

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

MARIANE GONÇALVES LINTEMANI

**ATRIBUTOS DO SOLO EM UMA CRONOSSEQUÊNCIA DO  
SISTEMA ROÇA DE TOCO**

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Área de concentração em Agroecologia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Celso Fantini  
Coorientador: Prof. Dr. Arcângelo Loss

Florianópolis  
2017



Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lintemani, Mariane Gonçalves

Atributos do solo em uma cronosequência do sistema roça de toco / Mariane Gonçalves Lintemani ; orientador, Alfredo Celso Fantini, coorientador, Arcângelo Loss, 2017.

77 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Roça de coivara. 3. Matéria orgânica do solo. 4. Cronosequência de pousio. 5. Agregação do solo. I. Fantini, Alfredo Celso. II. Loss, Arcângelo. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

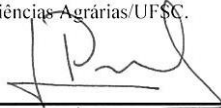


# “Atributos do Solo em Uma Cronossequência do Sistema Roça de Toco”

*Por*

**MARIANE GONÇALVES  
LINTEMANI**

Dissertação julgada adequada, em 22/02/2017, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.



---

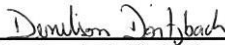
Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho (Coordenador do Programa)

Banca Examinadora:



---

Alfredo Celso Fantini, (Presidente /Orientador)



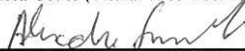
---

Denilson Dortzbach (Titular Externo/Epagri/Ciram)



---

Rafael Rosa Couto (Titular /Pós-Doc. PMPD/PGA)



---

Alexandre Siminski (Titular Externo/UFSC/CTBANOS)

Candidata ao título:



---

MARIANE GONÇALVES LINTEMANI

Florianópolis, 22/02/2017



## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Alfredo Fantini, pela oportunidade do mestrado e por todas as orientações e conversas que tivemos. Além de trazer novos conhecimentos em uma área antes desconhecida, o mestrado me abriu novos caminhos e teve grande contribuição positiva nos novos rumos que tomarei daqui pra frente. Agradeço ao Professor Arcângelo Loss, por toda dedicação, pela importância dada a este trabalho e pela paciência e prontidão em ajudar a solucionar os problemas que surgiram no caminho. Agradeço profundamente ao Seu João Schmitz e sua família, que acolheu a realização deste trabalho. Levarei para a vida e passarei a diante todo o amor e atenção que recebi em todas as vezes que estive em sua casa. Agradeço ao Camilo, parceiro do começo ao fim nas atividades laboratoriais, sem ele não seria possível completar esta etapa. Grata pelo compromisso e dedicação. Agradeço a meus companheiros do LEMEF, foi extremamente importante poder ter com quem compartilhar de perto as angústias e conquistas que fazem parte do processo. Agradeço aos membros do Laboratório de Solos do CCA, pela paciência em ajudar e ensinar.

Gratidão por toda a troca estabelecida com as pessoas que cruzaram meu caminho nestes dois anos, seja através da participação de alguma forma na pesquisa, pelas conversas ou simplesmente por estarem próximas. Agradeço pela sensação boa que sinto agora, espero poder absorver todo o aprendizado que este fechamento de ciclo me trará. Aos professores e funcionários que compõe o programa de pós-graduação em Agroecossistemas e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante dois anos, agradeço. Finalizo agradecendo aos meus familiares, sem seu apoio dificilmente eu estaria aqui finalizando este trabalho.





## RESUMO

LINTEMANI, M. G. **Atributos do solo em uma cronosequência do sistema roça de toco.** Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

Muitas famílias de pequenos agricultores da atualidade obtêm sua subsistência e produtos para serem comercializados através de técnicas de manejo da floresta de origem indígena, que integram floresta e agricultura. Em Biguaçu, SC, agricultores reproduzem uma técnica de manejo que acontece em muitas regiões tropicais do mundo, essa prática agrícola é denominada roça de toco, roça de coivara ou roça itinerante. O processo da roça de toco inicia-se com a derrubada e a queima da floresta, que precede um período de cultivo que pode variar de 1 a 3 anos. Após o cultivo, as áreas de roça de toco são deixadas em pousio, fase em que a área “descansa” por um período variável, geralmente de 10 a 15 anos. Com relação às pesquisas atuais, muitas vezes parece não haver consenso sobre a sustentabilidade desta prática e suas consequências ao solo e a vegetação. Pesquisas apontam que a análise das condições do solo pode ser um eficiente indicativo de sustentabilidade na agricultura. Os atributos químicos e físicos do solo, além da matéria orgânica do solo (MOS), são frequentemente estudados como indicadores da qualidade do solo por estarem totalmente correlacionados com os sistemas de manejo adotados. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar em uma cronosequência do sistema roça de toco se o período de pousio adotado é capaz de restabelecer as condições do solo semelhantes a uma floresta madura e comparar com outros usos agrícolas. Foram coletadas amostras de solo deformadas e indeformadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em três fases que compõe esse sistema (roça de toco 2 anos, pousio de 10 anos, pousio de 15 anos), bem como em áreas próximas com cultivo de eucalipto e um sistema agroflorestal, além da floresta madura nunca manejada (tratamento controle). Os atributos físicos e químicos avaliados foram densidade do solo ( $D_s$ ), diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), índice de sensibilidade do DMG ( $IS_{DMG}$ ), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), CO e N particulado ( $CO_p$  e  $N_p$ ), CO e N associado aos minerais ( $CO_{am}$  e  $N_{am}$ ). Em relação aos atributos físicos do solo, o sistema roça de toco não altera os valores de densidade do solo em comparação à floresta madura, ao SAF e ao eucalipto.

Porém diminui os valores de agregação (DMG) na camada superficial do solo (0-5 cm) durante o período de roça 2 anos em relação a floresta madura, ao SAF e ao eucalipto. O pousio por 15 anos restabelece os valores de DMG iguais aos encontrados na floresta madura, assim como no SAF e eucalipto. O índice de sensibilidade para o DMG ( $IS_{DMG}$ ) demonstra claramente a melhoria da agregação para o pousio 15 anos em relação à roça de 2 anos e pousio 10 anos em todas as profundidades avaliadas. Para os atributos químicos, os teores de COT diminuem no sistema roça de 2 anos e aumentam a partir dos 10 anos de pousio para as profundidades de 0-5 e 10-20 cm, sendo semelhantes aos valores encontrados na floresta madura, SAF e eucalipto. Para o COP e COam, o pousio 15 anos aumenta os valores desses atributos em relação a roça de 2 anos e restabelece os teores semelhantes aos encontrados nos sistemas com eucalipto e SAF. Os teores de NT, Np e Nam, de maneira geral, diminuem nos anos subsequentes à queima, mas voltam a aumentar aos 15 anos de pousio, assemelhando-se aos valores da floresta madura e maiores que o SAF e eucalipto. Conclui-se que o pousio da roça de toco, quanto mantido por 15 anos ou mais, na condição de um ciclo de cultivo por área, é capaz de restabelecer os atributos químicos e físicos do solo semelhantes ao de um solo de floresta madura e a sistemas de uso do solo que nunca tiveram roça de toco (SAF e eucalipto).

