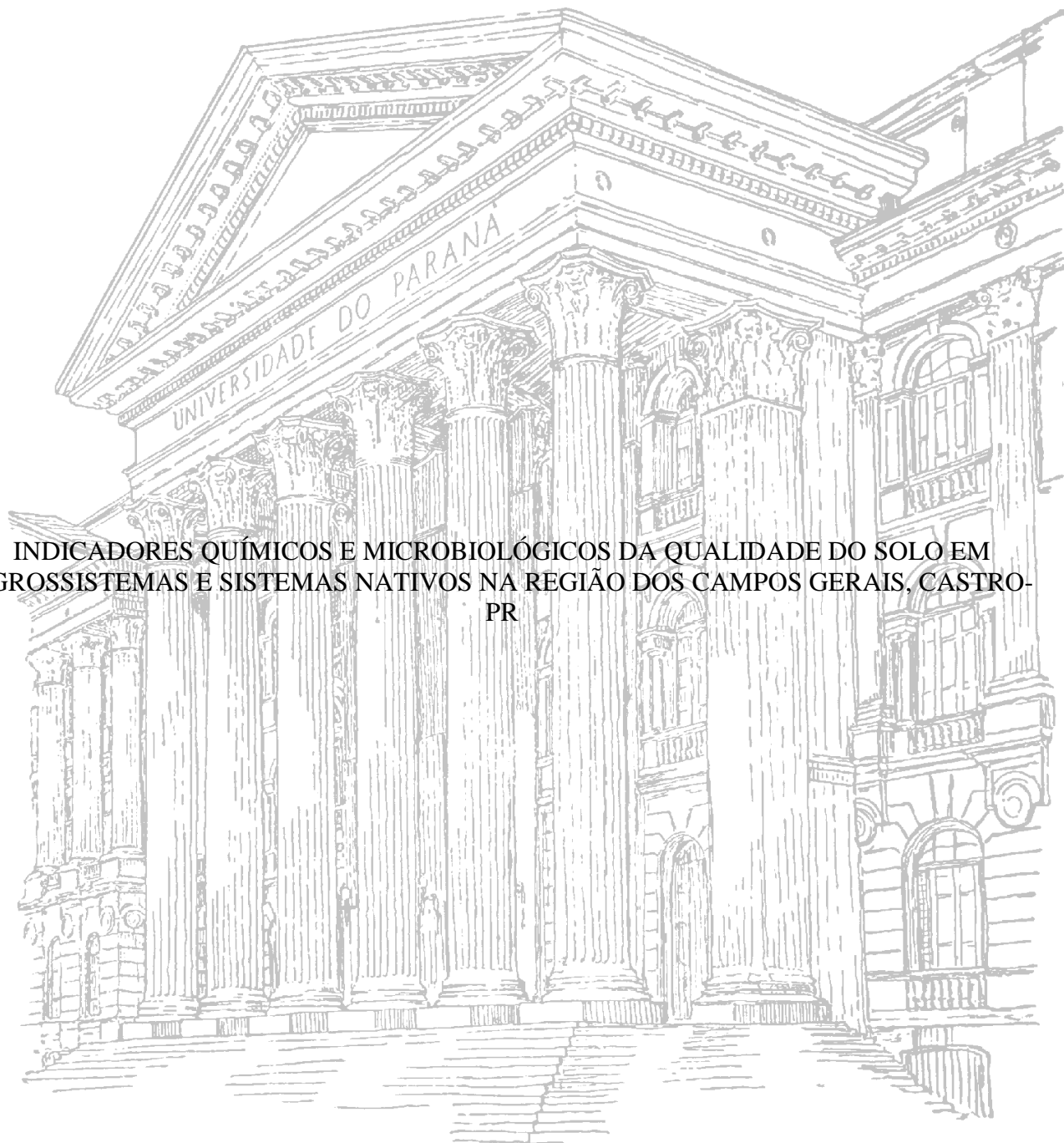


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAURÍCIO FABIANO BIESEK



INDICADORES QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM
AGROSSISTEMAS E SISTEMAS NATIVOS NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS, CASTRO-
PR

CURITIBA
2012

MAURÍCIO FABIANO BIESEK

INDICADORES QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM
AGROSSISTEMAS E SISTEMAS NATIVOS NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS, CASTRO-
PR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de concentração em Solo e Ambiente, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

Co-orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA
2012



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA DO SOLO

P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **MAURICIO FABIANO BIESEK**, sob o título: "Indicadores químicos e microbiológicos da qualidade do solo em agrossistemas e sistemas nativos na região dos Campos Gerais, Castro-PR", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Solo e Ambiente, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Solo e Ambiente"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 29 de maio de 2012.

Prof. Dr. Renato Marques, Presidente

Profª. Drª. Alessandra Monteiro de Paula, Iª. Examinadora

Engº. Agrº. Dr. George Gardner Brown, IIª. Examinador

Aos meus pais, Domingos Biesek, pela intermediação da vida e a Néli Locatelli, pela oportunidade e a confiança em mim estimada ao longo deste percurso. A minha companheira Mariana Marques da Silva pela tolerância, otimismo e companheirismo nesta caminhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, saúde e condições físicas, morais e psicológicas para a realização de todas as tarefas nesta vida material.

À Universidade Federal do Paraná.

Ao professor Dr. Renato Marques, pela oportunidade, incentivo, orientação, ensinamentos e aos bons bate-papos durante o mestrado.

Ao professor Dr. Volnei Pauletti pela paciência, instrução e acompanhamento a área experimental.

Ao curso de Pós Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Paraná, pela estrutura, apoio e oportunidade para a realização desse curso.

A Fundação ABC pela hospitalidade, responsabilidade técnica e disponibilidade da área experimental.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores que contribuíram para a minha formação profissional e crescimento pessoal, Dr. Antonio Carlos V. Motta, Dr. Vander de Freitas Melo, Dr. George G. Brown, Dra. Fabiane Machado Vezzani, Dr. Jeferson Dieckow e Dr. Carlos Bruno Reissmann, pela ajuda e boa formação que a mim foi concebida.

As colegas e amigos de mestrado, João Paulo Viana da Silva, Ricardo Murilo Zanetti, Clewerson Frederico Scherqaiber, Jéssica Fernandes Kaseker, Marcos de Vasconcelos Gernet, Wagner Maschio, Francihele Cardoso Muller, Marcio Amaral Albuquerque, Bruna Raquel Winck, Rodrigo Weiss da Silva, André Sordi, Daniel Carvalho e Daniel Hanke, pela amizade, companheirismo e longos debates nestes dois anos.

À Kelly Geronazzo Martins, doutoranda em Engenharia Florestal, por me ajudar, e muito com a estatística multivariada, agradecimento especial a ti!

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Gerson, Marla, Elda, José Roberto, Maria, Cleusa, Odair, Roberto e Reginaldo pela presteza e convivência.

Sou grato também, a todos que direta ou indiretamente, com palavras ou com atitudes contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1	ÁREA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	5
2.2	COLETAS DE SOLO	6
2.3	FERTILIDADE DO SOLO.....	7
2.4	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	7
2.5	UMIDADE DO SOLO.....	7
2.6	DENSIDADE APARENTE DO SOLO.....	8
2.7	CÁLCULO DOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO.....	8
2.8	MICROBIOLOGIA DO SOLO.....	8
2.9	ENSAIO DE MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO.....	9
2.10	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	10
3.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	10
3.1	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E TEXTURAL DOS SISTEMAS.....	10
3.2	DENSIDADE APARENTE DO SOLO.....	12
3.3	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT), NITROGÊNIO TOTAL (NT) E RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO (RBS), QUOCIENTE METABÓLICO (QCO ₂) E CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (CBMS)	14
3.4	ESTOQUE DE CARBONO, ESTOQUE DE NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N.....	18
3.5	MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO ORGÂNICO DO SOLO.....	20
3.6	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	27
4.	CONCLUSÕES	31
5.	LITERATURA CITADA	32
6.	APÊNDICES.....	38

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Comportamento da mineralização de nitrogênio em duas camadas sob diferentes sistemas nativos: floresta (a) e campo nativo (b) e diferentes agrossistemas: plantio direto com adubação mineral (c), pastagem perene (d), plantio direto com adubação mineral e orgânica na dose de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (e) e plantio direto com adubação mineral e orgânica na dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (f).....33
- FIGURA 2. Relação entre o teor de carbono orgânico total, nitrogênio total e nitrogênio mineralizado referente às amostras de solo coletadas em diferentes agrossistemas e sistemas nativos¹ em duas camadas em maio de 2011.....36
- FIGURA 3. Relação entre o C-BMS e o nitrogênio mineralizado referente às amostras de solo coletadas em diferentes agrossistemas e sistemas nativos¹ em duas camadas em maio de 2011.....37
- FIGURA 4. Relação entre o pH e o nitrogênio mineralizado referente às amostras de solo coletadas em diferentes agrossistemas e sistemas nativos¹ em duas camadas em maio de 2011.....38
- FIGURA 5. Análise das componentes principais usando como variáveis de resposta (dependentes) os atributos físicos (argila, areia, silte, densidade e umidade), químicos (pH, Ca, Mg, K, P, COT, NT e Al) e microbiológicos (CBMS, RBS, qCO₂ e N mineralizado) dos diferentes sistemas coletados na estação de outono de 2011.....39
- FIGURA 6. Análise das componentes principais usando como variáveis de resposta (dependentes) os atributos físicos (argila, areia, silte, densidade e umidade), químicos (pH, Ca, Mg, K, P, COT, NT e Al) coletados na estação de outono de 2011 e microbiológicos (CBMS, RBS, qCO₂ e N mineralizado), coletados na estação de primavera de primavera. O N mineralizado foi coletado no outono e a umidade na primavera.....40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Tratamentos avaliados.....	16
TABELA 2.	Características químicas dos solos sob diferentes sistemas nativos e agrossistemas referentes às amostras coletadas em duas camadas em maio de 2011.....	22
TABELA 3.	Características física, químicas e microbiológicas dos solos sob diferentes sistemas nativos e agrossistemas referentes às amostras coletadas em duas camadas em maio de 2011.....	25
TABELA 4.	Nitrogênio mineralizado acumulado após 105 dias de incubação anaeróbica em mg kg ⁻¹ e kg ha ⁻¹ solo referente às amostras de solo coletadas em duas camadas em maio de 2011.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BMS	- Biomassa microbiana do solo
CBMS	- Carbono da biomassa microbiana do solo
RBS	- Respiração basal do solo
qCO ₂	- Quociente metabólico
C	- Carbono
N	- Nitrogênio
MOS	- Matéria orgânica do solo
COT	- Carbono orgânico total
NT	- Nitrogênio total
EC	- Estoque de carbono
EM	- Estoque de nitrogênio
Ds	- Densidade aparente do solo
Cfb	- Clima temperado, com verão ameno
DLB	- Dejeito líquido bovino
M	- Molar
L	- Litro (s)
ml	- Mililitro
°C	- Graus Celsius
cm	- Centímetro (s)
mm	- Milímetro (s)
m ²	- Metro quadrado
%	- Porcentagem
g	- Grama (s)
mg	- Miligrama (s)
kg	- Quilo (s)
rpm	- Rotação por minuto

INDICADORES QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM AGROSSISTEMAS E SISTEMAS NATIVOS NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS, CASTRO-PR¹

Autor: Maurício Fabiano Biesek

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

Co-orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

RESUMO

As atividades agrícolas geram alteração da paisagem, e por consequência modificações das características químicas, físicas e biológicas do solo, em função da supressão da vegetação nativa e pela utilização de técnicas e manejos de produção que incluem tráfego de máquinas e animais, adubação orgânica e mineral, correção de acidez, rotação de culturas e monocultivo. Em virtude de tal situação, objetivou-se: (a) avaliar as alterações em atributos, principalmente químicos e microbiológicos e selecionar aqueles com melhor desempenho em indicar a qualidade do solo dos diferentes sistemas e (b) identificar a ordenação dos diferentes sistemas nativos de Floresta e Campo nativo e agrossistemas com diferentes usos e manejos; e suas relações com as variáveis dos atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, sendo os atributos microbiológicos avaliados em duas épocas distintas de amostragem (final de outono e primavera), por serem considerados sensíveis à variação temporal. Foram coletadas amostras de solo em duas profundidades (0-5 cm e 5-10 cm) de dois sistemas nativos sob Floresta Ombrófila Mista (F) e sob campo nativo (C) e de quatro agrossistemas sob diferentes usos e manejos, sendo cada amostra composta, formulada por quatro subamostras com quatro repetições. Foram determinados os atributos da fertilidade, densidade (Ds), textura, relação C/N, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), estoque de carbono (EC), estoque de nitrogênio (EN) e mineralização anaeróbica de nitrogênio (NM), carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO_2), respiração basal do solo (RBS) e umidade (U). As variáveis CMS, qCO_2 , RBS e U foram determinadas nas duas estações amostrais, outono e inverno e as variáveis restantes apenas na estação de outono. Os teores de COT, NT, CBM e NM foram superiores nos sistemas nativos e no agrossistema pastagem (P) e inferiores nos agrossistemas de plantio direto. Os estoques de EC e EN foram destacados no tratamento F e P em virtude dos altos teores de COT no tratamento F e a densidade elevada no tratamento P. Os teores de cátions trocáveis e pH foram mais destacados nos agrossistemas e função do manejo. A ordenação gráfica dos diferentes tratamentos possui características em comum, em função das variáveis. As variáveis biológicas alteraram a ordenação dos tratamentos, bem como os escores das variáveis físicas e químicas em função da sensibilidade destas variáveis ao tempo (temperatura e umidade). Os resultados sugerem que os atributos biológicos são sensíveis a modificação dos sistemas de uso e em relação à época de amostragem com destaque aos sistemas nativos, sendo considerados mais representativos dos tratamentos nativos e para o tratamento pastagem e os atributos químicos são indicadores de qualidade do solo para os agrossistemas.

Palavras-chave: ecossistemas, análise de correlação canônica, mineralização.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (p.56) Maio, 2012.

INDICATORS OF CHEMICALS AND MICROBIOLOGY SOIL QUALITY AND SYSTEMS IN AGROSYSTEMS NATIVES IN THE REGION OF GENERAL FIELDS, CASTRO-PR¹

Author: Maurício Fabiano Biesek

Advisor: Prof. Dr. Renato Marques

Co- Advisor: Prof. Dr. Volnei Pauletti

ABSTRACT

Agricultural activities generate alteration of the landscape and, therefore changes the chemical, physical and biological soil properties, due to the removal of native vegetation and the use of technical and management production which include traffic of machines and animals, organic and mineral fertilizer, correcting acidity, crop rotation and monoculture. In view of this situation, aimed to: (a) evaluate changes in attributes, mainly chemical and microbiological and select those with the best performance on state soil quality of different systems and (b) identify the order of the different systems of native Field and Forest native and agroecosystems with different uses and management, and its relations with the variables of the physical, chemical and microbiological soil, and microbiological attributes evaluated at two different times of sampling (late fall and spring), because they are considered sensitive to temporal variation. Soil samples were collected at two depths (0-5 and 5-10 cm) of two systems under native Araucaria Forest (F) and under native (C) and four agroecosystems under different use and management, each sample composite, made up of four subsamples with four replications. We determined the attributes of fertility, density (Ds), texture, CN ratio, total organic carbon (COT), total nitrogen (NT), carbon stock (EC) stock nitrogen (EN) and anaerobic mineralization of nitrogen (NM), microbial biomass carbon (MBC), metabolic quotient (qCO₂), soil basal respiration (RBS) and humidity (U). Variables CMS, qCO₂, RBS and U were determined in the two sampling stations, autumn and winter and the only variables remaining in the season of autumn. The COT, NT, CBM and NM were higher in native systems and grassland agroecosystem (P) and lower in no-tillage agroecosystems. Inventories of EC and EN treatment were highlighted in F and P because of the high COT treatment and high density F in treating P. The contents of exchangeable cations and pH was more prominent role in agroecosystems and management. The graphic ordering of the various treatments have characteristics in common, as a function of the variables. The biological variables altered the ordering of treatments, as well as scores of physical and chemical variables in the sensitivity of these variables to the weather (temperature and humidity). The results suggest that the biological attributes are sensitive to modification systems use and in relation to the sampling time highlighting the native systems and are considered more representative of native treatments and for treating pasture and chemical attributes are indicative of soil quality for agrosystems.

Keywords: ecosystems, canonical correlation analysis, mineralization.

¹Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (p.56) May, 2011.

INTRODUÇÃO

A formação da vegetação dos Campos Gerais do Paraná é composta por um mosaico de campos de altitude, relictos de cerrado e capões de Floresta com Araucária, que refletem na paisagem o equilíbrio atingido após eras geológicas (Behling, 1998). As formações vegetais de campo e Floresta, em suas diversas fisionomias, no entanto, são atualmente resultado da pressão antrópica com a expansão das atividades agrícolas, pecuárias e silviculturais.

Portanto, a ocupação destes ambientes por sistemas de cultivos agrícolas ou agrossistemas podem promover alterações nos atributos químicos, físicos e microbiológicos. Para Bayer & Mielniczuk (2008), sistemas sob vegetação natural a matéria orgânica do solo se encontra estável e, quando submetida ao uso agrícola, pode ocorrer redução acentuada no seu conteúdo, conseqüentemente dos teores carbono orgânico e nitrogênio orgânico, principalmente quando utilizados sistemas de cultura com baixa adição de resíduos. As modificações dos sistemas naturais convertidos agrossistemas geram praticas de manejo ligadas a cada sistema tais como, o pisoteio animal em agrossistemas de pastagem (Lanzanova et al., 2008), tráfego de máquinas e implementos agrícolas (Lal & Bruce, 1999), cultivo intensivo e sistema de manejo às vezes indevido (Hamza & Anderson, 2005). Nessa condição, as características químicas, físicas e biológicas do solo são modificadas.