**Palavras chave:** Roça de coivara, roça itinerante, matéria orgânica do solo, cronosequência de pousio, agregação do solo.

## ABSTRACT

In some coastal areas of Santa Catarina, Brazil, farmers reproduce a management technique called slash-and-burn agriculture. With regard to current research, there often seems to be no consensus on the sustainability of this practice and its consequences on soil and vegetation. The analysis of soil conditions can be an efficient indicative of sustainability in agriculture, so the present study aimed to evaluate in a chronosequence of the slash-and-burn system if the fallow period adopted is capable of restoring soil conditions. Undisturbed soil samples were collected at depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm in three phases that compose this system (two-year stump grazing, 10-year old fallow, 15-year old fallow), as well as in nearby areas with eucalyptus cultivation and an agroforestry system, in addition to mature forest never managed (control treatment). The physical and chemical attributes evaluated were soil density (Ds), aggregate geometric mean diameter (GMD), sensitivity index of DMG (SIGMD), total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), particulate CO and N (C<sub>Op</sub> and N<sub>p</sub>), CO and N associated with the minerals (CO<sub>am</sub> and N<sub>am</sub>). Regarding the physical attributes of the soil, the stump system does not alter soil density values. It decreases the aggregation values (GMD) in the superficial layer of the soil (0-5 cm) during the 2-year rotation period, but they are reestablished in the 15-year fallow. The sensitivity index for GMD (ISGMD) clearly demonstrates the improvement of aggregation at 15-year fallow in relation to 2-year-old grazing and 10-year fallow at all depths evaluated. For the chemical attributes, TOC contents decrease in the 2-year crop system and increase from 10 years of fallow to depths of 0-5 and 10-20 cm, similar to the values found in mature forest, SAF and eucalyptus. For the C<sub>Op</sub> and CO<sub>am</sub>, the 15 year old fallow increases the values of these attributes in relation to the 2 year old tree and reestablishes the contents similar to those found in the systems with eucalyptus and SAF. The levels of NT, N<sub>p</sub> and N<sub>am</sub> in general decline in the years following the burning, but increase again at 15 years of fallow, similar to mature forest values and larger than SAF and eucalyptus.

**Keyword:** shifting cultivation, swidden agriculture, soil organic matter, chronosequence, aggregate of the soil.



## Lista de Figuras

Figura 1. Localização da região de estudo.....	29
Figura 2. Vista aérea da região de estudo com os tratamentos demarcados. .....	31
Figura 3. Valores médios de densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) encontrados nos diferentes sistemas de uso do solo em Biguaçu, SC. ....	41
Figura 4. Índice de sensibilidade para diâmetro médio geométrico ( $\text{IS}_{\text{DMG}}$ ) dos agregados do solo nos diferentes sistemas de uso do solo em relação à área de floresta.....	45
Figura 5. Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais dos dados coletados.....	56
Figura 6. Dendograma produzido de acordo com os diferentes sistemas de uso do solo estudados. ....	57



## Lista de Tabelas

Tabela 1. Composição textural do solo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nos diferentes sistemas de uso do solo em Biguaçu, SC. ....	40
Tabela 2. Valores médios para diâmetro médio geométrico (DMG, mm) dos agregados do solo, nas etapas da roça de toco e demais usos do solo em Biguaçu, SC.....	43
Tabela 3. Valores médios de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COp) e carbono associado à fração mineral (COam), de acordo com os diferentes sistemas de uso do solo estudados.....	47
Tabela 4. Valores médios de nitrogênio total (NT), nitrogênio particulado (Np) e nitrogênio associado à fração mineral (Nam), de acordo com os diferentes sistemas de uso do solo estudados. ....	53

## Sumário

APRESENTAÇÃO.....	17
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	25
2.1 Geral.....	25
2.2 Específicos.....	25
3. HIPÓTESE.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	29
4.2 Sistemas avaliados e histórico de uso.....	30
4.3 Amostragem do solo.....	32
5. ANÁLISES REALIZADAS.....	35
5.1 Análises físicas.....	35
5.2 Análises químicas.....	36
5.3 Análises estatísticas.....	36
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6.1.1 Composição granulométrica do solo.....	39
6.1.2 Densidade do solo.....	40
6.1.3 Diâmetro médio geométrico.....	42
6.1.4 Índice de sensibilidade (IS).....	44
6.2 Atributos químicos do solo.....	46
6.2.1 Teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam).....	46
6.2.2 Teores de nitrogênio total (NT), nitrogênio particulado (Np) e nitrogênio associado aos minerais (Nam).....	52
6.3 Análise de componentes principais (ACP).....	55
7. CONCLUSÕES.....	59
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
9. REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS.....	73



## APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é parte integrante de um projeto abrangente, iniciado em 2009, coordenado pelo Prof. Dr. Alfredo Celso Fantini, intitulado “Inovações tecnológicas na produção de carvão vegetal no contexto de agricultura familiar na grande Florianópolis e suas implicações ambientais: uma abordagem interdisciplinar”. Este projeto, por sua vez, está dividido em outros três, descritos abaixo, sendo que o presente trabalho é parte integrante de um deles, o Projeto “Nosso Carvão”.

- **Projeto Inovações de base ecológica na produção de carvão vegetal dos agricultores familiares da Grande Florianópolis** – Projeto “Nosso Carvão”: com o objetivo de desenvolver e validar tecnologias apropriadas ao contexto da agricultura familiar para a produção sustentável de carvão vegetal na Grande Florianópolis, visando à conservação das florestas nativas e a melhoria da qualidade de vida dos agricultores.

- **Projeto Rede Sul Florestal: PD&I em sistemas florestais e produção de energia na agricultura familiar:** com o objetivo de aperfeiçoar recursos materiais e humanos através da compreensão e proposição de estratégias adequadas para a solução de problemas socioambientais relacionados ao uso da floresta no âmbito da agricultura familiar a partir da problemática do carvão vegetal.

- **Projeto Valor da Roça:** com o objetivo de desenvolver estratégias para integração de agricultores, pesquisadores e gestores públicos na busca de mercados diferenciados para os produtos da roça de toco de Biguaçu-SC.

Estes trabalhos são desenvolvidos em parceria da UFSC com a EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), FATMA (Fundação do Meio Ambiente), UDESC (Universidade Estadual de Santa Catarina), FAMABI (Fundação Municipal do Meio Ambiente de Biguaçu) e a Associação dos Agricultores Familiares da Roça de Toco de Biguaçu, SC.



## 1. INTRODUÇÃO

Muitas famílias de pequenos agricultores da atualidade obtêm sua subsistência e produtos para serem comercializados através de técnicas de manejo da floresta de origem indígena, que integram floresta e agricultura (ADAMS, 2000). Algumas destas técnicas são assimiladas por populações camponesas e caiçaras do litoral sul e sudeste do país que habitam os últimos remanescentes de mata atlântica. Dean (1996), afirma que só um vasto conhecimento da dinâmica das florestas permitiria o manejo da paisagem ao longo do tempo. Um desses sistemas de manejo é conhecido como roça de toco, roça itinerante ou roça de coivara.

A roça de toco é uma prática agrícola que ocorre a milhares de anos em diversas regiões do mundo, porém atualmente está restrita às áreas tropicais, devido ao aumento da população, que impossibilita o uso do território para estas práticas, entre outros fatores (RIBEIRO FILHO et al., 2013). Sanchez et al. (2005) e Mukul et al. (2015) estimam que o número de pessoas no mundo que dependem da agricultura de coivara para subsistência pode chegar a 35 milhões.

O processo da roça de toco inicia-se com a derrubada e a queima da floresta, que precede um período de cultivo que pode variar de 1 a 3 anos. Após o cultivo, as áreas de roça de toco são deixadas em pousio, fase em que a área “descansa” por um período variável, geralmente de 10 a 15 anos (SIMINSKI & FANTINI, 2007). O tempo de pousio varia de acordo com a percepção das condições de fertilidade do solo e com a disponibilidade de áreas de cada agricultor.

Na região do litoral de Santa Catarina, além dos alimentos cultivados no sistema roça de toco, ocorre também a produção do carvão vegetal, originado através do aproveitamento da queima da madeira que resulta da floresta derrubada. Inicialmente, a madeira era usada na produção de lenha e vendida para os engenhos de farinha, hoje em dia, a maior parte dela é destinada a produção de carvão, atividade com mercado mais garantido, principalmente no sul do país (FANTINI, 2010). Em Biguaçu - SC, mais de 30% das famílias que trabalham na terra, têm o carvão como principal fonte de renda (ULLER-GÓMEZ & GARTNER, 2009).

O sistema da roça de toco foi praticamente inviabilizado no Brasil após a publicação do Decreto Lei n.750 de 1993, que foi substituído pela Lei da Mata Atlântica (LEI Nº 11.428, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2006), que define pousio como "prática que prevê a interrupção de atividades ou usos

agrícolas, pecuários ou silviculturais do solo por até 10 (dez) anos para possibilitar a recuperação de sua fertilidade”. Com apenas 10 anos de pousio a vegetação não apresenta biomassa suficiente para fornecer a quantidade de nutrientes necessária para os anos de cultivo seguintes (SIMINSKI, 2004). Alguns agricultores encontraram como alternativa para seu problema, a substituição ilegal da floresta secundária por plantação de eucalipto, cujo corte não é proibido. Na última década observa-se, através de pesquisas no local, a clara expansão das monoculturas de eucalipto. Este contexto faz de Biguaçu-SC, um perfeito exemplar de uma problemática mundial, em que condições legislativas e falta de incentivo financeiro do governo local para a realização de agriculturas menos impactantes ao meio ambiente estão contribuindo para a modificação da paisagem de áreas agricultáveis com floresta para monoculturas de maior interesse comercial ou pastagem.

Bases científicas devem ser construídas para um melhor conhecimento dos impactos deste sistema, para que se auxilie a busca por uma solução verdadeira para a conservação das florestas e coerente com as necessidades da população local. Este contexto soma-se ao desafio de como avançar em termos de produção alimentícia e não agredir ao meio ambiente, cabe à academia contribuir para ampliar a gama de possibilidades criativas para tal. Quando se trata de agricultura itinerante, muitas vezes parece não haver consenso sobre os impactos causados ao solo e a vegetação. Além da biodiversidade que pode estar sendo afetada, a segurança alimentar dos agricultores (e a nossa) também é uma questão preocupante (ADAMS, 2013).

Alguns estudos indicam que após os ciclos de cultivo no sistema roça de toco pode haver decréscimo de nutrientes, matéria orgânica e que as emissões de CO<sub>2</sub> durante o cultivo podem não serem compensadas pelo período de pousio em que a floresta cresce novamente (ABOIM et al., 2008; DAVIDSON et al., 2008; ZIEGLER et al., 2009). Porém, concomitantemente, aumentam as pesquisas a favor da roça itinerante. Alguns autores afirmam que se trata de um sistema com alta capacidade de resiliência, pois o período de distúrbio do cultivo é recompensado através do período de pousio, semelhante aos processos ecológicos que ocorrem na natureza, principalmente se estiverem inseridos em uma matriz de floresta madura que ajudará a sustentá-los (MARTINS, 2005; PADOCH & PINEDO-VAZQUEZ, 2010; ADAMS, 2013).

Sobre este dualismo, através de recente revisão sobre o tema, Ribeiro Filho et al. (2015) concluíram que faltam indicadores realmente eficientes para obter o consenso sobre a sustentabilidade da roça de toco. Mukul et al.

(2015) afirmaram através de uma meta-análise de pesquisas recentes sobre a roça de toco, que existem poucos estudos sobre suas consequências ambientais, especialmente as que se referem aos atributos químicos e físicos do solo, além de alertarem que também existem poucas discussões sobre as dimensões dos impactos ambientais quando comparadas à sistemas agrícolas “convencionais” como as monoculturas, por exemplo.

Dentre as formas de se analisar o solo, alguns autores consideram a “Qualidade do Solo” como um eficiente indicativo de sustentabilidade na agricultura (ALTIERI & NICHOLLS, 2002; LOSS et al., 2009). Qualidade do solo é um conceito relativamente recente, cuja discussão intensificou-se no início dos anos 90, quando surgiram as primeiras evidências alertando sobre a relação do manejo do solo com a sustentabilidade agrícola (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Doran (1994) define a qualidade do solo como a “capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter e, ou, aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens”, em outras palavras, consiste na capacidade do solo de dar suporte ao desenvolvimento de culturas agrícolas sem tornar-se degradado ou prejudicar, de alguma forma, o meio ambiente.

O solo é um sistema aberto, com permanente troca de matéria e energia com o meio (ADDISCOT, 1995), e complexo, em virtude de uma intrincada rede de relações entre os subsistemas que o compõem, representados pelos vegetais, organismos (macro e microrganismos) e matéria mineral. Os vegetais são os principais responsáveis pela adição ao solo de compostos orgânicos primários sintetizados no processo de fotossíntese, utilizando energia solar, CO<sub>2</sub> do ar, água e nutrientes do solo. Os organismos, com destaque aos microrganismos heterotróficos, obtêm energia para o seu desenvolvimento pela decomposição de resíduos vegetais e da matéria orgânica do solo (MOS), liberando CO<sub>2</sub> para atmosfera, nutrientes, e uma gama de compostos orgânicos secundários oriundos do metabolismo microbiano, os quais passam a compor a MOS (VEZZANI, 2001).

Além da MOS, as propriedades químicas e físicas, são frequentemente estudadas como indicadores de qualidade de solo por estarem totalmente correlacionadas com os sistemas de manejo adotados (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009; LOSS et al., 2009). Dessa forma, serão indicadores representativos para responder se o uso do solo no sistema roça de toco é

favorável à sustentabilidade agrícola, destacando-se a agregação do solo e as frações da MOS.

A agregação pode ser um indicador interessante para representar o estado de um solo, pois seu tamanho, sua forma e seu grau de estabilidade estão associados a uma série de interações entre fatores mineralógicos, químicos e biológicos (LEPSCH, 2011). A susceptibilidade dos agregados à movimentação pelo vento e pela água define o espaço poroso e a forma como se arranjam, essa característica faz da agregação um importante condicionador do ambiente para o crescimento do sistema radicular das plantas (KLEIN, 2014).