Desta forma, a supressão da vegetação natural para exploração agrícola tem mostrado alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, as quais são dependentes das condições intrínsecas de cada sistema, do clima predominante, da composição de culturas e das práticas agrícolas executadas. A interação destas variáveis estabelece uma nova dinâmica de funcionamento no sistema solo, modificando a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), a estrutura da comunidade microbiana (Alves et al. 2011) e a ciclagem de nutrientes, em especial o nitrogênio orgânico do solo e das características químicas dos sistemas.

As alterações decorrentes das mudanças de uso e manejo do solo são sensíveis de observação através da avaliação dos atributos químicos (Embrapa, 2006) e microbiológicos do solo (Powlson et al. 1987; Baretta et al. 2003; Balota et al. 2004; Franchini et al. 2007; Mercante et al. 2008; Carneiro et al. 2009; Kaschuk et al. 2010), pois os microrganismos do solo atuam nos processos de mineralização da matéria orgânica, participando do fluxo de energia e da ciclagem de nutrientes dentro do solo (Delitti, 1995; Schlöter et al. 2003 e Moreira & Siqueira, 2006).

Tanto o carbono orgânico do solo quanto o carbono da biomassa microbiana têm sido utilizados como indicadores de alterações e de qualidade do ecossistema, uma vez que estão

associados às funções ecológicas do ambiente e são capazes de refletir as mudanças de uso do solo (Balota et al, 2003; Jackson et al, 2003).

As inter-relações das propriedades do solo controlam os processos e os aspectos relacionados a sua variação no espaço e tempo, de tal forma que qualquer alteração pode afetar diretamente a sua estrutura e a atividade biológica (Carneiro et al, 2009). Avaliações de alterações nas propriedades do solo, decorrentes de impactos da intervenção antrópica em ecossistemas naturais, podem constituir importante instrumento para auxiliar no entendimento do comportamento atual dos agrossistemas e dos sistemas nativos. Considerando a importância da sustentabilidade dos diferentes sistemas, destacando-se os indicadores microbiológicos e químicos de qualidade do solo, como condição indispensável para a manutenção de sistemas nativos e agrossistemas produtivos.

O presente estudo teve como objetivo avaliar as alterações em atributos, principalmente químicos e microbiológicos e identificar quais atributos são indicadores de qualidade de solo, em dois sistemas nativos de floresta Ombrófila Mista e campo nativo e de quatro agrossistemas, submetidos a diferentes formas uso e manejo sob sistemas de plantio direto com adubação mineral, adubação mineral e orgânica e ambiente de pastagem e selecionar aqueles com melhor desempenho em indicar a qualidade do solo.

LITERATURA CITADA

- ALVES, T.S.; CAMPOS, L.L.; NETO, N.E.; MATSUOKA, M & LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. *Revista Acta Scientiarum Agronomy*, 33:341-347, 2011.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization. *Soil & Tillage Research*, 77:137-145, 2004.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soil*, 38:15-20, 2003.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; MAFRA, A.L.; WILDNER, L.P. & MIQUELLUTI, D.J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. *Revista Ciência Agroveterinária*, 2:97-106, 2003.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. *Rev. Paleobot. Palynol.*, 99:143-156, 1998.
- CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147-157, 2009.
- DELITTI, W.B.C. Estudo de ciclagem de nutrientes: instrumento para análise funcional de ecossistemas terrestres. *Revista Oecologia Brasiliensis*, 1:469-486, 1995.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). *Indicadores químicos e físicos de qualidade de Solo de interesse agrícola*. Jaguariúna, 2006.
- FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop-rotation systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v.92, p.18-29, 2007.
- HAMZA, M.A. & ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Tillage Research*, 82:121-145, 2005.
- JACKSON, L.E.; CALDERON, F.J.; STEENWERTH, K.L.; SCOW, K.M.; ROLSTON, D.E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, 114: 305-317, 2003.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O. & HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Soil biochemistry*, 42:1-13, 2010.

- LAL, R. & BRUCE, J.P. The potential do world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. *Environment Science Pollut*, 2:177-185, 1999.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T., ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C. & REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1805-1816, 2008.
- MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 34:479-485, 2008.
- MOREIRA, F.M.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.
- POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology & Biochemistry*, Elmsford, 19:159-164, 1987.
- SCHLOTTER, M.; DILLY, O. & MUNCH, J.K. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture Ecosyst. Environ.*, 98:255–262, 2003.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental e delineamento experimental

Este estudo foi conduzido em Campo Demonstrativo Experimental (CDE) da Fundação ABC, localizado no município de Castro (24°51'50"S e 49°56'25"E), na região dos Campos Gerais do Paraná. O clima da região é subtropical, classificado como Cfb de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 17,8°C e precipitação média anual de 1554 mm. Nos meses de coleta ao final da estação de outono de 2011, a temperatura média mensal foi de 15,5°C e a precipitação de 35 mm e no final da estação de primavera de 2011, a temperatura média mensal foi de 21,5°C e precipitação média de 100 mm (IAPAR, 2012),

Tabela 1. Tratamentos avaliados.

Tratamentos ¹	Espécies Vegetais	Solo	Histórico
F	Dominância de <i>Araucária Angustifolia</i>	Latossolo Amarelo	Remanescente de capões de mata com predomínio de Araucárias.
C	<i>Aristidia sp.</i> , <i>Paspalum sp.</i> , <i>Panicum sp.</i> , <i>Andropogon sp.</i>	Cambissolo Húmico	Remanescente de campo gramíneo em sucessão para capoeira, eventualmente ocorre pastejo dos bovinos.
P	Predomínio de <i>Paspalum SP.</i>	Cambissolo Húmico	Pastagem com mais de três anos de uso, manejada com adubação de manutenção. Sem sinais de degradação.
AM	Milho – Aveia – Soja – Trigo – Soja	Latossolo Amarelo	Manejado há 15 anos sob plantio direto com adubação de manutenção na forma mineral.
E60	Milho – Aveia – Soja – Trigo – Soja	Latossolo Bruno	Manejado há mais de 15 anos sob plantio direto, com adubação de manutenção na forma orgânica e mineral.
E180	Milho – Aveia – Soja – Trigo – Soja	Latossolo Bruno	Manejado há mais de 15 anos sob plantio direto, com adubação de manutenção na forma orgânica e mineral.

¹Floresta Ombrófila Mista; C– Campo Nativo; P – Pastagem Perene com adubação mineral; AM -Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação mineral; E60 e E180 – Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação orgânica e mineral.

Os tratamentos consistem de sistemas nativos e agrossistemas, sendo um remanescente florestal de Floresta Ombrófila Mista (F) e um campo semi manejado (C) considerados nativos e agrossistema pastagem perene (P) e agrossistemas agrícolas sobre plantio direto a mais de 15 anos (AM, E60 e E180) sob composições de espécies vegetais produtoras de grãos da família Graminae e da subfamília Leguminosae em rotação de culturas (Tabela 1).

O tratamento AM recebe adubação mineral a base de fosfatos, cloreto de potássio em todas as culturas e uréia na cultura do milho, aveia e trigo. Os tratamentos E60 e E180 recebem adubação orgânica em duas doses de 60 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos de bovinos confinados (DLB). As doses de DLB foram parceladas em duas aplicações, sendo metade na semeadura das culturas de inverno, e metade nas de verão. A aplicação foi realizada após a emergência das plantas, em superfície sem incorporação, entre as linhas de semeadura, utilizando regadores manuais. Também foi feita adubação mineral, igual nos tratamentos E60 e E180, efetuada conforme a necessidade da cultura implantada. O tratamento P recebe adubação mineral. O sistema campo nativo esporadicamente sofre pastejo bovino, sem sinais de degradação, o pastejo ocorre nas estações mais quentes, respeitando a lotação animal por unidade de área.

2.2. Coletas de solo

As coletas de solo foram realizadas em duas épocas, no final da estação de outono de 2011, no dia 30 de maio e no final da estação de primavera de 2011, no dia 20 de dezembro em duas camadas, 0-5 cm e 5-10 cm. A coleta em distintas épocas foi para monitorar a sensibilidade dos atributos microbiológicos. Para avaliação da fertilidade do solo, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), biomassa microbiana do solo (C-BMS) e do ensaio da mineralização do nitrogênio a coleta ocorreu ao final do outono de 2011, e para determinação da densidade do solo a coleta ocorreu no final da primavera de 2011. Nos tratamentos AM a coleta de outono foi realizada sob a cultura do trigo na fase inicial de crescimento, nos tratamentos E60 e E180 sob os restos culturais de soja, quinze dias após a colheita e quatro meses após a última aplicação de DLB. Na coleta de primavera o tratamento AM estava sob soja na fase inicial de crescimento, os tratamentos E60 e E180 com cobertura de milho e trinta dias após a última aplicação de DLB. Foram coletadas quatro amostras compostas por tratamento formadas por quatro subamostras de solo, sendo uma amostra composta por parcela na dimensão 9 metros de comprimento e 3,5 metros de largura, com auxílio de pás e uma trena um pequeno perfil de 0,20 X 0,20 X 0,20 metros foi aberto nas entrelinhas de plantio.

2.3. Fertilidade do solo

A caracterização dos atributos químicos dos solos, foi realizada de acordo com a metodologia de Marques & Motta (2003), considerando o pH em CaCl₂ 0,01 M, H + Al obtido pelo pH SMP, cálcio e magnésio via extração com KCl 1M e determinação por espectrofotometria de absorção atômica; alumínio via extração com KCl 1M e determinação por titulação com NaOH; fósforo e potássio com extração Mehlich I, sendo P determinado por colorimetria e K por fotometria de chama.

O carbono orgânico total do solo (COT) e nitrogênio total (NT) foi determinado via combustão seca em analisador elementar Vario El III CHNOS Elementar Analyzer.

2.4. Análise Granulométrica (Textura)

A textura foi determinada nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. As amostras foram secas em temperatura ambiente e passadas em peneiras de 2 mm para posterior análise de granulometria. O método analítico para determinação de granulometria foi o do densímetro, de acordo com EMBRAPA (1997). Baseia-se na sedimentação das partículas que compõem o solo. Após adição de um dispersante químico, fixa-se um tempo único para a determinação da densidade da suspensão, na qual admite-se conter apenas argila. As frações grosseiras (areias fina e grossa) são separadas por tamisação e o silte é obtido por diferença, considerando-se que as três frações totalizam cem por cento das partículas presentes na amostra.

2.5. Umidade do solo

Pesou-se o solo úmido passado por peneira de 2 mm de malha, em recipiente de peso conhecido e em balança analítica; foi levado à estufa durante 24 horas a 105° C, deixou-se esfriar em dessecador e pesou-se o recipiente com o solo seco.

Assim, calculou-se a umidade através da fórmula:

$$U(\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100$$

Onde:

W1 = peso do recipiente;

W2 = peso do recipiente + solo

W3 = peso do recipiente + solo seco

A umidade foi expressa em percentagem correspondente à massa de solo. A umidade foi analisada para possíveis correções das amostras submetidas a respiração basal.

2.6. Densidade aparente do solo

Para a determinação da densidade aparente do solo, foram coletadas amostras indeformadas, empregando-se anéis volumétricos nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm na posição vertical. A massa de solo dos anéis foi obtida após secagem em estufa a 105 °C, por no mínimo 24 horas, conforme a metodologia proposta por Embrapa (1997). O volume dos anéis foi determinado usando a fórmula do volume do cilindro, e as medidas dos anéis foram obtidas com paquímetro. Para cálculo da densidade aparente foi usado a fórmula: $D_a = m/V$, onde D_a = densidade aparente ($g\ cm^{-3}$) e m = massa da amostra seca e V = Volume do anel.

2.7. Cálculo dos Estoques de Carbono e Nitrogênio

Após obter dados dos teores de carbono e nitrogênio em percentagem, foram calculados os estoques de carbono e nitrogênio total na camada de 0-5 cm e 5-10 cm, segundo Santos (2007), através das fórmulas:

$$EC = C\% \times DA(m) \times 1000 \times h$$

Sendo:

EC = Estoque de Carbono ($kg\ m^{-2}$); C% = Porcentagem de Carbono; DA = Densidade Aparente ($g\ cm^{-3}$) e h = Altura (espessura da camada em metros).

$$EN = N\% \times DA(m) \times 1000 \times h$$

Sendo:

EN = Estoque de Nitrogênio ($kg\ m^{-2}$); N% = Porcentagem de Nitrogênio; DA = Densidade Aparente ($g\ cm^{-3}$) e h = Altura (espessura da camada em metros).

2.8. Microbiologia do solo

O preparo do solo para as análises microbiológicas foi realizado por meio de peneiramento com malha de 2 mm, no qual retirou-se as raízes e os resíduos visíveis de plantas e animais do solo. O carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foi determinado pelo método de irradiação-extração, no qual as amostras são expostas a irradiação de microondas por dois minutos (Ferreira et al, 1999).

Cotas de 40 g de solo foram colocadas em Erlenmeyer (100 mL) para serem submetidas à irradiação. O tratamento-controle diferenciou-se dos demais por não submeter às porções de solo à irradiação. Deste procedimento resultou o método irradiação-extração (IE). Adicionaram-se aos frascos 50 mL de K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹, utilizando uma relação solo:extrator 1:1,25, seguido de agitação por meia hora e de filtragem em filtro médio. Para determinação do carbono foi retirado uma alíquota de 8 mL do extrato previamente filtrado e transferido para Erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 2 mL de solução 0,066 M de dicromato de potássio, 10 mL de ácido sulfúrico P.A. e 5 mL de ácido ortofosfórico P.A., todos com auxílio de dispensador, nesta ordem cronológica descrita. Aguardou-se esfriar e adicionou-se cerca de 70 mL de água deionizada, aguarde-se esfriar novamente, adicionou-se 3 gotas de difenilamina seguido de titulação sob agitação magnética com solução de 0,033 M de sulfato ferroso amoniacal. Quando a coloração da amostra passou de púrpura para verde foi considerado o ponto de viragem (Embrapa, 2007).

O cálculo da BMS é dado pela fórmula:

$BMS (mg \cdot kg^{-1}) = FC \cdot kc^{-1}$, onde: BMS = biomassa de carbono microbiano do solo em mg de C por kg de terra (ou $\mu g \cdot g^{-1}$); FC = fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C ($mg \cdot kg^{-1}$) recuperada no extrato da amostra irradiada e a recuperada na amostra não irradiada; kc = fator de correção. O fator de correção utilizado foi 0,41.

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada pelo método incubação (Embrapa, 2007). O quociente metabólico do solo (qCO_2) foi obtido pela relação do CBMS e a RBS (Embrapa, 2007).

2.9. Ensaio da mineralização do Nitrogênio

A mineralização do nitrogênio por incubação anaeróbia seguiu a metodologia proposta por Waring & Bremner (1964). O preparo do solo para incubação foi realizado por meio de peneiramento com malha de 2 mm, no qual retirou-se as raízes e os resíduos visíveis de plantas e animais do solo e, posteriormente, colocou-se cerca de 10 cm³ de solo com auxílio de amostrador de cachimbo em tubos de centrífuga de 50 mL. Seguido da adição de 30 mL de KCl 2 mol L⁻¹, este procedimento foi realizado a campo, no momento das coletas de solo.

No laboratório, no dia seguinte à coleta, os tubos foram agitados por 45 minutos e centrifugados a 2.000 rpm, durante 15 minutos. As quantidades iniciais de N-NH₄⁺ (usando o método do fenato, em meio alcalino e na presença do catalizador nitroprussiato, a amônia reage com o fenol e com o hipoclorito sódico, formando o azul de indo fenol que se torna suscetível à determinação por colorimetria) e N-NO₃⁻ (acidificação com 1N HCL, indicado para prevenir

interferência de hidróxido ou concentrações de carbonato até 1000 mg CaCO_3/L) foram determinados por espectrofotometria, sendo o comprimento de onda empregado para o amônio de 640 nm e para o nitrato de 220 nm.

Para as incubações foram acrescentados nos tubos de centrífuga 30 mL de solução nutritiva, constituída de MgSO_4 ($0,002 \text{ mol L}^{-1}$), CaCl_2 ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$) e $\text{NaH}_2\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$). Os tubos foram agitados manualmente até a dispersão dos solos e depois tampados e colocados em incubadora a uma temperatura de $28\pm 2^\circ\text{C}$.

A primeira extração de N foi realizada quinze dias após o início da incubação. A solução nutritiva foi retirada do tubo após centrifugação dos mesmos. Foram adicionados 30 mL de KCl a 2 mol L^{-1} em cada tubo de centrífuga. Os tubos foram então agitados e centrifugados de forma semelhante à usada para a extração do N presente antes da incubação. Estas operações foram realizadas após 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias de incubação.

2.10. Análises estatísticas

O efeito dos tratamentos sobre os atributos analisados foi avaliado pela comparação das médias dos dados submetidas à análise de variância, utilizando o teste de Tukey a 5%, não foi necessário transformar os dados, processado no programa ASSISTAT 7.6. Para avaliar a relação entre as variáveis COT, NT, C-BMS e pH e os teores totais de N mineralizado, foram ajustados curvas de regressão utilizando-se o programa SIGMA PLOT 10.0.