Em trabalho realizado em sistemas de colheita da cana-de-açúcar crua e queimada, Luca et al. (2008) avaliaram os atributos físicos do solo e encontraram relações entre a estabilidade dos agregados e a queima da palhada da cana. Os agregados do solo onde houve a queima mostraram-se menos estáveis em água do que os coletados onde não foi queimado. Isto aconteceu devido a redução dos teores de MOS, o que também acarretou na maior densidade do solo nesta área, ou seja, a menor estabilidade dos agregados faz com que eles se desfaçam mais facilmente, aumentando a compactação do solo. Situação semelhante foi constatada por Graham et al. (2002), que observaram um aumento na estabilidade dos agregados e nos teores de MOS em área com cultivo de cana-de-açúcar que se encontrava há três anos sem queima. Ribeiro Filho *et al.* (2013) e Kang (1993) por sua vez, reconhecem, que o fogo pode ser prejudicial ao solo, porém defendem que o pousio, etapa crucial da roça de toco, pode ser capaz de recuperar os danos acarretados pela queima.

Devido a sua complexidade e sensibilidade às formas de manejo, a MOS, é frequentemente escolhida para representar o estado de um solo. Além de atuar como agente cimentante dos agregados, também influencia várias propriedades físicas, químicas e biológicas do solo que interferem no rendimento vegetal e, conseqüentemente, na sustentabilidade da agricultura. Dentre outras funções importantes, a matéria orgânica afeta positivamente a atividade microbiana, a capacidade de retenção de água, a estrutura do solo, a capacidade de troca de cátions e a adsorção de vários metais poluentes (KLEIN, 2014, CONCEIÇÃO et al., 2005).

A fração orgânica da MOS, composta principalmente por carbono, é bastante sensível ao tipo de manejo, por isso é constantemente utilizada como indicador da qualidade do solo (ROSSET et al., 2014). Avaliando as alterações ocorridas nos teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio

total (NT) e nas frações húmicas e granulométricas da MOS decorrentes da derrubada e queima da floresta nativa e subsequente implantação de pastagem (*Urochloa brizantha*) sob Vertissolo e Argissolo no Estado do Acre, na Amazônia brasileira, Loss et al. (2014) observaram que o COT e CO particulado (COP) foram os indicadores mais adequados para evidenciar diferenças entre os sistemas de uso do solo estudados. Os autores concluíram que a conversão da área de floresta em pastagem, mesmo com oito a dez anos de uso, ainda não restabeleceu um equilíbrio entre as frações COT e o COP quando comparado com os teores verificados na área de floresta, independente do solo avaliado.

Os teores totais de COT e NT; assim como das frações granulométricas da MOS, representadas pelo CO particulado e N particulado (COP / Np) e o CO associado aos minerais e o N associado aos minerais (COam / Nam), são considerados indicadores úteis na avaliação da qualidade do solo, pois são frações altamente sensíveis às modificações impostas pelos diferentes sistemas de manejo, com destaque para as frações de COP e Np (LOSS et al., 2012; 2014; LUCE et al., 2013; WINCK et al., 2014; HE et al., 2015).

O COP e o Np ( $> 53\mu\text{m}$ ) são derivados de resíduos de plantas e hifas, que permanecem no solo devido à proteção física nos agregados, sendo por este motivo, frações lábeis que apresentam maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos (GOLCHIN et al., 1994; CHRISTENSEN, 1996). Segundo Loss et al. (2012), Luce et al. (2013, 2014) e Winck et al. (2014), em sistemas nos quais tem-se maior aporte de biomassa aérea e radicular, ocorre maior acúmulo de carbono e nitrogênio na fração particulada da MOS, sendo assim um indicador mais sensível do que o COT e NT às alterações impostas pelo manejo do solo. Segundo Luce et al. (2014), as frações de C e N particuladas, após serem mineralizadas pelos microorganismos, são importantes fontes de C e N mineral em solos agrícolas.

Já o COam e o Nam ( $< 53\mu\text{m}$ ) estão associados às frações minerais de tamanho silte e argila e interagem com a superfície dos minerais, formando complexos organominerais protegidos pela fração coloidal (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992). Estas frações dependem da quantidade de material orgânico oriundo da fração particulada (COP / Np) e da proteção coloidal exercida pelas superfícies minerais (BALDOCK, 2000). Segundo Bayer et al. (2004) e He et al. (2015), o COam e o Nam possuem um avançado grau de humificação e, ao contrário do COP / Np, normalmente

são menos sensíveis às alterações relacionadas ao manejo do solo em condições de curto prazo.

Portanto, assim como relatado anteriormente por Mukul et al. (2015) e Ribeiro Filho et al. (2015), conclui-se que há a necessidade de se apresentar mais estudos que analisam a resiliência<sup>1</sup> do solo no sistema roça de toco por meio da avaliação de atributos físicos e químicos, para que se possa verdadeiramente entender a dinâmica do sistema para então poder discutir sobre o futuro desta prática.

---

<sup>1</sup> Resiliência é a capacidade de um solo recuperar sua integridade funcional e estrutural após um distúrbio (SEYBOLD et al., 1999).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar em uma cronosequência do sistema roça de toco se o período de pousio adotado é capaz de restabelecer as condições do solo semelhantes a uma floresta madura e comparar com outros usos agrícolas.

### **2.2 Específicos**

- Caracterizar os atributos físicos e químicos do solo no sistema roça de toco e em sistemas alternativos de uso do solo.
- Discutir se as etapas do sistema roça de toco são favoráveis a resiliência do solo através de uma cronosequência (2, 10 e 15 anos) e comparar com outros usos agrícolas.



### **3. HIPÓTESE**

O sistema roça de toco, em função do período de pousio, restabelece as condições do solo semelhantes a uma floresta madura e, ou, à de solos cultivados em sistemas agroflorestais.

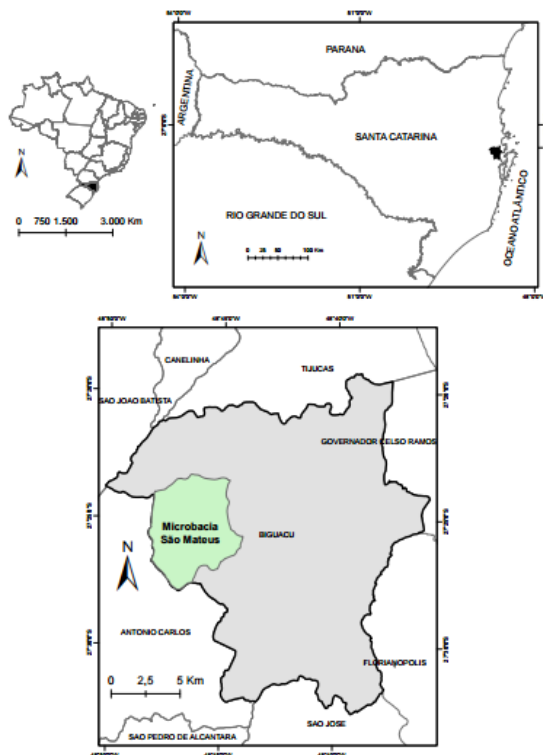


## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na localidade denominada Três Riachos, banhada pela microbacia São Mateus, localizada na porção noroeste do município de Biguaçu (Figura 1), região litorânea central do estado de Santa Catarina. O município de Biguaçu apresenta área de 367,891 km<sup>2</sup>, com uma população estimada de 64.488 habitantes e densidade demográfica de 156,94 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2015).