Os dados dos atributos físicos, químicos e biológicos avaliados neste trabalho foram submetidos à análise de DCA para avaliar o tamanho do gradiente da matriz de dados, sendo o valor referencial como limite máximo 3 (três) (Johnson & Wichern, 1988). Após verificação da DCA os dados foram submetidos à análise multivariada por meio da determinação dos componentes principais (PCA) e seus respectivos escores (Leps & Smilauer, 2004). Esta exploração teve como objetivo observar os agrupamentos e os principais fatores responsáveis pelo agrupamento dos tratamentos; e comparar entre os tratamentos quais variáveis expressam melhor os diferentes tratamentos. As análises multivariadas foram processadas no programa CANOCO versão 4.5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Caracterização química e textural dos sistemas

Os tratamentos sistemas nativos apresentaram os menores valores médio de pH CaCl_2 , na camada 0-5 cm, sendo 3,7 para o tratamento sistema nativo F e 4,0 para o tratamento sistema nativo

C. Os agrossistemas apresentaram comportamento contrário, com pH 5,6 para o tratamento P, 5,7 para o tratamento AM, 6,2 para o tratamento E60 e 6,7 para o tratamento E180. Os valores médios do pH diminuíram na camada 5-10 cm, porém apresentaram comportamento similar ao da camada de 0-5 cm (Tabela 2).

Os valores médios elevados de pH e a ausência de Al^{3+} nos tratamentos de agrossistemas está diretamente relacionado com a prática de calagem, na qual o H^+ é consumido pelo carbonato e transformado em água e dióxido de carbono, e o alumínio é hidrolizado, formando hidróxido de baixa solubilidade, sendo completo a pH 4,8. Em virtude deste processo, não encontramos Al^{3+} disponível nos tratamentos P, AM, E60 e E180, proporcionando o aumento de pH nos mesmos e contrapondo os sistemas nativos encontrados sob solo ácido com pH muito baixo.

Os valores médios de $(H^+ + Al^{3+})$ nos tratamentos F e C foram respectivamente de 14,08 $cmol_c dm^{-3}$ e 10,45 $cmol_c dm^{-3}$ na camada de 0-5 cm. Nos agrossistemas estes valores são inferiores com 3,97 $cmol_c dm^{-3}$ para o tratamento AM, 3,68 $cmol_c dm^{-3}$ para o tratamento P, 2,74 $cmol_c dm^{-3}$ para o tratamento E60 e 2,36 $cmol_c dm^{-3}$ para o tratamento E180. Estes valores estão relacionados com a dissociação do H^+ de grupos fenólicos e carboxílicos da matéria orgânica, principais fornecedores de prótons ao solo, sendo mais importante nos sistemas naturais por não ocorrer calagem.

Tabela 2. Características químicas dos solos sob diferentes sistemas nativos e agrossistemas referentes às amostras coletadas em duas camadas em maio de 2011.

Tratamentos ¹	Química							Textural			
	pH	CaCl ₂	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	Argila	Areia	Silte
	cmol _c dm ⁻³							mg dm ⁻³	g kg ⁻¹ solo		
Camada 0-5 cm											
F	3,7eA*		14,08aA	1,7aB	0,30cA	2,85cA	1,80bA	9,15cA	600	214,5bA	185,5cB
C	4,0dA		10,45bA	1,5aB	0,38cA	1,45dA	1,25bA	4,67dA	450	330,7aA	219,3bB
AM	5,7cA		3,97cA	0,0bA	0,45cA	6,50aA	4,10aA	13,0bcA	600	214,5bA	185,5cB
P	5,6cA		3,68cA	0,0bA	0,91bA	6,82aA	3,95aA	43,0aA	450	156,2dB	393,8aA
E 180	6,7aA		2,36dA	0,0bA	1,42aA	5,07bA	4,15aA	16,5bA	700	178,6cB	121,4dA
E 60	6,2bA		2,74dA	0,0bA	0,78bA	5,47bA	3,65aA	13,2bcA	700	178,6cB	121,4dA
Camada 5-10 cm											
F	3,6fB		15,16aA	3,2aA	0,18cB	0,72bB	0,67cB	5,40cdB	600	204,6bB	195,4cA
C	3,8eB		10,45bA	2,5bA	0,17cB	0,60bB	0,47cB	3,25dA	450	321,7aB	228,3bA
AM	5,0dB		6,21cB	0,0cA	0,24cB	4,85aB	3,07aB	9,72bB	600	204,6bB	195,4cA
P	5,2cB		4,61dA	0,0cA	0,74bB	5,00aB	2,65abB	17,8aB	475	172,8cA	352,2aB
E 180	6,3aB		2,74EA	0,0cA	1,07aB	4,87aB	3,30aB	8,20bcB	700	199,5bA	185,5dB
E 60	5,5bB		3,97dA	0,0cA	0,54bB	4,05aB	2,05bB	5,70bcdB	700	199,5bA	185,5dB

¹Floresta Ombrófila Mista; C – Campo Nativo; AM-Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação mineral; P – Pastagem Perene com adubação mineral; E60 e E180 – Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação orgânica e mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na camada de 5-10 cm ocorreu pequena elevação no teor médio de ($H^+ + Al^{3+}$) no sistema nativo F no tratamento C o teor manteve-se igual ao da camada superior. Os agrossistemas apresentaram pequenos incrementos, possivelmente devido ao manejo de calagem adotado nestes sistemas, sem incorporação do calcário, corrigindo-se a acidez de maneira mais eficiente próximo à superfície do solo.

Os tratamentos F e C, expostos ao longo dos anos às condições de precipitação intensa, sofreram grande lixiviação das bases, resultando em solos de baixa fertilidade natural. Assim, não houve reposição como nos agrossistemas, permanecendo o complexo de troca com predominância dos cátions H^+ e Al^{3+} . O teor médio para Al^{3+} na camada de 0-5 cm para o tratamento F foi de 1,7 $cmol_c\ dm^{-3}$ e de 1,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ para o tratamento C. Na camada de 5-10 cm foi detectado 3,2 $cmol_c\ dm^{-3}$ no tratamento F e 2,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ no tratamento C, sendo estes teores considerados altos (Comissão-RS/SC, 1994).

O teor médio de cátions trocáveis foi superior nos agrossistemas em comparação aos sistemas nativos, sendo os valores de cálcio na camada 0-5 cm conforme a seguir: o tratamento AM (6,50 $cmol_c\ dm^{-3}$), P (6,82 $cmol_c\ dm^{-3}$), E180 (5,07 $cmol_c\ dm^{-3}$) e E60 (5,47 $cmol_c\ dm^{-3}$). Estes valores são considerados muito altos para os tratamentos AM e P e altos para os tratamentos E180 e E60 (Tabela 2). O teor de magnésio foi considerado muito alto em todos os sistemas avaliados, incluindo os nativos. Os teores de potássio foram muito altos nos tratamentos sob agrossistemas e altos nos tratamentos sob sistemas nativos na camada de 0-5 cm. A acumulação de cátions trocáveis na camada superficial de solos cultivados é relatada por Silva e Ribeiro (1995), que atribuem este acréscimo à aplicação de adubos solúveis, adubos orgânicos e calcários.

O teor médio de fósforo encontrado é muito alto nos tratamentos de agrossistema: P (43,0 $mg\ dm^{-3}$), E180 (16,5 $mg\ dm^{-3}$), E60 (13,2 $mg\ dm^{-3}$) e AM (13,0 $mg\ dm^{-3}$). Nos tratamentos sob sistema nativo a floresta apresentou 9,15 $mg\ dm^{-3}$, considerado alto e 4,67 $mg\ dm^{-3}$ no campo nativo considerado baixo na camada de 0-5 cm. O teor elevado nos agrossistemas deve-se a adubação fosfatada e à possibilidade de estar ocorrendo fixação do fósforo pela fração argila dos solos.

Todos os elementos avaliados decresceram da camada de 0-5 cm para a camada de 5-10 cm em todos os tratamentos estudados.

Os tratamentos E60 e E180 apresentaram os maiores teores de argila, considerado de textura muito argilosa (Embrapa, 2006), com 700 g de argila por kg^{-1} de solo na camada de 0-5 cm e 5-10 cm. Nos tratamentos F e AM foram encontrados 600 g de argila por kg^{-1} de solo nas duas camadas avaliadas, sendo agrupado como textura argilosa. Os tratamentos P e C apresentaram os menores teores de argila agrupando-os como textura argilosa com 450 g de argila por kg^{-1} de solo na camada de 0-5 cm, o tratamento C manteve o mesmo teor de argila na camada de 5-10 cm, porém no

tratamento P ocorreu um pequeno incremento no teor de argila com 475 g de argila por kg¹ de solo (Tabela 2).

No tratamento C os teores de areia foram mais elevados nas duas camadas estudadas (330,7 g por kg¹ de solo na camada de 0-5 cm e 321,7 na camada de 5-10 cm), os tratamentos F e AM aparecem em seguida com 214,5 g por kg¹ de solo na camada de 0-5 cm com pequeno incremento na camada de 5-10 cm. Os tratamentos E60 e E180 apresentaram teor intermediário com 178,6 g por kg¹ de solo na camada de 0-5 cm e 199,5 na camada de 5-10 cm. O tratamento P apresentou o menor teor de areia nas duas camadas observadas (156,13 g por kg¹ de solo na camada de 0-5 cm e 172,75 g por kg¹ de solo na camada de 5-10 cm).

Com relação ao teor de silte o tratamento P apresentou o maior teor com 393,8 g por kg¹ de solo na camada de 0-5 cm e 352,2 g por kg¹ de solo na camada de 5-10 cm, seguido do tratamento C com 219,3 g por kg¹ de solo na camada de 0-5 cm e 228,3 g por kg¹ de solo. Nos tratamentos AM, F, E60 e E180 foram encontrados os menores teores de silte (Tabela 2).

3.2. Densidade aparente do solo

O tratamento agrossistema P apresentou os valores mais elevados de densidade aparente do solo, em média 1,26 g cm⁻³ na camada 0-5 cm e 1,30 g cm⁻³ na camada de 5-10 cm. O tratamento: AM apresentou 0,92 g cm⁻³ na camada 0-5 cm e 1,09 g cm⁻³ na camada 5-10 cm; o tratamento E180 com 0,89 g cm⁻³ na camada 0-5 cm e 1,08 g cm⁻³ na camada 5-10 cm; o tratamento E60 com 0,87 g cm⁻³ na camada 0-5 cm e 1,04 g cm⁻³ na camada 5-10 cm; o tratamento C com 0,85 g cm⁻³ na camada 0-5 cm e 1,05 g cm⁻³ na camada 5-10 cm e por fim o sistema nativo F que apresentou as menores densidades, com 0,70 g cm⁻³ na camada 0-5 cm e 0,75 g cm⁻³ na camada 5-10 cm (Tabela 3).

Os valores de densidade aumentaram da camada de 0-5 cm para 5-10 cm em todos os tratamentos, possivelmente os maiores teores de carbono orgânico na camada superficial (Tabela 3) também contribuem para os menores valores de densidade nesta camada. Para outras classes de solo, outros autores também encontraram comportamento semelhante de aumento de densidade no perfil de solo em profundidade (Melo, 2003; Santos, 2007).

Nos agrossistemas AM, E60 e E180, pode ter ocorrido aumento da densidade pela pressão causada pelo tráfego de máquinas, que promovem a desagregação do solo, efeito este intensificado pelo uso excessivo do solo (Novak et al., 1992). No agrossistema P, além do pisoteio dos animais Young (1998), observou que a elongação radicular modificou a densidade do solo pela expansão radial e axial das raízes, compactando o solo próximo às raízes e gerando fraturas no solo. Esta constatação vem de acordo com resultados obtidos por White (1975), que observou a ocorrência da

compactação do solo no entorno das raízes, provocada pelo crescimento radial, gerando fraturas no solo. Estas fraturas foram observadas na coleta de solo nas estações de outono e primavera de 2011. Este efeito das raízes também pode estar influenciando o tratamento sistema nativo C.

Tabela 3. Características física, químicas e microbiológicas dos solos sob diferentes sistemas nativos e agrossistemas referentes às amostras coletadas em duas camadas em maio de 2011.

Tratamentos ¹	Físico		Químicos				Microbiológicos		
	Ds g cm ⁻³	COT g kg ⁻¹ solo	NT	C/N	EC	EN	CBMS mg C mic./ kg ⁻¹ solo	RBS mg C-CO ₂ / kg ⁻¹ solo	qCO ₂ mg C-CO ₂ / g ⁻¹ CBMS
Camada 0 - 5 cm									
F	0,70bA	102,74aA	7,59aA	13,5bcA	3,53bA	0,26bA	697,2aA	419,9aA	200,6cA
C	0,85aA	66,76bA	4,59bcA	14,5aB	2,75cA	0,19cA	500,7bA	339,9bA	226,6bcA
AM	0,92bA	61,14bcA	4,38cA	14,0abB	2,83cA	0,20aA	329,6cA	314,2bA	318,0bA
P	1,26cA	66,33bA	5,12bA	13,0cdB	3,68aA	0,28aA	326,9cA	470,9aA	483,2aA
E 180	0,89aB	51,74cdA	4,06cA	12,7dA	2,39cA	0,19dA	313,2cA	300,8bA	320,6bB
E 60	0,87aB	50,41dA	3,87cA	13,0cdA	2,44cA	0,18d	220,2dA	327,5bA	503,8aB
Camada 5 - 10 cm									
F	0,75cA	67,29aB	5,15aB	13,1dA	2,79abB	0,21bB	512,8aB	297,8aB	193,9dA
C	1,05bA	48,10bcB	3,15cB	15,3aA	2,61bcB	0,17bcB	338,0bB	260,8abB	257,4cdA
AM	1,10cA	57,76abA	3,97bB	14,6abA	2,33cA	0,16cA	277,3cB	252,6abB	304,1cA
P	1,30dA	48,08bcB	3,46bcB	13,9bcA	3,44aB	0,25aB	185,9dB	289,5aB	527,1bA
E 180	1,08aA	43,81cB	3,30bcB	13,3cdA	2,32bcA	0,18bcA	145,8dB	300,4aA	689,3aA
E 60	1,03aA	39,25cB	2,89cB	13,6cdA	2,07cA	0,15cA	115,1deB	227,5bB	658,6aA

¹Floresta Ombrófila Mista; C – Campo Nativo; AM-Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação mineral; P – Pastagem Perene com adubação mineral; E60 e E180 – Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação orgânica e mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.3. Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO₂) e carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS)

Na camada de 0-5 cm, os maiores teores médios de carbono orgânico total (COT) foram encontrados no tratamento F, com média de 102,74 g kg⁻¹ solo e do tratamento C com 66,76 g kg⁻¹ solo, seguido pelos tratamentos P com 66,33 g kg⁻¹ solo, do tratamento AM com 61,14 g kg⁻¹ solo, tratamento E180 com 51,74 g kg⁻¹ solo e tratamento E60 com 50,41 g kg⁻¹ solo (Tabela 3).

Na camada de 5-10 cm, os valores de COT nos tratamentos foram similar ao da camada 0-5 cm, com exceção do tratamento agrossistema AM que apresentou o segundo maior teor médio de 57,76 g kg⁻¹ solo, atrás apenas do tratamento F com 67,29 g kg⁻¹. Os valores médios de COT na camada de 5-10 cm foram menores do que na camada de 0-5 cm em todos os tratamentos (Tabela 3). A maior concentração de COT na superfície do solo é decorrente do aporte de material orgânico pela vegetação, quando da deposição de serapilheira na floresta, no campo nativo e na pastagem, ou quando da colheita nos agrossistemas, onde parte das plantas ficam sobre o solo como palhada.

Rangel et al, (2008) também observaram que os maiores teores de COT são encontrados na camada de 0-5 cm de solo, e que estes valores se alteram quando o manejo e o uso do solo é alterado. Considerando-se que as áreas de agrossistemas foram floresta no passado, os resultados analíticos sugerem que houveram perdas de COT pelo processo de manejo do solo. As áreas com pastagem (P), por sua vez, mostraram valores de COT próximos aos observados no campo nativo (C), sugerindo uma maior manutenção de carbono no solo nestes tratamentos do que nos agrossistemas de plantio direto.

O maior teor de COT no tratamento F pode ser explicado pelo ambiente apresentar maior estabilidade, o que implica em um balanço positivo entre o aporte de matéria orgânica no solo, via resíduo vegetal e sua posterior decomposição pela microbiota do solo. Nos tratamentos C e P, o maior teor de COT é resultado da maior preservação dos resíduos orgânicos. Em geral, as gramíneas contribuem para o aporte de carbono ao solo, pois produzem um sistema radicular fasciculado com grande volume de biomassa nos primeiros 10 cm de solo (Soriano, 1991; Pérez Gomar et al, 2002). Segundo Bayer & Mielniczuk (1999), a manutenção ou recuperação dos teores de COT e da capacidade produtiva do solo pode ser restabelecida pela utilização de pastagens.

Os menores teores de COT encontrados nos agrossistemas de plantio direto AM, E60 e E180 ocorrem devido à modificação do ambiente pelo manejo, por meio da substituição da vegetação nativa por espécies cultivadas, adotando-se técnicas de rotação de culturas, adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que influenciam nos processos biológicos de decomposição e mineralização quando manejados por sucessivos anos, aumentando a exposição das frações orgânicas (Feller, 1997; Silva & Pasqual, 1999; Bayer et al, 2000; Leite et al, 2003). Entretanto boa parte destas perdas de COT podem ter ocorrido quando o manejo do solo era realizado através do revolvimento nas áreas agrícolas.

Os maiores teores de NT na camada de 0-5 cm foram encontrados nos tratamentos F com média de 7,59 g kg⁻¹ solo e P com 5,12 g kg⁻¹ solo, seguido do tratamento C com 4,59 g kg⁻¹ solo, e dos agrossistemas AM com 4,38 g kg⁻¹ solo, E180 com 4,06 g kg⁻¹ solo e E60 com 3,87 g kg⁻¹ solo. Como esperado os valores de NT seguiram tendência similar a dos valores de COT, pois a maior parte do nitrogênio do solo está na forma orgânica.

D'Andréa et al. (2004) estudaram Latossolo Vermelho no Rio Grande do Sul e Rangel & Silva (2007), estudaram um Latossolo Vermelho em Minas Gerais e ambos notaram comportamento semelhante ao avaliarem os teores da COT e NT, sob diferentes sistemas de uso e manejo, verificando que os maiores teores localizaram-se na camada superficial do solo e decrescem conforme a camada aumenta.

Segundo Camargo et al. (2008), os teores de NT dependem de fatores como temperatura, umidade, aeração, quantidade e natureza do material orgânico depositado no solo. No sistema sob floresta, o ambiente é composto pela diversidade de espécies, inclusive leguminosa, favorecendo diversas fontes de resíduos orgânicos por deposição natural de resíduos vegetais distintos, como folhas, flores, frutos, galhos e outros fragmentos orgânicos, e até substâncias orgânicas originadas da decomposição das raízes (Pohlman & Mccoll, 1988).

Outro fator que pode estar influenciando os maiores teores de NT no tratamento (F) é o teor de argila, que é superior aos tratamentos P e C, porém com teores inferiores aos tratamentos E60 e E180. A razão do nitrogênio apresentar maiores teores no tratamento sistema floresta (F) pode ser justificado pelo menor grau de perturbação e ocorrência de espécies contribuintes de nitrogênio com a deposição de suas frações (Cunha et al, 1993).

Apesar do teor de NT ser maior no tratamento sistema nativo F, o teor no tratamento agrossistema P é maior que o tratamento sistema nativo C (que está em processo de sucessão para capoeira), em virtude da urinação e defecação dos animais e da adubação de manutenção nitrogenada. Além disso, a presença permanente de vegetação exclusiva de gramíneas, as quais investem primariamente no desenvolvimento de raízes e fazem alocação de fotossimilados para o crescimento do sistema radicular, apresentando maior coeficiente de humificação do C adicionado ao solo (Boddey et al, 2001; Rangel et al, 2008), podem ter acarretado o aumento nos teores de NT, como ocorreu com os teores de COT.

Os materiais orgânicos adicionados nos sistemas são continuamente submetidos a decomposição pelos microrganismos, que buscam energia e carbono para a construção de sua biomassa. Quanto maior for este aporte e melhor for sua qualidade, maior será o aproveitamento pelos microrganismos do solo. Desta forma os sistemas nativos apresentaram os maiores teores de CBMS, com 697,9 e 500,7 mg C microbiano kg⁻¹ solo para os tratamentos F e C respectivamente. Os agrossistemas apresentaram teores de 329,6; 326,9; 313,2 e 220,25 mg C microbiano kg⁻¹ solo nos tratamentos AM, P, E180 e E60, respectivamente na camada de 0-5 cm. Na camada de 5-10 cm o comportamento foi o mesmo, sendo 512,5 e 338,0 mg C microbiano kg⁻¹ para os tratamentos nativos F e C; e 277,3; 185,9; 145,8 e 115,1 mg C microbiano kg⁻¹ para os agrossistemas AM, P, E180 e E60, respectivamente (Tabela 3).

Resultados parecidos foram obtidos por Ferreira et al, (2002) avaliando a dinâmica do carbono da biomassa microbiana em diferentes profundidades de um Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. Os autores observaram que, em relação ao comportamento médio no perfil, o valor encontrado para o carbono da BM na área de vegetação nativa de cerrado foi maior

do que os demais e os maiores teores de C-BMS foram encontrados nas camadas superficiais do solo.

Os resultados destas três variáveis analisadas, COT, NT e CBMS, mostram a existência de estreita relação entre estas variáveis. Os valores destes atributos variaram sempre na mesma direção, seja em função dos tratamentos aplicados ou da profundidade de amostragem de solo.

Os teores de RBS na camada de 0-5cm foram mais elevados no tratamento P e F, 470,9 e 419,9 mg C-CO₂/ kg⁻¹ solo, seguido dos tratamentos C, E60, AM e E180: 339,9; 327,5; 314,2 e 300,8 mg C-CO₂/ kg⁻¹ solo. Na camada de 5-10 cm ocorreram decréscimos nos valores analisados.

Pôrto et al, (2009), observaram maior valor de RBS na mata que em agrossistemas de rotação e de consorciação de cultivos; e Jakelaitis et al, (2008) e Carneiro et al, (2009) encontraram maiores valores na mata do que em agrossistemas de pastagem e de semeadura direta de milho.

Maiores teores de RBS estão relacionadas à maior atividade biológica, que, por sua vez, está coligada diretamente com a quantidade de carbono lábil no solo. Entretanto, a consideração dos resultados da atividade biológica deve ser feita com critério, pois nem sempre teores elevados de RBS sugerem condições desejáveis; no curto prazo pode significar liberação de nutrientes para as plantas e, no longo prazo, perda de C orgânico do solo para a atmosfera (Parkin et al., 1996). Dessa forma, elevados valores de RBS podem indicar tanto situações de distúrbio quanto de alto nível de produtividade do sistema (Islam & Weil, 2000).

Os teores o quociente metabólico foram menores nos tratamentos F (200,6 mg C-CO₂/ g⁻¹ CBMS) e C (226,6 mg C-CO₂/ g⁻¹ CBMS), seguido dos tratamentos AM (318,0 mg C-CO₂/ g⁻¹ CBMS), E180 (320,6 mg C-CO₂/ g⁻¹ CBMS), P (483,2 mg C-CO₂/ g⁻¹ CBMS) e E60 (503,8 mg C-CO₂/ g⁻¹ CBMS). A camada de 5-10 cm apresentou o mesmo comportamento..

O quociente metabólico (qCO₂) é a razão entre RBS por unidade de carbono da BMS (Silva et al, 2007) e tem sido usado como indicador de estresse da biomassa microbiana, porque expressa a eficiência metabólica com que os microrganismos mantêm a sua biomassa (Monteiro & Gama-Rodrigues, 2004; Maluche-Baretta et al, 2006).

Maiores valores de qCO₂ indicam maiores perdas de C no sistema na forma de CO₂ por unidade de C-microbiano, razão por que os agrossistemas sofreram as maiores perdas, provocado pela presença de um substrato facilmente assimilável para o desenvolvimento e atividade microbiana, com menor resistência ao ataque dos microrganismos (Santos et al, 2004). De acordo com Bardgett & Saggar (1994), valores elevados de qCO₂ são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou perturbação. O sistemas nativos, ao contrário, apresentaram os menores valor de qCO₂, sendo, portanto os sistemas com menor perda de C, ou

seja, mais eficientes em utilizar o carbono. Desta forma, os sistemas nativos são considerados mais eficientes em utilizar o carbono do solo nas duas camadas analisadas.

3.4. Estoque de carbono (EC), estoque de nitrogênio (EN) e relação C/N

Os estoques de carbono (EC) e nitrogênio (EN) observados na camada 0-5 cm foram maiores no tratamento agrossistema P com 3,68 kg m⁻² para EC e 0,28 kg m⁻² para EN, seguido pelos tratamentos F com 3,53 kg m⁻² para EC e 0,26 kg m⁻² para EN, tratamento AM com 2,83 kg m⁻² para EC e 0,20 kg m⁻² para EN, tratamento C com 2,75 kg m⁻² para EC e 0,19 kg m⁻² para EN e tratamentos E60 e E180 com 2,44 e 2,39 kg m⁻² para EC e 0,18 e 0,19 kg m⁻² para EN (Tabela 5).

Na camada 5-10 cm os valores de EC e EN diminuíram em todos os tratamentos. O tratamento P apresentou o maior estoque com 3,44 kg m⁻² para EC e 0,25 kg m⁻² para EN, seguido pelos tratamentos F com 2,79 kg m⁻² para EC e 0,21 kg m⁻² para EN, tratamento C com 2,61 kg m⁻² para EC e 0,17 kg m⁻² para EN, tratamento AM com 2,33 kg m⁻² para EC e 0,16 kg m⁻² para EN e tratamentos E180 e E60 com 2,33 e 2,07 kg m⁻² para EC e 0,18 e 0,15 kg m⁻² para EN (Tabela 3).

O estoque mais elevado de C e N no tratamento P pode ser justificado em parte pelo fato da densidade aparente do solo ser mais alta (1,26 g/cm³ na camada 0-5 cm e de 1,30 g/cm³ na camada 5-10 cm) neste tratamento devido à compactação superficial, fato também observado por Bernoux et al (1999) e Santos (2007) em seus estudos. Mas também pode ser resultado de efeito da atividade microbiana do solo. O aumento de densidade, ocasionado pelo tráfego de animais; diminui a aeração do solo podendo provocar a diminuição da ação dos microrganismos que utilizam o oxigênio em seu metabolismo, resultando em menores taxas de decomposição da M.O. do solo (Rangel et al, 2008).

Zinn et al. (2005), em um levantamento feito no Brasil, observaram que o estoque de carbono em pastagem foi superior a floresta quando a amostragem ocorreu nos primeiros 20 cm de camada do solo.

No tratamento sistema nativo F, apesar dos menores valores de densidade do solo, os teores de COT foram bastante elevados, proporcionando altos valores de EC e EM.

Nos agrossistemas de plantio direto a permanência dos resíduos culturais em superfície, a rotação de culturas e o não-revolvimento do solo favorecem a proteção física da MOS com a formação de agregados que ocasionam o aumento dos estoques de C e N no solo (Sá et al., 2001). Diversos estudos mostraram aumentos nas quantidades de C e N significativos nas camadas superficiais do solo nos anos iniciais dos sistemas sob plantio direto (Sisti et al., 2004; Diekow et

al., 2005), mas com o tempo de manejo os estoques tendem em aumentar nas camadas mais profundas quando comparados aos sistemas convencionais de cultivo.

A relação C/N apresentou valores próximos entre os tratamentos mesmo com diferença estatística, não sendo o principal fator responsável pelo processo de mineralização dos sistemas, demonstrando que talvez a proteção da MOS pela fração mineral do solo, a recalitrância e/ou a maneira com que o N está incorporado à MOS e o ambiente em questão atuam mais fortemente do que a relação C/N na capacidade do solo em mineralizar N (Rhoden, 2005). Neste trabalho a relação C/N variou de 12,7 a 14,3 na camada de 0-5 cm e tendendo a aumentar na camada de 5-10 cm, oscilando de 13,1 a 15,3 (Tabela 5). Estes valores foram um pouco superiores aos comumente reportados na literatura, de 10 a 12 (Schlesinger, 1995).

3.5. Mineralização do nitrogênio orgânico do solo

Nos tratamentos nativos: floresta (F) e campo nativo (C) e tratamento agrossistema: pastagem perene (P) (Figura 1. a, b e c) foi observado aumento abrupto de N inorgânico nos períodos iniciais da incubação, aos quinze dias, ocorrendo subsequente com tendência à estabilização nos períodos seguintes. Nos tratamentos agrossistemas, plantio direto com adubação mineral (AM), plantio direto com adubação mineral e orgânica na dose de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (E60) e plantio direto com adubação mineral e orgânica na dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (E180), o pico de mineralização também ocorreu aos quinze dias, porém foi de menor intensidade quando comparado aos demais sistemas; e no caso específico dos tratamentos E60 e E180 outros picos foram observados aos 75 e 60 dias, respectivamente. (Figura 1, d, e e f).

Todos os tratamentos apresentaram comportamento similar ao início da incubação, mostrando uma primeira fase de acelerada mineralização, seguida da fase vagarosa de mineralização, proporcionando diferentes velocidades e intensidades de disponibilização de N.

O comportamento geral apresentado por todos os tratamentos em expressar pequeno pico de mineralização aos noventa dias pode estar vinculado ao restabelecimento da biomassa microbiana do solo, ou seja, a biomassa do solo está morrendo e sendo consumida pela nova biomassa colonizadora que está utilizando a biomassa morta como substrato para o seu metabolismo, pois após os períodos iniciais de maior mineralização a matéria orgânica torna-se mais recalitrante (Janssen, 1996). Assim, determinados microorganismos perdem ou diminuem a capacidade de degradar este material menos palatável e por seleção acabam morrendo e favorecendo a expressão de microorganismos mais adaptados a condição do meio, reciclando o nitrogênio da biomassa microbiana (Mengel, 1996).

Esta dinâmica de mineralização do N é típica em estudos de incubação anaeróbica de curta duração com amostras deformadas de solo (Stanford & Smith, 1972; Wang et al., 2003; Rhoden et al., 2006; Yagi et al, 2009; Mariano, 2010). Segundo Yagi et al (2009), este comportamento ocorre pela estimulação dos microorganismos nas amostras deformadas pela aeração resultante do preparo e manuseio das amostras de solo que favorece o aumento da atividade microbiana.

Para que a mineralização aconteça ela deve estar em equilíbrio com a imobilização, sendo que ambos os processos ocorrem simultaneamente, afetando a dinâmica do N, e o que determinará a predominância de um processo sobre o outro é a relação C/N do solo dos sistemas (Cassman & Munns, 1980). Assim, a matéria orgânica do solo, que possui relação C/N acima de 30/1, poderá acentuar a imobilização do N inorgânico disponível no solo para sustentar o crescimento da população de microrganismos (Vitti et al, 2008), promovido pela abundância de C como fonte de energia. A metabolização da matéria orgânica diminui gradativamente a relação C/N, chegando a um ponto em que os microrganismos não necessitam do N inorgânico para seu metabolismo, ocorrendo dessa forma, a mineralização líquida, proporcionando um aumento na disponibilidade de N no solo (Cantarella, 2007).

A dinâmica de mineralização apresentou diferentes comportamentos em função das características intrínsecas de cada sistema, apresentando oscilações para os tratamentos AM, E60 e E180 nas duas camadas avaliadas. Este desempenho pode ter ocorrido pela proteção física exercida pela argila que protege proteínas e peptídeos da ação enzimática microbiana (Mengel, 1996), estocando N orgânico que pode contribuir para o aumento do potencial de mineralização dos diferentes solos avaliados após o pico inicial da incubação (Figura 1).

A mineralização de nitrogênio diminui à medida que as camadas de solo se aprofundam. Este comportamento foi observado em vários trabalhos sob diferentes sistemas. Alves et al (1999) avaliando vinte sítios em Pernambuco, Mariano (2010) em cinco solos sob cana de açúcar em São Paulo, Benintende et al (2008) em treze sítios da Província de Entre Rios na Argentina e Mora et al (2008) em pastagens do México todos relataram o decréscimo nas taxas e teores de nitrogênio mineralizado em profundidade, bem como nos teores totais de carbono e nitrogênio.

Os maiores teores de N mineralizado na camada superficial tem relação com a maior ocorrência de microorganismos nos horizontes superficiais do solo decorrente das condições favoráveis de temperatura, umidade, aeração, disponibilidade de nutrientes (Rigobelo & Nahas 2004; Moreira & Siqueira, 2006).