**Figura 1.** Localização da região de estudo.



Fonte: Alfredo Celso Fantini

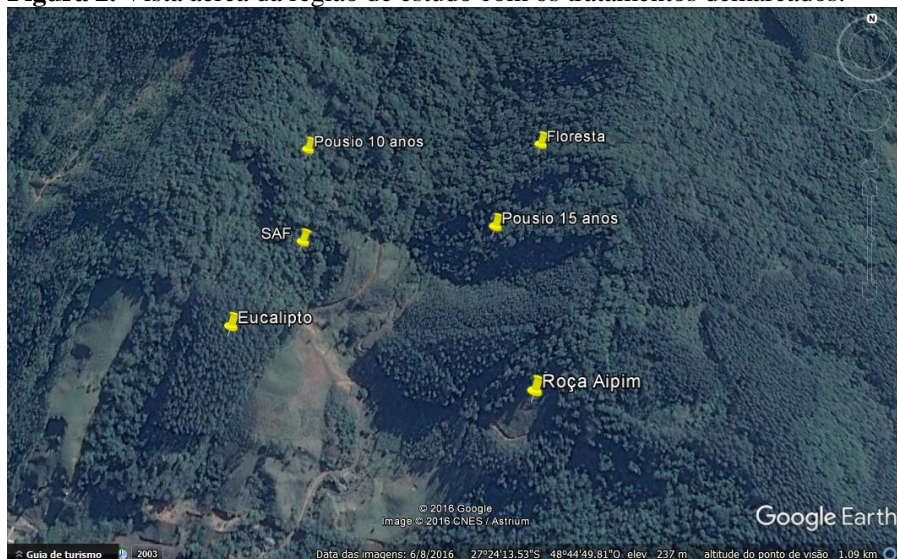
O clima da região é classificado como Cfa, mesotérmico úmido com verão quente definido. A temperatura média anual é de 20° C, sendo a média de temperatura do mês mais quente de 25°C (janeiro) e a temperatura do mês mais frio é de 16°C (junho). A precipitação anual na região é de 1.390 mm, sendo esta bem distribuída durante o ano (IDE et al., 1980). Os solos predominantes da região são o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Cambissolo Háptico (UBERTI, 2005). A vegetação original do local, segundo Klein et al. (1986) e Veloso et al. (1991), é característica de Floresta Ombrófila Densa, tendo sofrido exploração mais intensiva na década de 1950, e atualmente encontra-se predominantemente em estágio avançado de regeneração, segundo a definição proposta pela Resolução nº04/1994 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

## **4.2 Sistemas avaliados e histórico de uso**

Mais precisamente, as áreas de estudo se encontram em uma propriedade rural localizada na região conhecida como Três Riachos, que é o nome do principal curso d'água do rio Biguaçu. A população local formou-se em 1816, sendo seus primeiros habitantes os povos açorianos. Posteriormente, a área foi ocupada por grupos de alemães e afrodescendentes. Aproximadamente 45 % das famílias que vivem em Três Riachos têm a agricultura como principal fonte de renda (VICENTE, 2014).

A propriedade apresenta 11 ha no total. O solo das áreas de estudo foi classificado como Cambissolo Háptico (EMBRAPA, 2013). Com relação aos usos da terra, cerca de 5 ha da propriedade são utilizados para o desenvolvimento do sistema Roça de Toco. Já a outra metade, é utilizada para o cultivo de eucalipto (2 ha); pastagens (2 ha) que abrigam cerca de 20 cabeças de gado; produção de banana cultivada junto com a floresta, caracterizando um Sistema Agroflorestal - SAF (0,7 ha) e os 1,8 hectares restantes, consistem na área da casa da família, apresentando um galinheiro, um matadouro, pequenas hortas e áreas de floresta nunca manejadas. Sendo assim, o presente trabalho consiste em avaliar seis diferentes tratamentos (áreas), conforme descritos abaixo (Figura 2).

**Figura 2.** Vista aérea da região de estudo com os tratamentos demarcados.



Fonte: Google Earth

Floresta madura: Área de floresta em estágio avançado de regeneração com cerca de 100 anos de idade, com cerca 1,5 ha. Alta diversidade de espécies e extrato arbóreo denso, perceptível presença de fauna no local. As principais espécies encontradas são *Euterpe edulis* (Palmeira-jussara), *Hieronyma alchorneoides* (Licurana) e *Miconia cinnamomifolia* (Jacatirão), e com esparsos indivíduos de *Mimosa scabrella* (Bracatinga) e *Cecropia pachystachya* (Embaúva). Segundo os agricultores, nunca houve a prática da roça de toco no local.

Pousio 15 anos: Esta área consiste em uma área de floresta secundária de aproximadamente 1,0 ha, que se encontra em pousio há cerca de 15 anos. A área apresenta indivíduos arbóreos maduros com destaque para *Miconia cinnamomifolia* (Jacatirão), *Myrsine coriacea* (Capororoca), *Pera glabrata* (Seca-ligeiro) e *Baccharis elaeagnoides* (Vassourão). Apenas uma roça foi feita no local, ou seja, ocorreu a derrubada da floresta, a queima e o plantio de aipim por dois anos. Para o plantio do aipim, foram feitas covas e as ramas foram colocadas e enterradas. Durante a condução, foram feitas capinas manuais com enxada e não foi feito nenhum tipo de correção do solo e, ou, adubação química ou orgânica.

Pousio 10 anos: Floresta secundária com 10 anos de idade, área com aproximadamente 1,0 ha. A área apresenta indivíduos arbóreos maduros, com diversidade de espécies semelhante ao pousio de 15 anos. Apenas uma roça foi feita no local. Após a derrubada e queima da floresta foi cultivado aipim por dois anos, permanecendo em pousio até o momento da coleta. A roça de aipim foi conduzida conforme descrito anteriormente.

Roça com cultivo de aipim de dois anos de idade: Esta área representa o marco inicial da sequência cronológica Roça de Toco, apresentando, no momento da coleta das amostras de solo, 2 anos de cultivo com aipim após a derrubada e queima da floresta. Anteriormente no local, havia uma floresta madura, que não foi manejada pelos últimos proprietários, ou seja, possuía cerca de 80 anos de idade no momento do corte/queima. Esta área possui 1,0 ha.

Cultivo de eucalipto: Área de 1,0 ha com cultivo de eucalipto com 7 anos de idade. Anteriormente ao cultivo do eucalipto, a área era composta por floresta secundária. Nesta área, nunca foi praticada a roça de toco. O subosque encontra-se recoberto por vegetação espontânea, com destaque para a família das gramíneas, tais como o colônio (*Panicum maximum*) e a grama-batatais (*Paspalum notatum*).