De forma geral, é esperado ocorrer um decréscimo na mineralização do N com o aumento da profundidade do solo (Campbell et al, 1981; Alves et al., 1999; Mariano, 2010), atribuído talvez

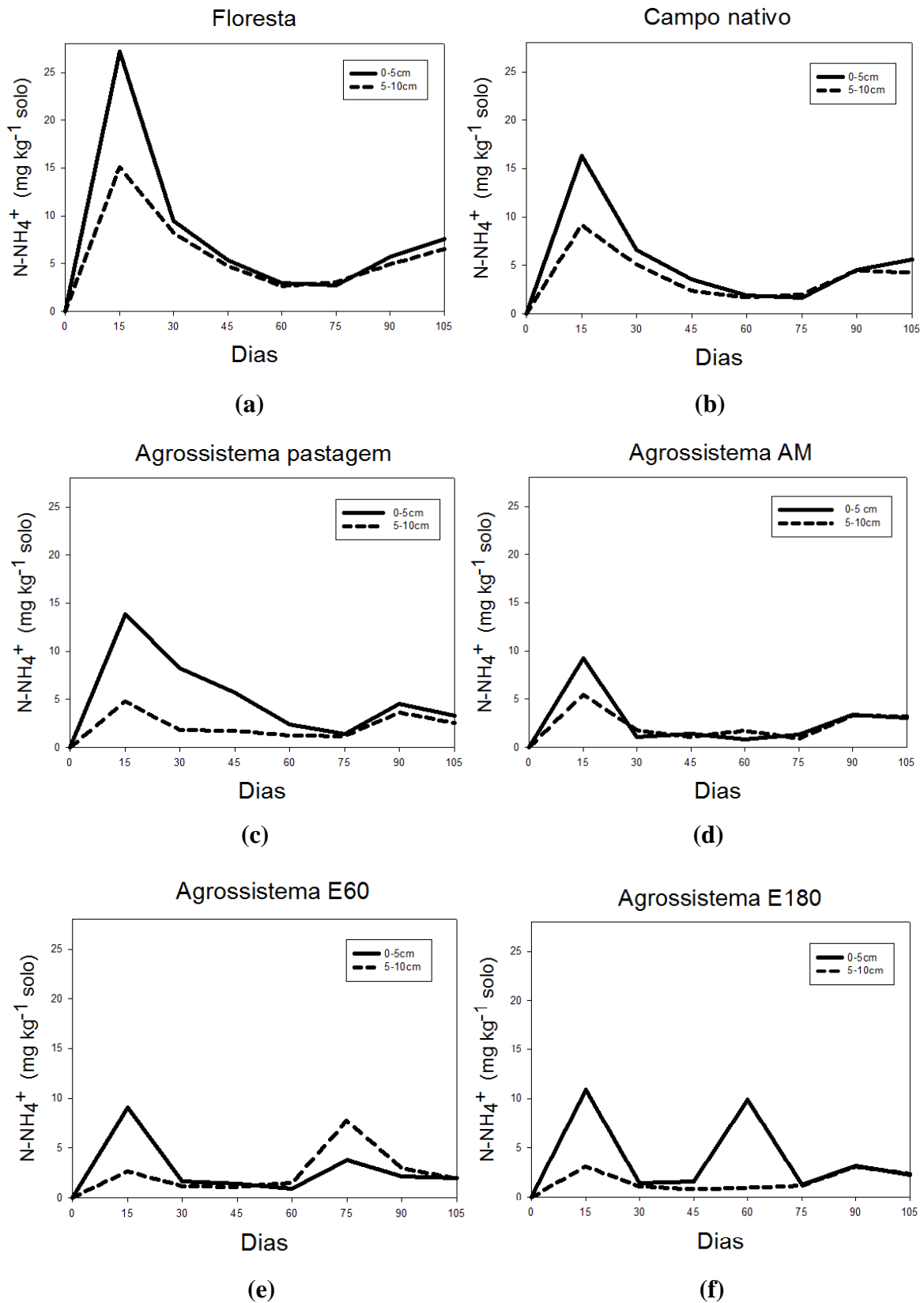
pela diminuição dos teores de MO e pela composição estabilizada da MOS (substâncias húmicas), não sendo facilmente atacadas pelos microrganismos do solo (Qualls, 2004).

Decorridos 15 dias de incubação, os tratamentos de sistema nativo F e C apresentaram os maiores teores de nitrogênio inorgânico mineralizado na forma de amônio (N-NH_4^+), sendo 27,23 mg kg^{-1} solo para F e 16,31 mg kg^{-1} solo para C, respectivamente, seguido dos tratamentos de agrossistemas, P com 13,88 mg kg^{-1} solo, E180 com 10,87 mg kg^{-1} solo, AM com 9,24 mg kg^{-1} solo e E60 com 9,06 mg kg^{-1} solo (Tabela 4). Os tratamentos sistemas nativos expressaram os maiores valores de mineralização quando comparados aos agrossistemas, em virtude da necessidade dos sítios em suprir sua demanda de nitrogênio inorgânico através da mineralização da M.O. Nos agrossistemas o maior aporte de nitrogênio se dá via manejo de adubação nitrogenada na forma de uréia ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) e adubação orgânica nos agrossistemas E60 e E180, sendo os sistemas nativos mais dependentes da funcionalidade dos microrganismos do solo na disponibilidade de N.

Na camada de 5-10 cm os tratamentos apresentaram comportamento similar ao da camada 0-5 cm em relação a ordem de mineralização dos tratamentos, sendo que o sistema nativo F mineralizou 15,11 mg kg^{-1} solo, sistema nativo C, 9,17 mg kg^{-1} solo, agrossistema AM, 5,48 mg kg^{-1} solo, agrossistema P, 4,80 mg kg^{-1} solo, agrossistema E180, 3,08 mg kg^{-1} solo e agrossistema E60, 2,69 mg kg^{-1} solo.

Após trinta dias de incubação os teores de N mineralizado diminuíram sensivelmente em todos os tratamentos nas duas camadas. Aos quarenta e cinco dias de incubação os teores permaneceram estáveis para os tratamentos agrossistemas AM, E60 e E180 na camada de 0-5 cm e para o tratamento P, AM, E60 e E180 na camada de 5-10 cm. Os tratamentos F, C e P na camada de 0-5 cm apresentaram queda nos teores de mineralização até os setenta e cinco dias, na camada de 5-10 cm apenas os tratamentos sistemas nativos F e C apresentaram diminuição nos teores de N mineralizado até os sessenta dias e aumento a partir dos setenta e cinco dias de incubação.

Figura 1. Comportamento da mineralização de nitrogênio em duas camadas sob diferentes sistemas nativos: floresta (a) e campo nativo (b) e diferentes agrossistemas: plantio direto com adubação mineral (c), pastagem perene (d), plantio direto com adubação mineral e orgânica na dose de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (e) e plantio direto com adubação mineral e orgânica na dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (f).



Com exceção dos tratamentos E60 e E180, o restante dos tratamentos avaliados apresentou maiores incrementos de N após o período inicial de incubação, aos noventa dias nas duas camadas. O tratamento E60 apresentou incrementos nos teores de N mineralizado aos setenta e cinco dias de incubação, sendo que na camada de 5-10 cm os teores foram superiores ao da camada de 0-5 cm, talvez a aplicação do dejetto líquido bovino em menores doses quando comparado ao tratamento E180 e parcelado em duas aplicações, talvez tenha propiciado a entrada de matéria orgânica via infiltração do dejetto líquido em camada, através de canais gerados pelas raízes, sendo este material orgânico possivelmente envolvido e protegido pela fração argila dificultando o acesso dos microorganismos no período inicial de incubação.

O tratamento E180 apresentou maior incremento aos sessenta dias na camada de 0-5 cm após os maiores teores iniciais de mineralização, neste caso a dose de esterco líquido bovino aplicado foi três vezes maior que no tratamento E60, e ao invés de favorecer a infiltração do dejetto em camada, o efeito gerado seria o selamento superficial do solo nos primeiros centímetros, facilitando o acúmulo na superfície e talvez os mecanismos de proteção física também se apliquem a este tratamento, pois na camada de 5-10 cm os teores de N mineralizado se mantiveram estáveis.

Araújo et al. (2001), estudando solos sob agrossistemas de cana de açúcar (Gonçalves et al, 2001) sistemas florestais e em solos de várzea (Rhoden et al, 2006), encontraram estabilização a partir dos sessenta dias de incubação (oito semanas). Porém, Barreto et al (2010), avaliaram sistemas florestais e Yagi et al (2009) estudaram diferentes agrossistemas e sistemas nativos e obtiveram estabilização a partir dos vinte e um dias de incubação (três semanas), mostrando que as condições de cada ambiente interferem no comportamento de mineralização. Li et al, (2003), estudando a mineralização do N em seis solos Chineses, observou que a mineralização do N ocorreu em duas fases. A primeira fase de mineralização ocorreu de 0-14 dias com os maiores teores mineralizados, considerada fase rápida e a partir do 14º dia, houve um rápido declínio numa fase considerada lenta com menores teores mineralizados.

Os teores médios acumulados de nitrogênio mineralizado após os cento e cinco dias de incubação mostraram-se superiores no tratamento F na camada de 0-5 cm, com 61,76 mg kg⁻¹ solo, seguido pelos tratamentos C com 44,17 mg kg⁻¹ solo, tratamento P com 40,70 mg kg⁻¹ solo, tratamento E180 com 33,57 mg kg⁻¹ solo, tratamento E60 com 23,68 mg kg⁻¹ solo e tratamento AM com 21,88 mg kg⁻¹ solo. Na camada de 5-10 cm, o tratamento sob sistema floresta apresentou os maiores teores médio com 46,23 mg kg⁻¹ solo, sendo superior à média dos outros tratamentos em ambas as camadas (Tabela 4).

Os teores mineralizados na camada de 0-5 cm em geral são maiores do que a camada de 5-10 cm, sendo que este comportamento pode estar associado à maior atividade microbiana na

camada superficial, devido a esta estar mais sujeita à contribuição dos resíduos culturais, maiores teores de matéria orgânica, menor densidade e aplicação de fertilizantes em cobertura sem incorporação nos agrossistemas (Siqueira Neto et al, 2010).

Tabela 4. Nitrogênio mineralizado acumulado após 105 dias de incubação anaeróbica em mg kg^{-1} e kg ha^{-1} solo referente às amostras de solo coletadas em duas camadas em maio de 2011.

Camadas cm	Tratamentos ¹					
	F	C	AM	P	E60	E180
	N mineralizado acumulado N-NH_4^+ (mg kg^{-1} solo)					
0-5	61,76aA*	44,17bA	21,88dA	40,70bA	23,68cA	33,57cA
5-10	46,23aB	29,74bB	18,61cdA	17,64cdB	19,65cA	13,69dB

¹Floresta Ombrófila Mista; C – Campo Nativo; AM-Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação mineral; P – Pastagem Perene com adubação mineral; E60 e E180 – Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação orgânica e mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

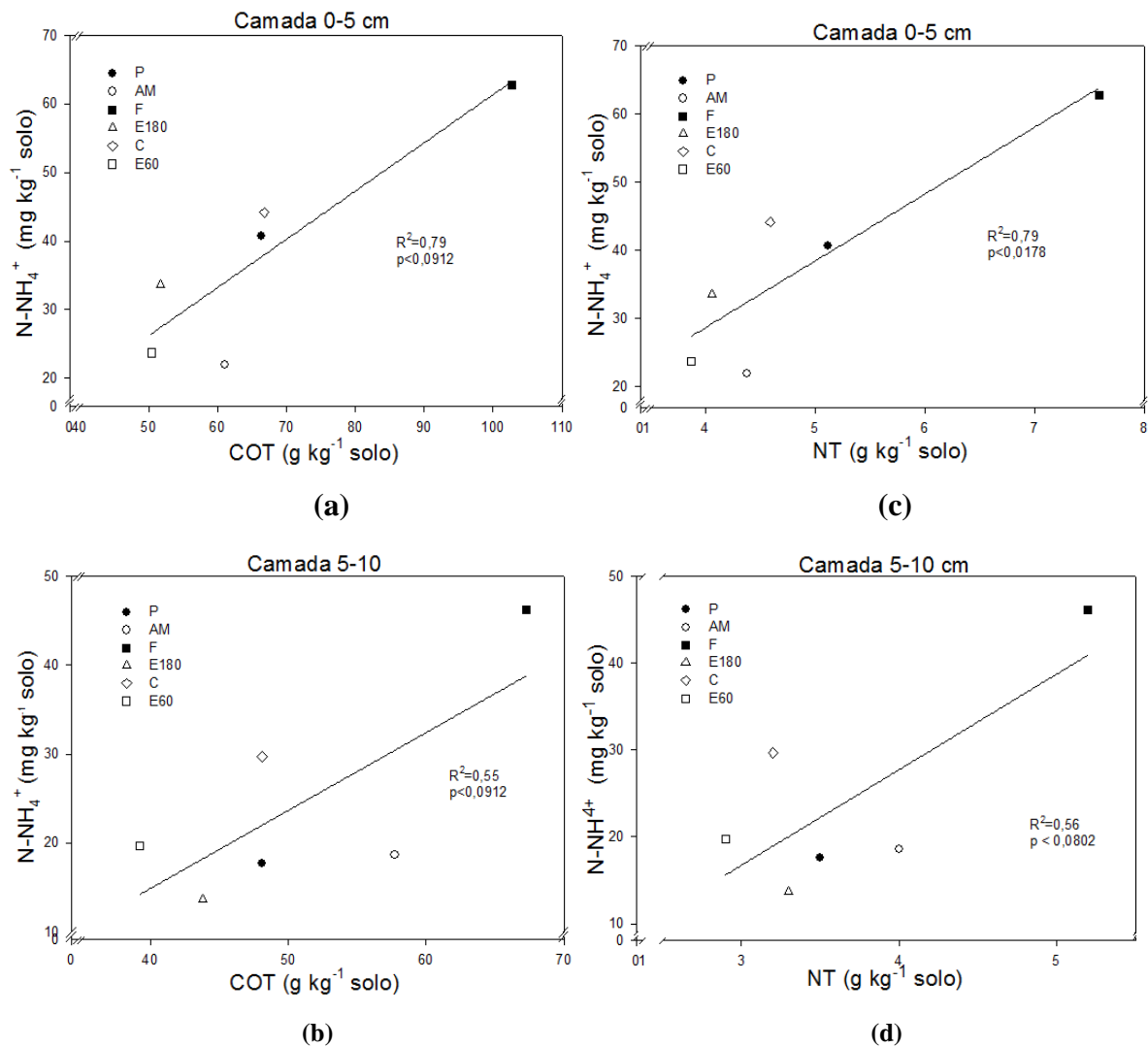
As quantidades mineralizadas de N-NH_4^+ após a incubação anaeróbia de curta duração para as amostras de solo na camada de 0-5 cm variaram de 21,88 no tratamento AM a 61,76 mg kg^{-1} no tratamento F (Tabela 6). Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Soon et al, (2007) com 35,7 mg kg^{-1} de solo em agrossistemas e Yagi et al, (2009) com 48,4 mg kg^{-1} de solo para agrossistema pastagem e 54,0 mg kg^{-1} de solo para sistema de floresta nativa. Videla et al. (2005), em agrossistemas argentinos observou que os teores acumulados de N mineralizado na camada de 0-10 cm, ficaram em 28,6 mg kg^{-1} solo e 19,7 mg kg^{-1} solo para sistemas de plantio direto, teores estes inferiores aos observados no presente trabalho. Benitende et al. (2007), encontraram valores superiores de N acumulado em dois agrossistemas de plantio direto com predomínio de trigo com 50,4 mg kg^{-1} na camada de 0-10 cm na Província de Entre Rios, Argentina.

Os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) do solo mostraram estreitas relações com a dinâmica de mineralização de N dos diferentes sistemas, ou seja, seus conteúdos podem modificar o teor de N mineralização. No modelo conceitual, quanto maior o potencial produtivo de biomassa dos sistemas, maior é o aporte de matéria orgânica do solo, por conseguinte, maiores teores de N é mineralizado. A correlação entre o COT e o N mineralizado na camada de 0-5 cm e 5-10 cm foram significativas com R^2 de 0,79 e 0,55 (Figura 1. a e b). A correlação entre o NT e o N mineralizado também mostrou-se estreita, sendo o $R^2=0,79$ na camada de 0-5 cm e de 0,56 na camada de 5-10 cm (Figura 2. c e d). Portanto, quanto maior o teor de COT e NT nos sistemas maior foi o N mineralizado nas duas camadas estudadas (Persson & Wirén, 1995).

Desta forma, durante a mineralização vários fatores contribuem para a transformação do N-orgânico do solo. Distintos componentes são transformados, a velocidades variáveis, em N-

inorgânico, podendo alguns componentes se acumular em função do seu elevado grau de recalcitrância e resistência ao ataque microbiano (Janssen, 1996). Além do caráter lábil ou recalcitrante do N orgânico, outros fatores como condições edáficas, climáticas e atividade microbiana (C-BMS) de cada sistema alteram a capacidade intrínseca de cada solo de fornecer N inorgânico (Camargo et al., 1997; Rhoden et al., 2006; Alves et al., 2011).

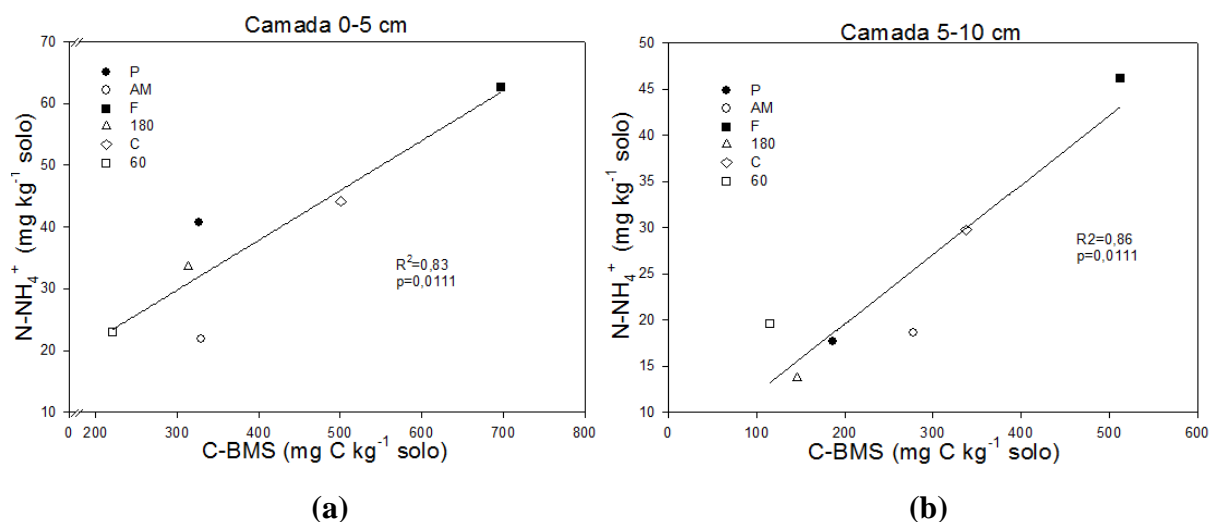
Figura 2. Relação entre o teor de carbono orgânico total, nitrogênio total e nitrogênio mineralizado referente às amostras de solo coletadas em diferentes agrossistemas e sistemas nativos¹ em duas camadas em maio de 2011.