Sistema agroflorestal (SAF): Sistema agroflorestal com 3 anos de idade e 0,7 ha, onde predomina a produção de banana consorciada com a floresta. Anteriormente a área era composta por floresta secundária. A vegetação que se desenvolve juntamente com o bananal possui 1,5 m de altura e possui a *Baccharis dracunculifolia* (Vassoura) e a *Tibouchina heteromalla* (Orelha-de-onça), como espécies mais abundantes. Nesta área, nunca foi praticada a roça de toco. O solo encontra-se recoberto por vegetação espontânea, com destaque para a família das gramíneas, tais como o colônio (*Panicum maximum*) e a grama-batatais (*Paspalum notatum*).

### **4.3 Amostragem do solo**

Para a coleta das amostras de solo, que foi realizada em fevereiro de 2016, foram abertas cinco mini-trincheiras (40 x 40 x 40 cm) em cada um dos seis tratamentos (Figura 2). O local de abertura das mini-trincheiras foi escolhido cuidadosamente, sendo padronizado o relevo, que varia de ondulado a forte ondulado, pois a classe de solo é a mesma (Cambissolo Háplico), a fim de se evitar interferências dessas variáveis nos resultados das análises. Foram coletadas amostras indeformadas (torrões) em três



profundidades: 0–5; 5–10 e 10-20 cm. Em cada área (tratamento) foram coletadas três amostras indeformadas simples para formar uma composta, com quatro repetições por tratamento. As amostras foram identificadas e acondicionadas em sacos plásticos e, em seguida, transportadas para o laboratório, onde foram secas à sombra e peneiradas em um conjunto de peneiras de malha de 8,0 e 4,0 mm, para obtenção dos agregados, conforme Embrapa (2011), para posterior avaliação da estabilidade dos agregados. Nas mesmas profundidades também foram coletadas amostras deformadas para se avaliar a fertilidade do solo e as frações da MOS. Também foram coletadas outras amostras indeformadas, no sentido horizontal, para a determinação da densidade (Ds) pelo método do anel volumétrico (Kopecky) (EMBRAPA, 2011).



## **5. ANÁLISES REALIZADAS**

### **5.1 Análises físicas**

#### **a) Análise granulométrica do solo**

Foi feita por meio da dispersão das partículas do solo com uso de NaOH, utilizando-se as amostras deformadas do solo. Foram quantificadas as proporções de areia, silte e argila, conforme EMBRAPA (2011), e determinada a classe textural do solo, conforme Santos et al. (2013).

#### **b) Densidade do solo**

Por meio da coleta das amostras indeformadas com o anel de Kopecky, que possui volume conhecido ( $50 \text{ cm}^3$ ), a  $D_s$  foi calculada pela seguinte equação:  $D_s = (g \text{ cm}^{-3}) = M_s / V_s$ ; onde  $M_s$  = massa seca do solo, em g; e  $V_s$  = volume do solo, em  $\text{cm}^3$ , conforme descrito em EMBRAPA (2011).

#### **c) Agregação do solo**

Para avaliação da distribuição dos agregados estáveis em água foi utilizado o método da EMBRAPA (2011). Foram pesadas 25 g das amostras dos agregados que ficaram retidos na peneira de 4 mm. Posteriormente, as amostras foram transferidas para um jogo de peneiras com malhas de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm, umedecidas com pulverizador manual, sendo submetido à agitação vertical no aparelho de Yoder, durante 15 min. Após o tempo determinado, o material retido em cada peneira foi retirado, separado com o auxílio de jato d'água, colocado em placas de petri, secas em estufa a  $105^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante. Após a secagem, obtém-se a massa dos agregados retida em cada peneira. Com os dados de massa seca dos agregados foi calculado o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados.

A partir dos dados de DMG, calculou-se o índice de sensibilidade (BOLINDER ET AL., 1999), utilizando-se a expressão:  $IS = DMG_t / DMG_o$ , em que IS: índice de sensibilidade;  $DMG_t$ : valor do DMG do solo em cada tratamento; e  $DMG_o$ : valor do DMG do solo na cobertura original (Floresta madura).

#### **d) Fracionamento granulométrico da MOS**

Pesaram-se 20 g das amostras deformadas de solo e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ) foram agitados durante 15 horas em agitador horizontal (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992). A seguir, a suspensão foi passada em peneira de  $53 \mu\text{m}$  com auxílio de jato de água. O material retido na peneira, que consiste no carbono e o nitrogênio particulado (COP / Np) associados à fração areia, foi seco em estufa a  $60^\circ\text{C}$ , quantificado em relação à sua massa, moído em gral de porcelana e analisado em relação ao teor de COT / NT, segundo Yeomans e Bremner (1988) e Tedesco et al. (1995), respectivamente. O material que passou pela peneira de  $53 \mu\text{m}$ , que consiste no carbono e nitrogênio associados aos minerais (COam / Nam) das frações silte e argila, foi obtido por diferença entre o COT / NT e COP / Np, respectivamente.

### **5.2 Análises químicas**

#### **a) Determinação dos teores de carbono orgânico total e nitrogênio total no solo**

O COT foi quantificado segundo protocolo descrito em Yeomans e Bremner (1988), enquanto o teor de nitrogênio total foi determinado conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

### **5.3 Análises estatísticas**

Os sistemas de uso do solo avaliados neste estudo estão sob as mesmas condições topográficas e edafoclimáticas (relevo forte ondulado, mesmo solo e textura, temperatura e precipitação pluviométrica), diferindo apenas na cobertura vegetal e uso da terra. Dessa forma, os resultados foram avaliados como um delineamento inteiramente casualizado, sendo analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Scott-knott a 5%.

Também foi realizada uma análise multivariada, por meio da análise de componentes principais (ACP) através do programa Statistica 7. A ACP

cria diferentes grupos de variáveis e analisa a correlação entre esses grupos. Essa correlação entre as variáveis forma componentes que recebem valores de acordo com a proximidade entre as variáveis em cada componente. Esta análise permite visualizar o grau de semelhança entre as áreas avaliadas e quais variáveis influenciam o padrão encontrado. Assim, desenhou-se uma elipse da área com coeficiente de segurança de 0,95. Foi utilizado apenas os dois primeiros eixos (CP1 e CP2), considerados suficientes para explicar os dados, apesar de tratar-se de um gráfico em duas dimensões (NETO & MOITA, 1998).



## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Atributos físicos do solo**

#### **6.1.1 Composição granulométrica do solo**

Em relação à composição granulométrica do solo, de acordo com Santos et al. (2013), em todos os sistemas de uso do solo avaliados a classe textural foi a mesma, sendo argiloarenosa na profundidade de 0-5 cm, e argilosa nas demais profundidades (Tabela 1).

Para a fração argila, os valores médios variaram de 352 a 439 g kg<sup>-1</sup>; para fração areia, os valores variaram de 378 a 509 g kg<sup>-1</sup>, e para o silte, de 105 a 240 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). A textura do solo é um atributo que não varia com o manejo do solo, sendo apenas influenciada pelo material de origem e o grau de intemperismo do solo (KER et al., 2012). Sendo assim, as mudanças ocasionadas nos atributos físicos e químicos do solo são decorrentes do manejo empregado e não de sua textura.

**Tabela 1.** Composição textural do solo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nos diferentes sistemas de uso do solo em Biguaçu, SC.