¹F – Floresta Ombrófila Mista; C – Campo nativo; AM-Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação mineral; P – Pastagem Perene com adubação mineral; E60 e E180 – Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação orgânica e mineral.

À medida que o C-BMS aumentou nos sistemas avaliados, o teor de N mineralizado aumentou apresentando R^2 de 0,83 para a camada de 0-5 cm e de 0,93 para a camada de 5-10 cm, mostrando estreita correlação (Figura 3, a e b).

Figura 3. Relação entre o C-BMS e o nitrogênio mineralizado referente às amostras de solo coletadas em diferentes agrossistemas e sistemas nativos¹ em duas camadas em maio de 2011.



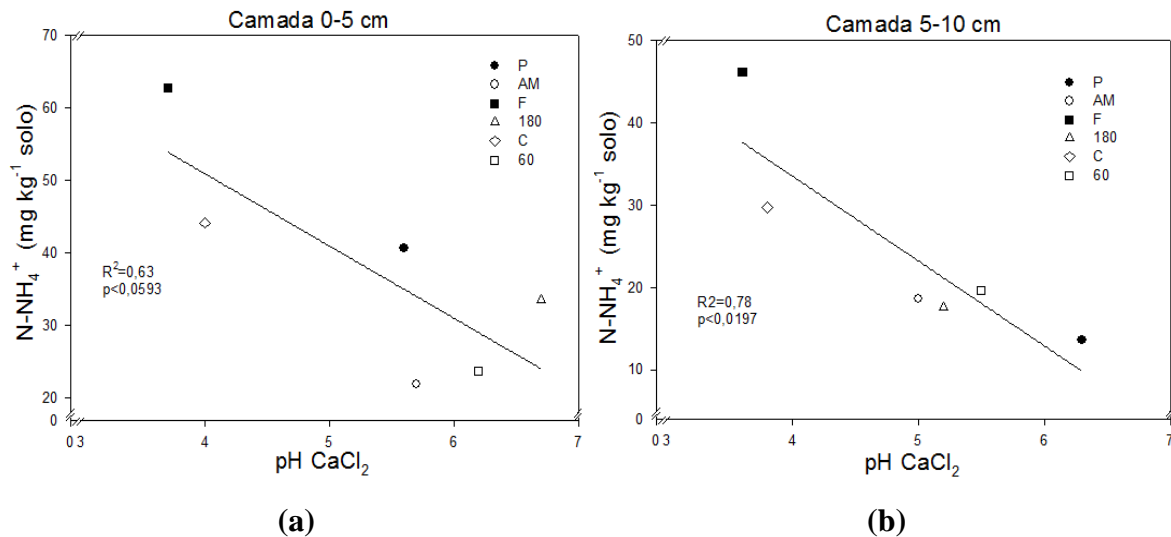
¹F – Floresta Ombrófila Mista; C – Campo Nativo; AM-Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação mineral; P – Pastagem Perene com adubação mineral; E60 e E180 – Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação orgânica e mineral.

Segundo Moreira & Siqueira (2006), o pH do solo pode selecionar microorganismos específicos presentes no solo que podem interferir no processo de ciclagem. Nos ambientes de condição ácida (sistemas nativos), os microorganismos acidófilos crescem melhor. Em condições próximas a neutralidade (agrossistemas), os organismos neutrófilos são favorecidos, porém existem microorganismos que toleram ampla faixa de pH e são considerados indiferentes e podem ocorrer em qualquer sistema podendo interferir tanto no comportamento quanto nos teores de N mineralizado. Quando correlacionamos o N mineralizado com o pH dos sistemas avaliados observa-se que os menores valores de pH dos sistemas nativos correlacionaram com os maiores teores de N mineralizado nas duas camadas avaliadas (Figura 4. a e b).

Segundo Moreira & Siqueira (2006), os substratos mais suscetíveis à degradabilidade e prontamente assimiláveis são os constituídos por glicose, frutose, outras hexoses, pentoses, sacarose, maltose, celulose, ácidos orgânicos e ácidos graxos são considerados não persistentes no solo, pois são rapidamente transformados em CO₂ e biomassa. Substratos moderadamente assimiláveis e com grau de persistência moderada são constituídos de amido, polímeros de glicose e frutose, glicogênio, hemicelulose, pectinas, lipídeos, peptídeos, ácidos graxos e proteínas queratinizadas. Por fim os substratos de assimilação lenta a muito lenta de difícil mineralização e

muito persistente no ambiente são celulose microfilar, agregados de polímeros de glicose, cutina, lignina, suberina, quitina, queratina, ceras e hidrocarbonetos oleosos.

Figura 4. Relação entre o pH e o nitrogênio mineralizado referente às amostras de solo coletadas em diferentes agrossistemas e sistemas nativos⁻¹ em duas camadas em maio de 2011.



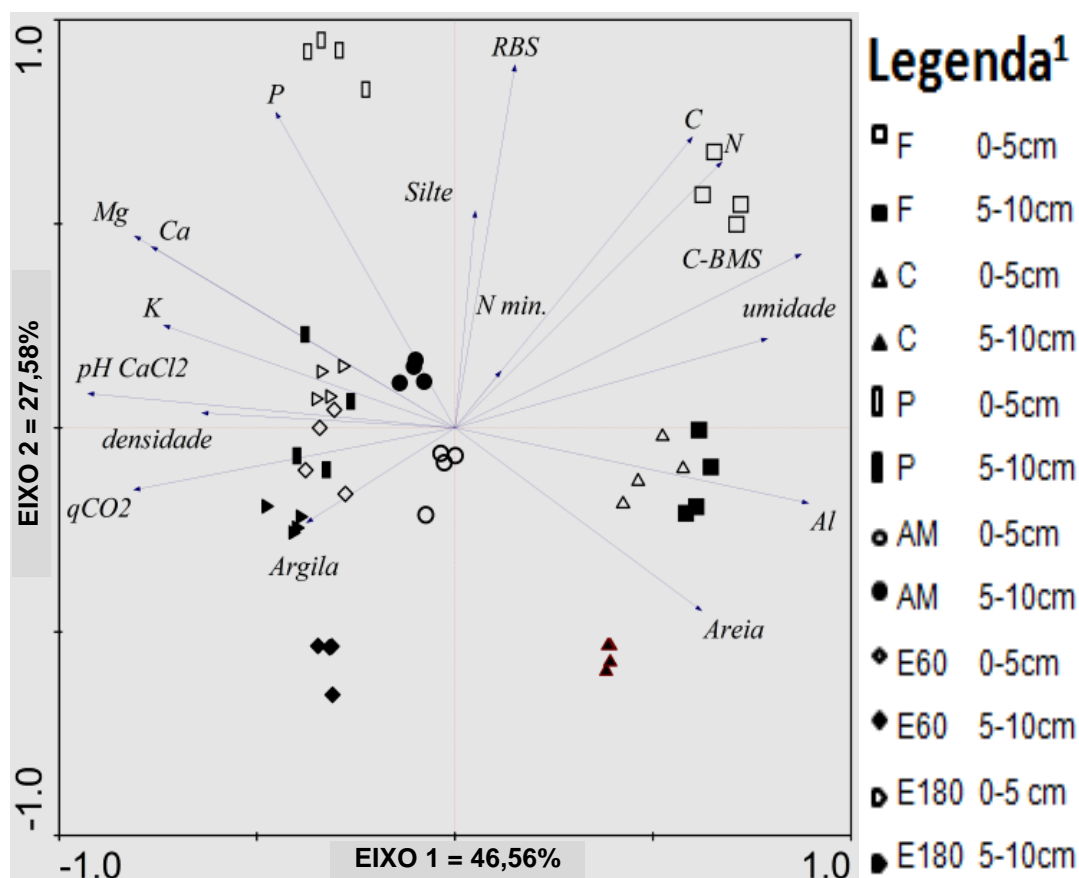
3.6. Análise de componentes principais

O modelo utilizado na DCA (análise que mostra o tamanho do gradiente da matriz de dados) apresentou gradiente menor que 3 (três). A matriz de dados da estação de outono apresentou gradiente igual a 0,0506 para o eixo 1 (um) e 0,0240 para o eixo 2 (dois) e a matriz de dados da estação de primavera, apresentou 0,0407 para o eixo 1 (um) e 0,0241 para o eixo 2 (dois), portanto os dados puderam ser submetidos a PCA.

O critério da porcentagem de explicação foi adotado para definição do número de componentes a serem utilizadas, representando graficamente a porcentagem de variação explicada pela componente nas ordenadas e os autovalores (escores) em ordem decrescente nas abscissas (Cattell, 1966).

A porcentagem de explicação das variáveis de dados de outono foram de 46,56% para o eixo 1 e 27,58% para o eixo 2, portanto explicado 74,14% da variação de dados em dois eixos (Figura 1), as variáveis de primavera apresentaram valores mais baixo do que as de outono, sendo 39,76% para o eixo 1 e 23,44% para o eixo 2, totalizando 63,20% (Figura 2), mostrando que as diferentes estações climáticas interferem na porcentagem de explicação dos dados, indicando sensibilidade dos atributos microbiológicos se alterarem nas diferentes épocas de amostragem.

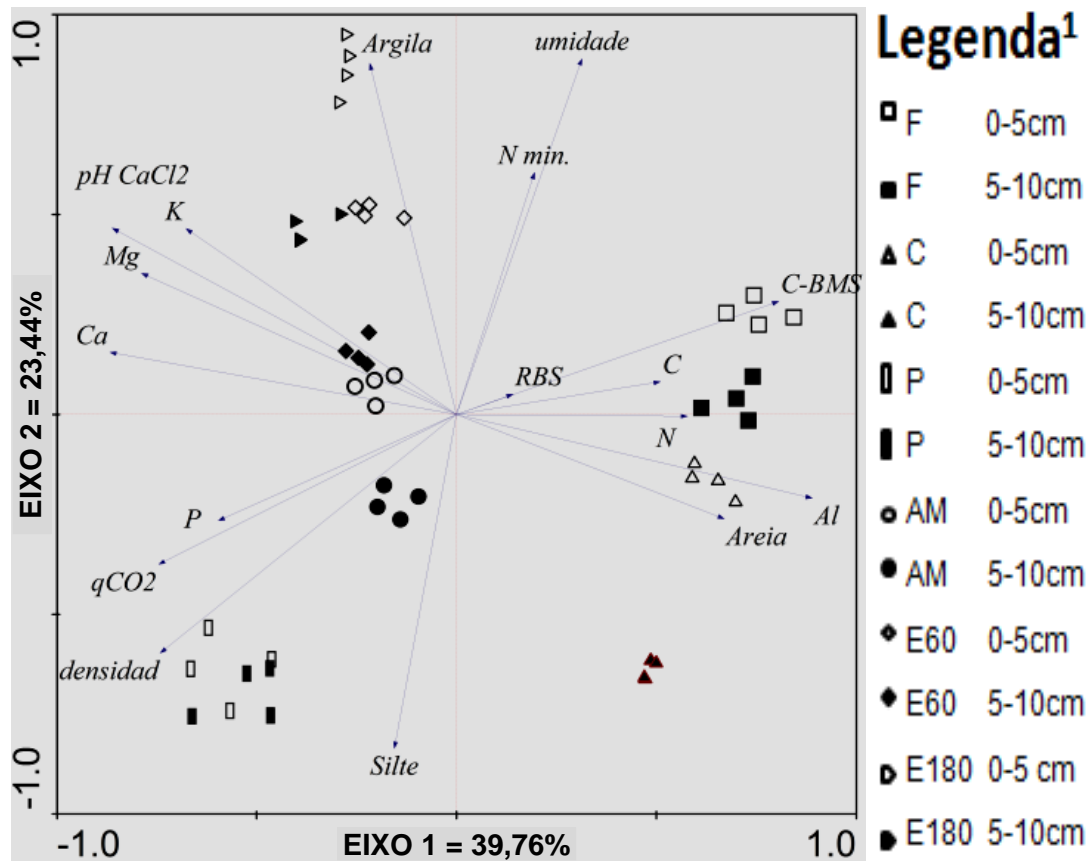
Figura 5. Análise das componentes principais usando como variáveis de resposta (dependentes) os atributos físicos (argila, areia, silte, densidade e umidade), químicos (pH, Ca, Mg, K, P, COT, NT e Al) e microbiológicos (CBMS, RBS, qCO₂ e N mineralizado) dos diferentes sistemas coletados na estação de outono de 2011.



¹F – Floresta Ombrófila Mista; AM-Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação mineral; C – Campo Nativo; P – Pastagem Perene com adubação mineral; E60 e E180 – Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação orgânica e mineral.

Com a PCA (Figuras 5 e 6), observa-se que as variáveis alumínio, carbono orgânico total, nitrogênio total, carbono da biomassa microbiana e areia estão bem próximas ao eixo 1, apresentando vetores expressivos e os tratamentos nativos F e C foram ordenados próximos ao eixo 1, com exceção da profundidade de 5-10 do tratamento C, que apesar de ser influenciado pelo eixo 1 esta próxima ao eixo 2 na estação de outono. Na estação de primavera o comportamento foi similar, mas com ambos os tratamentos e suas respectivas profundidades ordenados ao eixo 1 e a variável umidade aproximou-se do eixo 2.

Figura 6. Análise das componentes principais usando como variáveis de resposta (dependentes) os atributos físicos (argila, areia, silte, densidade e umidade), químicos (pH, Ca, Mg, K, P, COT, NT e Al) coletados na estação de outono de 2011 e microbiológicos (CBMS, RBS, qCO₂ e N mineralizado), coletados na estação de primavera de primavera. O N mineralizado foi coletado no outono e a umidade na primavera.



¹F – Floresta Ombrófila Mista; AM-Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação mineral; C – Campo Nativo; P – Pastagem Perene com adubação mineral; E60 e E180 – Sistema de Plantio direto rotação: trigo/soja/aveia preta/milho, adubação orgânica e mineral.

As variáveis magnésio, potássio, cálcio, pH, densidade e quociente metabólico ficaram próximas ao eixo 1 e apresentaram alta expressão destes vetores. Já a argila ficou num intermédio de baixa expressão tendendo a médio na estação de outono, os tratamentos agrossistemas AM, E60, E180 e P foram ordenados próximos ao eixo 1. A exceção foi a profundidade de 5-10 do tratamento P que teve uma ligeira tendência ao eixo 2. Na estação de primavera ocorreu uma dispersão maior das variáveis em relação ao eixo 1 e dos tratamentos, com as variáveis potássio, cálcio, pH, densidade e quociente metabólico mantendo-se próximas ao eixo 1 e as variáveis silte e argila ao eixo 2. Os tratamentos apresentaram distintos comportamentos, inclusive nas diferentes profundidades, o tratamento AM na profundidade de 0-5 cm ficou próximo ao eixo 1, os

tratamentos P, E60 e E180 ajustaram-se ao eixo 2 na profundidade de 0-5 cm; na profundidade de 5-10 cm, com exceção do tratamento E60, o ajuste também foi ao eixo 2.

Esta variação da ordenação dos diferentes tratamentos e da expressão dos vetores se deve à sensibilidade do compartimento microbiológico, motivando também o declínio na percentagem de explicação dos diferentes sistemas, sendo que este comportamento gera alterações nos escores das diferentes variáveis em relação aos eixos, reorganizando os vetores e reordenando os tratamentos estudados. Chaer et al. (2002) objetivando quantificar a biomassa microbiana e avaliar as atividades de respiração, de enzimas ligadas à ciclagem de nutrientes e da mineralização de nitrogênio em solos de uma área experimental com eucalipto submetido a diferentes manejos, concluíram que os atributos microbiológicos mostraram-se mais sensíveis do que os químicos ou físicos para se avaliar mudanças no solo decorrentes do manejo.

Os atributos químicos em geral foram mais próximos à ordenação dos tratamentos agrossistemas; a única exceção foi a variável alumínio que contribuiu na ordenação dos sistemas nativos, pois foram os tratamentos que apresentaram este elemento nas amostras de solo. Nos agrossistemas ele foi ausente em virtude do manejo de calagem, que além de favorecer a elevação do pH nestes sistemas, beneficia a hidrólise do alumínio, sendo que em pH acima de 5,0 está praticamente todo hidrolisado não sendo detectado nas análises de solo. Portanto os sistemas nativos mantiveram as condições naturais dos parâmetros químicos de solo e os agrossistemas foram modificados de acordo que os diferentes usos e manejos, englobando rotação de culturas, manejo de adubação de diferentes fontes (orgânica e mineral) e manejo de calagem.

Os teores mais elevados de cálcio e magnésio nos agrossistemas provêm do calcário utilizado para correção de acidez destes sistemas. O potássio tem como origem os fertilizantes minerais à base de cloreto de potássio em todos os agrossistemas. Nos tratamento E60 e 180, o dejetos líquido bovino também é uma fonte de potássio (Silva et al, 2010). Os teores de fósforo mais elevados nos agrossistemas são em virtude da adubação fosfatada de origem mineral. Por este motivo os vetores destes elementos são expressivos e altamente relacionados aos agrossistemas.

Os escores do carbono orgânico total (COT) foram altos na estação de outono, sendo 0,6005 para o eixo 1 e 0,7137 para o eixo 2, porém na primavera os escores atenuaram-se, com valor mais alto no eixo 1 (0,5104), mas com escore muito baixo no eixo 2 (0,0814). O nitrogênio total (NT) teve comportamento similar ao COT, com escores altos na estação de outono, sendo 0,6752 para o eixo 1 e de 0,6528 para o eixo 2; na estação de primavera os escores diminuíram para 0,5785 no eixo 1 e -0,0045 no eixo 2.