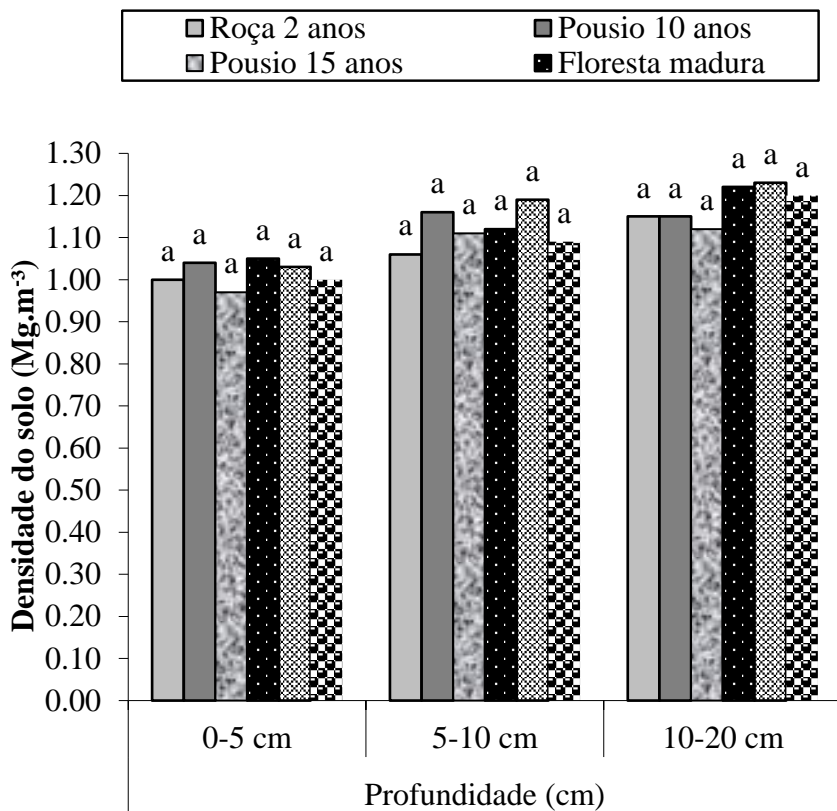
Sistemas de uso do solo	Argila	Areia	Silte	Classe textural
<b>Profundidade 0-5 cm</b>				
Floresta madura	357	488	155	Argiloarenosa
Roça 2 anos	352	505	143	
Pousio 10 anos	362	467	171	
Pousio 15 anos	396	462	142	
Eucalipto	387	509	105	
SAF	369	496	134	
<b>Profundidade 5-10 cm</b>				
Floresta madura	401	416	183	Argila
Roça 2 anos	402	358	240	
Pousio 10 anos	405	406	189	
Pousio 15 anos	409	405	186	
Eucalipto	426	431	144	
SAF	410	433	157	
<b>Profundidade 10-20 cm</b>				
Floresta madura	410	441	150	Argila
Roça 2 anos	410	378	212	
Pousio 10 anos	439	429	132	
Pousio 15 anos	425	443	132	
Eucalipto	434	441	125	
SAF	419	439	142	

### 6.1.2 Densidade do solo

Para a densidade do solo (Ds) não foram encontradas diferenças entre os sistemas de uso do solo em nenhuma das profundidades avaliadas. Os valores de Ds variaram de 0,97 a 1,23  $\text{Mg m}^{-3}$  (Figura 3).



**Figura 3.** Valores médios de densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) encontrados nos diferentes sistemas de uso do solo em Biguaçu, SC.



\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $p < 0,05$ ).

Segundo Reichert et al. (2003), os valores críticos de  $D_s$  para restringir o desenvolvimento radicular das plantas em solos que possuem textura argilosa (teores de argila variando de 350 a 600  $\text{g kg}^{-1}$ , Tabela 1), estão entre 1,30 e 1,40  $\text{Mg m}^{-3}$ . Portanto, em todos os sistemas de uso do solo avaliados, os valores encontrados indicam que o sistema roça de toco, assim como o uso do solo com eucalipto e SAF, não estão ocasionando aumento dos valores de

Ds em relação a área referência (floresta madura).

A Ds está intimamente relacionada à compactação do solo. Um solo não e, ou, muito pouco compactado, conseqüentemente, apresentará baixos valores de Ds. Portanto, por meio dos valores de Ds encontrados neste estudo, os quais são todos iguais, incluindo a área referência (floresta madura), pode-se inferir que existe relação positiva entre porosidade, infiltração de água e resistência à penetração de raízes. Dentre esses aspectos conseqüentes da baixa Ds, possibilitar boa infiltração de água está dentre as características mais importantes, pois influenciará diretamente no tamanho e continuidade dos poros e aeração, que por sua vez relaciona-se com a presença da fauna e teor de matéria orgânica do solo.

### **6.1.3 Diâmetro médio geométrico**

Em relação ao diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados, verificaram-se diferenças apenas na camada superficial do solo (0-5 cm). Dentre as áreas avaliadas, a floresta madura (Testemunha) e o pousio com 15 anos de idade apresentaram maiores valores de DMG em comparação ao pousio de 10 anos e a roça com 2 anos (Tabela 2). Estes resultados indicam que após a derrubada, queima da floresta e plantio de aipim, pode-se levar um período próximo de 15 anos para obter os mesmos níveis de agregação (DMG) que uma floresta madura.

Os valores de DMG das áreas com SAF e eucalipto não diferiram das áreas com floresta madura de pousio 15 anos. Em ambos, nunca houve a prática da roça de toco. No SAF predomina a produção de banana consorciada com floresta e gramíneas recoberto o solo. No eucalipto o solo também está recoberto por gramíneas. Em ambas as áreas o predomínio é de colônia (*Panicum maximum*) e grama-batatais (*Paspalum notatum*).

**Tabela 2.** Valores médios para diâmetro médio geométrico (DMG, mm) dos agregados do solo, nas etapas da roça de toco e demais usos do solo em Biguaçu, SC.

Sistemas de uso do solo	Profundidade (cm)		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
<b>Roça 2 anos</b>	3,512 b	3,527 a	2,666 a
<b>Pousio 10 anos</b>	3,833 b	3,202 a	3,119 a
<b>Pousio 15 anos</b>	4,393 a	4,679 a	3,646 a
<b>Floresta madura</b>	4,269 a	3,879 a	3,895 a
<b>Eucalipto</b>	4,522 a	3,957 a	3,071 a
<b>SAF</b>	4,463 a	3,945 a	3,822 a
<b>CV (%)</b>	11,6	18,5	33,4

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $p < 0,05$ ). CV = coeficiente de variação (%).

O sistema radicular das espécies de plantas da família das gramíneas apresenta-se fasciculado e é renovado constantemente, por isso são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade de agregados em comparação às espécies vegetais com sistema radicular pivotante (Nascimento et al., 2005; Coutinho et al., 2010). O consórcio de plantas que possuem diferentes sistemas radiculares (fasciculado e pivotante) proporciona um ambiente favorável à formação dos agregados do solo, com destaque para a classe dos macroagregados (LOSS et al., 2011; VEZZANI e MIELNICZUK, 2011; COSTA JUNIOR et al., 2012), que por sua vez acarreta em maiores valores de DMG.