Os vetores das variáveis COT e NT tiveram grande expressão na estação de outono, os tratamentos nativos F, nas duas profundidades, e C na profundidade de 0-5 cm, ficaram localizados

próximos ao eixo 1. Na profundidade de 5-10 cm do tratamento C, apesar deste estar sobre efeito do eixo 1, nesta profundidade ele foi ordenado mais próximo ao eixo 2 (Figura 5). Na estação de primavera, os vetores para COT e NT foram menos expressivos, apesar de estarem mais próximos ao eixo 1 e da ordenação dos sistemas nativos F e C (Figura 6).

Barreta et al, (2008) estudaram diferentes ambientes sob floresta nativa com araucária, reflorestamento de araucária, reflorestamento de araucária submetido a incêndio acidental e pastagem natural com araucárias nativas e ocorrência de incêndio, aplicaram a estatística multivariada e observaram que o COT e P foram os atributos químicos mais importante na separação das áreas. Nappo et al, (2000), em áreas de mineração com plantios homogêneos de *Mimosa* sobre sucessão vegetal, observaram altas correlações do COT e potássio no estabelecimento dos sub-bosques.

4. CONCLUSÕES

1. Os atributos químicos foram mais destacados nos tratamentos sob agrossistemas (AM, P, E60 e E180), principalmente em função do manejo destes sistemas agrícolas, aportando insumos externos para condiciona-los as condições químicas exigidas pelas diferentes culturas. Em contra partida os atributos microbiológicos foram melhor expostos nos tratamentos nativos F e C, pois os sistemas naturais necessitam ser mais eficientes na ciclagem dos nutrientes para manutenção do ecossistema por não sofrem aportes exógenos de nutrientes de origem agrícola.

2. Os indicadores selecionados que foram considerados mais explicativos para os agrossistemas sob tratamentos P, AM, E60 e E180, são o cálcio, magnésio, potássio, fósforo, pH, acidez potencial e alumínio. Para os sistemas nativos sob tratamentos F e C, os indicadores selecionados foram; CBMS, RBS, qCO₂ e NM.

5. LITERATURA CITADA

- ALVES, G.D.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, V.M. Potencial de mineralização de N e C em vinte solos de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:245-256, 1999.
- ALVES, T.S.; CAMPOS, L.L.; NETO, N.E.; MATSUOKA, M & LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. *Revista Acta Scientiarum Agronomy*, 33:341-347, 2011.
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 28:307-315, 2004.
- BARDGETT, R.D.; SAGGAR, S. Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled [14C] glucose in a pasture soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 26:727-733, 1994.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:599-607, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.
- BENINTENDE, M.C., S.M. BENINTENDE, M.A. STERREN, C. MUSANTE, M. SALUZZIO & De BATTISTA, J.J. Modelo para estimar la capacidad de aporte de nitrógeno del suelo. *Agriscientia*, 24:97-101, 2007.
- BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, A. P. A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e Nitrogênio em Solo de uma Cronossequência de Floresta Tropical -Pastagem de Paragominas. *Revista Scientia Agrícola*, 56:777-783, 1999.
- BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; OLIVEIRA, O.C. & URGUIGA, S. Potencial para acumulação e seqüestro de carbono em pastagens de Brachiaria. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R. & MIGUEZ, J.D.G., eds. *Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira*. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2001. p.213-229.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S. & CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:631-637, 2009.
- CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C. & VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:575-579, 1997.
- CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O. eds.

Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 edição. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.87-100.

- CAMPBELL, C.A.; MYERS, R.J.K.; WEIER, K.L. Potentially mineralizable nitrogen, decomposition rates and their relationship to temperature for five Queensland soils. *Australian Journal of Soil Research*, 19:323-332, 1981.
- CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147-157, 2009
- CASSMAN, K.G.; MUNNS, D.N. Nitrogen mineralization affected by soil moisture, temperature and depth. *Soil Science Society of America Journal*, 44:1233-1237, 1980.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3 edição. Passo Fundo: SBCS- Núcleo Regional Sul, 1994.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:179-186, 2004.
- DANTAS, V.B.; MORAES, F.A.; PEREIRA, J.O.; CALLEGARI, R.A. & GOES, G.B. Comportamento físico de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob diferentes doses de palha de aveia. *Revista Verde*, 5:06-11, 2010.
- DE-POLLI, H., GUERRA, J.G.M. Carbono, nitrogênio e fósforo na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, J. A.; Da SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*, Porto Alegre: 2008. p.263-273.
- DIEKOW, J., MIELNICZUK, J., KNICKER, H., BAYER, C., DICK, D.P., KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 year. *Soil & Tillage Research*, 81:87-95, 2005.
- GONÇALVES, J.L.M.; MENDES, K.C.F.S. & SASAKI, C.M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25:601-616, 2001.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997.
- FELLER, C. The concept of soil humus in the past three centuries. *Advances in GeoEcology*, 29:15-46, 1997.
- FERREIRA, A.S. et al. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:991-996, 1999.
- HAJABBASI, M.A.; JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H.R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties. *Plant and Soil*, 190:301-308, 1997.

- HAMZA, M.A. & ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*, 82:121-145, 2005.
- IAPAR, Instituto Agrônômico do Paraná. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=983>>. Acesso em 15 de janeiro, 2012.
- ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79:9-16, 2000.
- JACKSON, L.E.; CALDERON, F.J.; STEENWERTH, K.L.; SCOW, K.M.; ROLSTON, D.E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, 114:305-317, 2003.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B. & VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38:118-127, 2008.
- JOHNSON, R. A. & WICHERN, D. W. Applied multivariate analysis. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. 607 p.
- LAL, R. & BRUCE, J.P. The potential do world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. *Environment Science & Pollution*, 2:177-185, 1999.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T., ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C. & REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1805-1816, 2008.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A.; GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:821-832, 2003.
- LEPS, J. & SMILAUER, P. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge university press, 2004. 269p.
- LI, H., HAN, Y., CAI, Z. Nitrogen mineralization in paddy soils of the Taihu region of China under anaerobic conditions: dynamic and model fitting. *Geoderma*, 115:161-175, 2003.
- MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; AMARANTE, C.V.T. & KLAUBERG-FILHO, O. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:1531-1539, 2006.
- MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, M.R.; SIRTOLI, A.E.; SERRAT, B.M.; WISNIEWSKI, C.; ALMEIDA, L. de; MACHADO, M. A. de M.; MARQUES, R., MOTTA, A.C.V. (Org.). Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas. 2. ed. rev. ampl. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/ Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Projeto Solo Planta, 2003. p. 81-110

- MARIANO, E. Mineralização e disponibilização de nitrogênio em solos cultivados com cana-de-açúcar. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2010. 93p. (Dissertação de Mestrado).
- MELO, A.W.F. Avaliação do Estoque e Composição Isotópica do Carbono do Solo no Acre.– Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2003. (Dissertação de Mestrado)
- MOREIRA, F.M.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.
- NOVAK, L.R. MANTOVANI, E.C.; MARTYN, P.J.; FERNADES, B. Efeito do tráfego de trator e da pressão de contato pneu/solo na compactação de um latossolo Vermelho-Escuro álico, em dois níveis de umidade. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 27:1587-1595, 1992.
- MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soil and its availability to crops. Plant and Soil, 181:83-93, 1996.
- PARKIN, T.B.; DORAN, J.W. & FRANCO-VIZCAINO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W. & JONES, A., eds. Method for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.231-245.
- PÉREZ GOMAR, E.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; GARCÍA, F. Atributos do solo e biomassa radicular após quatro anos de semeadura direta de forrageiras de estação fria em campo natural dessecado com herbicidas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:211-223, 2002.
- PERSSON, T.; WIRÉN, A. Nitrogen mineralization and potential nitrification at different depths in acid forest soils. Plant and Soil, 168-169:55-65, 1995.
- PÔRTO, M.L.; ALVES, J.C.; DINIZ, A.A.; SOUZA, A.P. & SANTOS, D. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no Brejo Paraibano. Ciência Agrotécnica, 33:1011-1017, 2009.
- QUALLS, R.G. Biodegradability of humic substances and other fractions of decomposing leaf litter. Soil Science Society of America Journal, 68:1705-1712, 2004.
- RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; P. G. GUIMARÃES, MELO, L.C.A & JUNIOR, A.C.R.O. Carbono orgânico e nitrogênio total do solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:2051-2059, 2008.
- RIGOBELLO, E. C.; NAHAS, E. Seasonal fluctuations of bacterial population and microbial activity in soils cultivated with eucalyptus and *pinus*. Scientia Agrícola, 61:88-93, 2004.
- RHODEN, A.C.; SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; BRITZKE, D. & BENEDETTI, E.L. Mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. Ciência Rural, 36:1780-1787, 2006.
- ROSS, D. J. Estimation of soil microbial C by a fumigation-extraction method: influence of seasons, soils and calibration with the fumigation-incubation procedure. Soil Biology & Biochemistry, 22:295-300, 1990.

- SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J. Organic mater dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. *Soil Science Society of American Journal*, 65:1486-1499, 2001.
- SÁ, J.C.M.; SÁ, M.F.M.; SANTOS, J.B.dos & OLIVEIRA, A. Dinâmica da matéria orgânica nos Campo Gerais. 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*. Porto Alegre: Gênese, 2008. p.443-461
- SANTOS, E. Carbono, nitrogênio e relação C/N em Gleissolo e Cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa, Antonina – PR. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2007. (Dissertação de Mestrado).
- SANTOS, V.B.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A. S. & SILVA, D.G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira Agrociência*, 10:333-338, 2004.
- SCHLESINGER, W.H. An overview of the carbon cycle. In: LAL, R.; KIBBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (Ed.). *Advances in soil science: soils and global changes*. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 9-25.
- SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 98)
- SISTI, C.J.; SANTOS, H.P.; KOHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 76:39-58, 2004.
- SILVA, L. M. V.; PASQUAL, A. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. *Energia na Agricultura*, 14:13-24, 1999.
- SILVA, M.L.N.; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas de solos argilosos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30:389-394, 1995.
- SOON, Y.K.; HAQ, A. & ARSHAD, M.A. Sensitivity of nitrogen mineralization indicators to crop and soil management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38:2029-2043, 2007.
- STANFORD, G. & S.J. SMITH. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 36:465-472, 1972.
- VIDELA, C.; PAZOS, A.; TRIVELIN, P.C.; ECHEVERRÍA, H.E. & STUDDERT, G.A. Mineralización bruta de nitrogênio bajo labranza, convencional, siembra directa y pastura. *Revista Ciencia del Suelo*, 23:00-00, 2005.

- VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M.O.; TOVAJAR, J.G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:2757-2762, 2008.
- YAGI, R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. & BARBOSA, J.C. Mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:385-394, 2009
- WANG, W.J.; SMITH, C.J. & CHEN, D. Towards a standardized procedure for determining the potentially mineralizable nitrogen of soil. *Biology & Fertly of Soils*, 37:362-374, 2003.
- WARING, S.A. & BREMNER, J.M. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature*, 201:951-952, 1964.
- WHITE, E.M. Soil compaction and contraction around plant roots. *Journal of Agricultural Science*, 119:461-465, 1975.
- ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGEMBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. & SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma*, 79:117-161, 1997.
- ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V.S. Changes I soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. *Soil & Tillage Research*, 84:28-40, 2005.
- YOUNG, I.M. Biophysical interactions at the root-soil interface: a review. *Journal of Agricultural Science* 130:1-7, 1998.

6. APÊNDICES

Apêndice 1. Análise de variância os atributos: pH, alumínio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), carbono da biomassa microbiana (CBM), estoque de carbono (EC), estoque de nitrogênio (EN), relação C/N, densidade do solo (Ds) e nitrogênio minerlizado (NM) do solo coletado em duas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm em maio de 2011 sob diferentes sistemas nativos (2). F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma de quadrado; Q.M.: Quadrado médio; F: Estatística do teste F; CV%: Coeficiente de variação em %; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$); *: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 < p < 05$)

Atributo/camada	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	
Camada 0-5cm pH	Tratamentos	5	50.60714	10.12143	2122.1399	**
	Resíduo	18	0.08585	0.00477		
	Total	23	50.69299		CV=1,35%	
Camada 5-10 cm pH	Tratamentos	5	1.86441	1.86441	311.1669	**
	Resíduo	18	0.10785	0.00599		
	Total	23	53.25079		CV=1,52%	
Camada 0-5cm Alumínio	Tratamentos	5	54.72250	10.94450	165.5862	**
	Resíduo	18	0.42750	0.02375		
	Total	23	55.15000		CV=20,55%	
Camada 5-10 cm Alumínio	Tratamentos	5	2.00083	2.00083		**
	Resíduo	18	0.21750	0.01208		
	Total	23	61.62000		CV=14,66%	
Camada 0-5cm Potássio	Tratamentos	5	6.20347	1.24069	110.1071	**
	Resíduo	18	0.20283	0.01127		
	Total	23	6.40629		CV=17,78%	
Camada 5-10 cm Potássio	Tratamentos	5	0.54613	0.54613	82.0396	**
	Resíduo	18	0.11983	0.00666		
	Total	23	7.13019		CV=13,66%	
Camada 0-5cm Cálcio	Tratamentos	5	173.57417	34.71483	116.6885	**
	Resíduo	18	5.35500	0.29750		
	Total	23	178.92917		CV=13,57%	
Camada 5-10 cm Cálcio	Tratamentos	5	21.60083	21.60083	166.8734	**
	Resíduo	18	2.33000	0.12944		
	Total	23	207.81917		CV=8,95%	
Camada 0-5cm Magnésio	Tratamentos	5	61.34688	12.26938	101.4813	**
	Resíduo	18	2.17625	0.12090		
	Total	23	63.52313		CV=13,41%	
Camada 5-10 cm Magnésio	Tratamentos	5	14.85188	14.85188	179.8713	**
	Resíduo	18	1.48625	0.08257		
	Total	23	80.78813		CV=11,08%	
Camada 0-5cm Fósforo	Tratamentos	5	3455.10250	691.02050	172.7791	**
	Resíduo	18	71.99000	3.99944		
	Total	23	3527.09250		CV=16,05%	
Camada 5-10 cm Fósforo	Tratamentos	5	813.45333	813.45333	215.6748	**
	Resíduo	18	67.89000	3.77167		
	Total	23	5165.71250		CV=15,68%	
Camada 0-5cm COT	Tratamentos	5	8068.14563	1613.62913	43.0290	**
	Resíduo	18	675.01714	37.50095		
	Total	23	8743.16277		CV=10,45%	
Camada 5-10 cm COT	Tratamentos	5	2996.54669	2996.54669	283.8199	**
	Resíduo	18	1276.45411	255.29082		
	Total	23	13206.20609		CV=5,54%	
Camada 0-5cm NT	Tratamentos	5	45.71295	9.14259	51.7076	**
	Resíduo	18	3.18264	0.17681		
	Total	23	48.89559		CV=9,79%	

Camada 5-10 cm NT	Tratamentos	5	19.73611	19.73611	384.2183	**
	Resíduo	18	0.92460	0.05137		
	Total	23	74.85863		CV=5,28%	
Camada 0-5cm CBM	Tratamentos	5	1009478.941	201895.7883	373.5581	**
	Resíduo	18	9728.40394	540.46689		
	Total	23	1019207.345		CV=7,04%	
Camada 5-10 cm CBM	Tratamentos	5	220240.3527	220240.3527	634.9179	**
	Resíduo	18	6243.84049	346.88003		
	Total	23	1269734.724		CV=5,60%	
Camada 0-5cm qCO ₂	Tratamentos	5	15.48314	3.09663	91.0421	**
	Resíduo	18	0.61224	0.03401		
	Total	23	16.09538		CV=12.07%	
Camada 5-10cm qCO ₂	Tratamentos	5	1.68863	1.68863	44.1506	**
	Resíduo	18	0.68844	0.03825		
	Total	23	21.77626		CV=12.79%	
Camada 0-5cm RBS	Tratamentos	5	1.10159	0.22032	22.3530	**
	Resíduo	18	0.17741	0.00986		
	Total	23	1.27900		CV=7,99%	
Camada 5-10cm RBS	Tratamentos	5	1.53010	1.53010	123.4991	**
	Resíduo	18	0.22301	0.01239		
	Total	23	3.60055		CV=8,96%	
Camada 0-5cm EC	Tratamentos	5	0.07013	0.01403	34.7010	**
	Resíduo	18	0.00728	0.00040		
	Total	23	0.07740		CV=9,81%	
Camada 5-10 cm EC	Tratamentos	5	0.01541	0.01541	67.6463	**
	Resíduo	18	0.00410	0.00023		
	Total	23	0.11540		CV=7,36%	
Camada 0-5cm EN	Tratamentos	5	12.28232	2.45646	34.2855	**
	Resíduo	18	1.28965	0.07165		
	Total	23	13.57197		CV=9,55%	
Camada 5-10 cm EN	Tratamentos	5	1.68750	1.68750	48.0199	**
	Resíduo	18	0.63255	0.03514		
	Total	23	19.28467		CV=6,69%	
Camada 0-5cm C/N	Tratamentos	5	20.87844	4.17569	37.9136	**
	Resíduo	18	1.98246	0.11014		
	Total	23	22.86090		CV=2,42%	
Camada 5-10 cm C/N	Tratamentos	5	2.88610	2.88610	19.1100	**
	Resíduo	18	2.71846	0.15103		
	Total	23	30.94455		CV=2,84%	
Camada 0-5cm NM	Tratamentos	5	7195.57242	1439.11448	89.8839	**
	Resíduo	18	288.19466	16.01081		
	Total	23	7483.76708		CV=14,58%	
Camada 5-10 cm NM	Tratamentos	5	1118.72485	1118.72485	226.5592	**
	Resíduo	18	88.88206	4.93789		
	Total	23	9510.82013		CV=8,10%	
Camada 0-5cm Ds	Tratamentos	5	9.52027	1.90405	227.1436	**
	Resíduo	18	0.15089	0.00838		
	Total	23	9.67116		CV=7,27%	
Camada 5-10 cm Ds	Tratamentos	5	0.23824	0.23824	25.3917	**
	Resíduo	18	0.94532	0.00938		
	Total	23	11.02360		CV=7,70%	
Camada 0-5cm Areia	Tratamentos	5	131014.1860	26202.83722	623.0172	**
	Resíduo	18	757.04344	42.05797		
	Total	23	131771.2295		CV=3,02%	
Camada 5-10 cm Areia	Tratamentos	5	356.15755	356.15755	15.5959	**
	Resíduo	18	411.05844	22.83658		
	Total	23	135085.9907		CV=2,23%	
Camada 0-5cm	Tratamentos	5	371170.2277	74234.04555	1765.0412	**

Silte	Resíduo	18	757.04344	42.05797		
	Total	23	371927.2712		CV=3,24%	
Camada 5-10 cm Silte	Tratamentos	5	1109.28255	1109.28255	48.5748	**
	Resíduo	18	411.05844	22.83658		
	Total	23	378154.5324		CV=2,39%	

Apêndice 2. Análise estatística das regressões para os teores de nitrogênio mineralizado na camada de 0-5 cm e 5-10 cm e o pH do solo coletado em maio de 2011 em diferentes sistemas nativos e agrossistemas.

Variável	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	f	p	R ²
Camada 0-5cm	Regressão	1	720,0691	720,0691	6,8151	0,0594	0,6301
	Resíduo	4	422,6328	105,6582			
	Total	5	1142,7019	228,5404			
Camada 5-10 cm	Regressão	1	562,5052	562,5052	14,1573	0,0197	0,7797
	Resíduo	4	158,9300	39,7325			
	Total	5	721,4352	144,2870			

Apêndice 3. Análise estatística das regressões para os teores de nitrogênio mineralizado na camada de 0-5 cm e 5-10 cm e o carbono orgânico total (COT) do solo coletado em maio de 2011 em diferentes sistemas nativos e agrossistemas.

Variável	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	f	p	R ²
Camada 0-5cm	Regressão	1	901,7057	562,5052	14,9663	0,0180	0,7891
	Resíduo	4	240,9963	60,2491			
	Total	5	1142,7019	228,5404			
Camada 5-10 cm	Regressão	1	397,2442	397,2442	4,9014	0,0912	0,5506
	Resíduo	4	324,1910	81,0477			
	Total	5	721,4352	144,2870			

Apêndice 4. Análise estatística das regressões para os teores de nitrogênio mineralizado na camada de 0-5 cm e 5-10 cm e o nitrogênio total (NT) do solo coletado em maio de 2011 em diferentes sistemas nativos e agrossistemas.

Variável	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	f	p	R ²
Camada 0-5cm	Regressão	1	903,0224	903,0224	15,0705	0,0178	0,7903
	Resíduo	4	239,6795	59,9199			
	Total	5	1142,7019	228,5404			
Camada 5-10 cm	Regressão	1	407,1375	407,1375	5,1816	0,0851	0,5643
	Resíduo	4	314,2977	78,5744			
	Total	5	721,4352	144,2870			

Apêndice 5. Análise estatística das regressões para os teores de nitrogênio mineralizado na camada de 0-5 cm e 5-10 cm e o carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo coletado em maio de 2011 em diferentes sistemas nativos e agrossistemas.

Variável	Fonte	G.L.	S.Q.	Q.M.	f	p	R ²
Camada	Regressão	1	966,0049	966,0049	19,9245	0,0111	0,8328
0-5cm	Resíduo	4	193,9330	48,4833			
	Total	5	9684,6622	1614,1104			
Camada	Regressão	1	619,9530	619,9530	24,4359	0,0078	0,8593
5-10 cm	Resíduo	4	101,4822	25,3706			
	Total	5	721,4352	144,2870			

Apêndice 6. Escores dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo coletados ao final da estação de outono de 2011 submetidos à análise de DCA para avaliar o tamanho do gradiente.

DETR-SEGME		Rescaling: 4		Segments: 26	Threshold: 0,00	
N	NAME	AX1	AX2	AX3	AX4	RMSTOL N2
FR	FITTED	0,4852	0,2301	0,0546	0,0255	
1	Argila	0,9023	0,1807	0,3156	0,1803	49,47 46,63
2	Silte	0,8051	1,5016	0,3263	1,3726	110,61 40,11
3	Areia	0,1993	0,3546	1,7900	0,5890	96,39 45,23
4	densidad	0,4693	0,9612	0,6517	1,0018	80,20 46,46
5	umidade	0,2266	0,1998	0,0906	0,2376	19,74 47,41
6	C	0,4050	0,1906	1,0933	0,4654	63,49 44,26
7	N	0,4401	0,1662	0,6488	0,3673	44,08 44,44
8	pH	0,9466	0,7387	0,1626	0,6952	69,85 46,04
9	Al	2,8599	4,4800	0,6043	2,6388	298,23 14,78
10	Ca	1,1357	1,4519	1,2645	1,1199	125,01 37,86
11	Mg	1,1436	1,1915	1,0184	0,8222	105,37 38,39
12	K	1,5337	1,3896	0,3993	0,9388	115,37 33,88
13	P	0,3589	3,0569	2,6532	3,0193	253,12 28,35
14	C-BMS	1,1084	1,0219	0,5538	1,0724	96,56 38,63
15	RBS	0,2304	0,7288	0,4129	0,6305	53,67 45,78
16	qCO2	1,6585	1,1458	0,2283	1,0024	113,14 40,19
17	N min,	0,3728	0,7821	0,0910	0,5469	51,43 36,92

Apêndice 7. Escores das amostras dos tratamentos nativos e agrossistemas coletados na estação de outono de 2011 submetidos à análise de DCA para avaliar o tamanho do gradiente.

DETR-SEGME			Rescaling: 4		Segments: 26		Threshold: 0,00	
N	NAME		AX1	AX2	AX3	AX4	RMSTOL	N2
FR	FITTED		0,4852	0,2301	0,0546	0,0255		
1	AM	0-5	0,8767	0,8456	0,8462	0,8439	85,32	3,88
2	AM	0-5	0,8767	0,8291	0,8377	0,8286	84,32	3,83
3	AM	0-5	0,8747	0,8240	0,8534	0,8259	84,48	3,86
4	AM	0-5	0,8748	0,8259	0,8448	0,8264	84,32	3,85
5	AM	5-10	0,8696	0,8265	0,8251	0,8224	83,61	3,77
6	AM	5-10	0,8684	0,8086	0,8254	0,8056	82,74	3,71
7	AM	5-10	0,8601	0,8113	0,8430	0,8086	83,10	3,74
8	AM	5-10	0,8661	0,8236	0,8306	0,8196	83,52	3,75
9	F	0-5	0,9032	0,8421	0,7704	0,8435	84,11	3,73
10	F	0-5	0,9029	0,8384	0,7723	0,8390	83,94	3,77
11	F	0-5	0,9007	0,8295	0,7751	0,8332	83,58	3,76
12	F	0-5	0,9023	0,8396	0,7813	0,8400	84,19	3,79
13	F	5-10	0,9069	0,8460	0,7729	0,8342	84,14	3,84
14	F	5-10	0,9072	0,8426	0,7843	0,8334	84,30	3,82
15	F	5-10	0,9080	0,8409	0,7845	0,8349	84,32	3,81
16	F	5-10	0,9067	0,8486	0,7840	0,8375	84,53	3,84
17	180	0-5	0,8656	0,7814	0,7988	0,7791	80,70	3,39
18	180	0-5	0,8700	0,7746	0,7960	0,7733	80,44	3,44
19	180	0-5	0,8664	0,7768	0,7759	0,7708	79,85	3,44
20	180	0-5	0,8678	0,7655	0,8033	0,7654	80,16	3,43
21	180	5-10	0,7830	0,6746	0,8324	0,6772	74,49	2,92
22	180	5-10	0,7646	0,6514	0,8399	0,6551	73,20	2,89
23	180	5-10	0,7635	0,6600	0,8318	0,6599	73,25	2,90
24	180	5-10	0,7809	0,6784	0,8184	0,6773	74,14	2,96
25	C	0-5	0,8465	0,8544	0,9138	0,8682	87,11	4,35
26	C	0-5	0,8434	0,8444	0,9335	0,8650	87,23	4,34
27	C	0-5	0,8474	0,8636	0,9057	0,8763	87,35	4,34
28	C	0-5	0,8465	0,8574	0,9168	0,8707	87,33	4,35
29	C	5-10	0,8429	0,8657	0,9244	0,8557	87,27	4,32
30	C	5-10	0,8362	0,8451	0,9344	0,8382	86,45	4,30
31	C	5-10	0,8440	0,8686	0,9293	0,8630	87,68	4,32
32	C	5-10	0,8439	0,8651	0,9221	0,8580	87,28	4,33
33	P	0-5	0,8460	1,0636	0,8612	1,0411	95,82	4,52
34	P	0-5	0,8520	1,0541	0,8426	1,0302	94,98	4,50
35	P	0-5	0,8546	1,0684	0,8476	1,0460	95,98	4,49
36	P	0-5	0,8518	1,0448	0,8470	1,0239	94,64	4,51
37	P	5-10	0,8442	0,9328	0,8273	0,9022	87,77	3,97
38	P	5-10	0,8478	0,9443	0,8172	0,9159	88,28	4,12
39	P	5-10	0,8331	0,9282	0,8292	0,8916	87,15	4,00
40	P	5-10	0,8520	0,9519	0,8158	0,9239	88,76	4,20
41	60	0-5	0,8548	0,7701	0,8188	0,7725	80,48	3,16
42	60	0-5	0,8362	0,7461	0,8045	0,7467	78,43	3,05
43	60	0-5	0,8441	0,7209	0,8112	0,7265	77,75	3,05
44	60	0-5	0,8298	0,7225	0,8024	0,7249	77,13	2,95
45	60	5-10	0,7558	0,6214	0,8367	0,6310	71,69	2,63
46	60	5-10	0,7637	0,6453	0,8309	0,6515	72,71	2,65
47	60	5-10	0,7630	0,6394	0,8384	0,6479	72,69	2,65
48	60	5-10	0,7459	0,6148	0,8449	0,6252	71,40	2,58

Apêndice 8. Escores dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo coletados ao final da estação de primavera de 2011 submetidos à análise de DCA para avaliar o tamanho do gradiente.

DETR-SEGME		Rescaling: 4				Segments: 26	Threshold: 0,00
N	NAME	AX1	AX2	AX3	AX4	RMSTOL	N2
FR	FITTED	0,4656	0,2758	0,0359	0,0199		
1	Argila	0,3966	0,9166	0,3466	0,1855	53,66	46,63
2	Silte	1,7800	0,2533	0,1798	0,0756	90,42	40,11
3	Areia	0,3486	0,1819	1,2153	1,1437	85,72	45,23
4	densidad	0,9189	0,9475	0,8925	0,4307	82,52	46,46
5	umidade	0,8627	0,4633	0,5067	0,2467	56,49	45,85
6	C	0,5103	0,6881	1,3585	1,0687	96,45	44,26
7	N	0,5253	0,6897	1,2383	0,8890	87,68	44,44
8	pH	0,4734	1,1010	0,5571	0,0699	66,17	46,04
9	Al	0,9025	3,1802	0,8399	3,2807	236,63	14,78
10	Ca	0,9293	1,4819	1,1465	2,3925	158,89	37,86
11	Mg	0,6617	1,2294	1,0704	2,0048	133,37	38,39
12	K	0,5157	1,2882	2,0342	2,3152	168,99	33,88
13	P	2,1929	0,1200	3,0573	3,5941	260,23	28,35
14	C-BMS	0,5211	1,1560	0,9281	0,3810	80,84	42,05
15	RBS	0,5899	0,1984	0,2704	0,2697	36,51	46,22
16	qCO2	1,1426	1,4884	1,7232	0,8067	133,61	42,52
17	N min,	1,2734	0,3883	2,4438	4,3856	259,70	36,92

Apêndice 9. Escores das amostras dos tratamentos nativos e agrossistemas coletados na estação de primavera de 2011 submetidos à análise de DCA para avaliar o tamanho do gradiente.

DETR-SEGME			Rescaling: 4				Segments: 26		Threshold: 0,00	
N	NAME		AX1	AX2	AX3	AX4	RMSTOL	N2		
FR	FITTED		0,4656	0,2758	0,0359	0,0199				
1	AM	0-5	0,8174	0,8639	0,8604	0,8426	84,63	3,92		
2	AM	0-5	0,8046	0,8725	0,8362	0,7701	82,17	3,87		
3	AM	0-5	0,7958	0,8652	0,8512	0,8100	83,11	3,91		
4	AM	0-5	0,8046	0,8629	0,8416	0,7912	82,56	3,90		
5	AM	5-10	0,8360	0,8343	0,8188	0,8022	82,29	3,77		
6	AM	5-10	0,8186	0,8448	0,8079	0,7726	81,14	3,76		
7	AM	5-10	0,8148	0,8484	0,8279	0,7917	82,10	3,80		
8	AM	5-10	0,8284	0,8469	0,8181	0,7685	81,60	3,79		
9	F	0-5	0,7589	0,9059	0,8920	0,8833	86,20	3,72		
10	F	0-5	0,7472	0,9092	0,8736	0,8263	84,13	3,61		
11	F	0-5	0,7380	0,9071	0,8845	0,8507	84,76	3,61		
12	F	0-5	0,7379	0,9098	0,8766	0,8262	84,01	3,55		
13	F	5-10	0,8083	0,8840	0,8481	0,8692	85,29	3,90		
14	F	5-10	0,7770	0,9050	0,8411	0,7811	82,77	3,79		
15	F	5-10	0,7691	0,9051	0,8548	0,8048	83,50	3,81		
16	F	5-10	0,7829	0,9044	0,8410	0,7808	82,88	3,80		
17	180	0-5	0,7196	0,9054	0,9159	1,0165	89,58	3,56		
18	180	0-5	0,7141	0,9034	0,9147	1,0160	89,37	3,58		
19	180	0-5	0,7287	0,9047	0,9203	1,0529	90,90	3,60		
20	180	0-5	0,6945	0,9124	0,9255	1,0366	90,08	3,57		
21	180	5-10	0,6898	0,8354	0,8429	0,9562	83,65	3,24		
22	180	5-10	0,6768	0,8284	0,8433	0,9712	83,65	3,23		
23	180	5-10	0,6904	0,8281	0,8521	1,0083	85,23	3,25		
24	180	5-10	0,6909	0,8700	0,8672	0,9844	85,96	3,37		
25	C	0-5	0,7986	0,8539	0,9120	0,8681	85,91	3,97		
26	C	0-5	0,7846	0,8522	0,9214	0,8688	85,81	4,04		
27	C	0-5	0,8162	0,8473	0,9251	0,9211	87,87	4,20		
28	C	0-5	0,8004	0,8536	0,9159	0,8792	86,33	3,98		
29	C	5-10	0,8386	0,8349	0,8529	0,7600	82,24	4,27		
30	C	5-10	0,8243	0,8321	0,8592	0,7807	82,46	4,26		
31	C	5-10	0,8365	0,8347	0,8631	0,7788	82,88	4,27		
32	C	5-10	0,8384	0,8347	0,8613	0,7907	83,17	4,27		
33	P	0-5	1,0457	0,7944	0,9162	0,9420	92,89	4,53		
34	P	0-5	1,0338	0,8132	0,8944	0,9090	91,60	4,47		
35	P	0-5	1,0396	0,7956	0,9006	0,9144	91,66	4,49		
36	P	0-5	1,0189	0,8072	0,8810	0,8565	89,43	4,49		
37	P	5-10	0,9970	0,7865	0,8018	0,7602	84,16	4,16		
38	P	5-10	1,0114	0,7447	0,8122	0,8455	85,91	4,09		
39	P	5-10	1,0128	0,7652	0,8418	0,9199	88,97	4,21		
40	P	5-10	1,0041	0,7734	0,8250	0,8581	86,94	4,22		
41	60	0-5	0,7154	0,9002	0,8468	0,7957	81,74	3,41		
42	60	0-5	0,7118	0,9099	0,8322	0,7706	80,95	3,40		
43	60	0-5	0,6743	0,9198	0,8219	0,7202	78,98	3,36		
44	60	0-5	0,6980	0,9113	0,8074	0,6998	78,41	3,34		
45	60	5-10	0,6608	0,8422	0,7650	0,6990	74,50	3,10		
46	60	5-10	0,6784	0,8489	0,7736	0,7166	75,71	3,12		
47	60	5-10	0,6723	0,8345	0,7671	0,7099	74,85	3,07		
48	60	5-10	0,6540	0,8352	0,7618	0,7033	74,17	3,04		