Dessa forma, com exceção da área de roça 2 anos e pousio 10 anos para DMG em 0-5 cm, apesar dos diferentes usos e cronologias das áreas em questão, os valores encontrados de Ds e de DMG são semelhantes, indicando que o sistema roça de toco não está ocasionado problemas de ordem física. Isto provavelmente é devido ao pouco revolvimento do solo no momento do manejo, somado à presença constante de macrofauna do solo, que foi observado no momento das coletas em todas as áreas. Segundo Portugal et al. (2008), a presença de formigas, cupins, minhocas e besouros tem influência significativa na estrutura do solo e nas propriedades funcionais do solo.

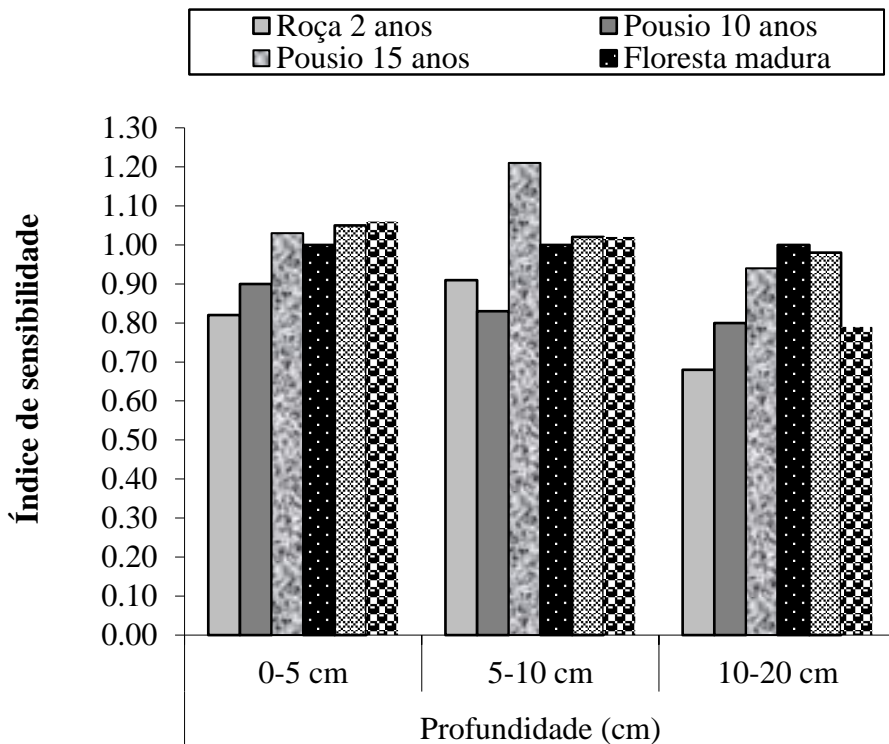
Além disso, pode-se concluir que uma floresta quando mantida em pousio durante 15 anos, apresenta-se em condição semelhante ao SAF e ao plantio de eucalipto, quando avaliadas as características físicas do solo (Ds e DMG).

#### **6.1.4 Índice de sensibilidade (IS)**

Com relação ao índice de sensibilidade para o DMG ( $IS_{DMG}$ ), verificam-se diferentes valores no sistema roça de toco (2, 10 e 15 anos), no SAF e eucalipto, daqueles observados no solo da área de floresta madura. Os valores acima da unidade (área de floresta = 1,0), encontrados nas áreas de pousio de 15 anos, SAF e eucalipto, para as profundidades de 0-5 e 5-10 cm, representam incremento na agregação, e valores menores que a unidade, representam redução na agregação (BOLINDER et al., 1999; Portugal Et Al., 2010). Este último caso ocorreu para as áreas de roça de 2 anos e pousio de 10 anos, que apresentaram  $IS_{DMG}$ , respectivamente, 18 % e 10 % (0-5 cm) e 9 % e 17% (5-10 cm), menores que a unidade.

Os menores valores de IS na roça de 2 anos e no pousio de 10 anos (Figura 4) corroboram os menores valores de DMG encontrados nestas áreas para a profundidade de 0-5 cm, assim como os valores de IS superiores a um (1,0) nas demais áreas corroboram os maiores valores de DMG (Tabela 2). Nas demais profundidades não foram observadas diferenças significativas para DMG, o que provavelmente está relacionado ao maior CV% encontrado nestas profundidades quando comparado ao CV% da profundidade de 0-5 cm (Tabela 2). Porém, quando se analisa o  $IS_{DMG}$ , ficam evidentes as diferenças entre as áreas, com destaque para o pousio de 15 anos, que em 5-10 cm apresentou um incremento de 21 % superior na agregação em relação à floresta madura.

**Figura 4.** Índice de sensibilidade para diâmetro médio geométrico ( $IS_{DMG}$ ) dos agregados do solo nos diferentes sistemas de uso do solo em relação à área de floresta.



Na profundidade de 10-20 cm, nenhuma das áreas apresentou  $IS_{DMG}$  superior a 1,0. Isto indica que o nível de agregação ainda não atingiu a situação referência, que neste caso é a área de floresta madura (Figura 4). Todavia, destaca-se que a área de SAF e pousio de 15 anos apresentam valores de  $IS_{DMG}$  bem próximos da área de floresta. A área de roça de 2 anos, nesta profundidade, apresentou uma redução de 32% em relação à área referência (floresta madura), o que indica um efeito negativo do sistema de corte e queima da floresta durante os primeiros 2 anos.

Avaliando o IS em áreas com pastagem (*Brachiaria decumbens*) e cana-de-açúcar comparadas a uma área de floresta nativa em campos dos

Goytacazes, RJ, Fontana et al. (2010) encontraram resultados semelhantes ao deste estudo. Os autores observaram menores IS na área com cana-de-açúcar e maiores na área de pastagem. E os menores valores de IS na área de cana foram atribuídos ao manejo tradicional de cultivo da região, com queima controlada da palhada para fins de limpeza da área na época do corte/colheita.

## **6.2 Atributos químicos do solo**

### **6.2.1 Teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam)**

Com relação aos resultados de COT, a floresta apresentou os maiores teores e a área de roça de 2 anos, os menores, ambos na profundidade de 0-5 cm. As demais áreas não diferiram entre si nesta profundidade. Na camada de 5-10 cm apenas as áreas de pousio de 10 anos e SAF diferiram das demais, apresentando os menores teores de COT. Para a profundidade de 10-20 cm, apenas as áreas com floresta e pousio 10 e 15 anos diferiram das demais, apresentando os maiores teores de COT (Tabela 3).

Na camada superficial (0-5 cm), os maiores teores de COT na floresta são devidos ao aporte constante de serapilheira e, também, devido à ausência de influência antrópica, pois esta área representa a condição original do solo. Padrão contrário foi verificado na área de roça de 2 anos. Os menores teores de COT nesta área são decorrentes da derrubada da floresta seguida da queima para posterior cultivo do aipim. Além da perda de COT na forma de CO<sub>2</sub> através da queima da vegetação, posteriormente durante os dois anos de cultivo do aipim, tem-se a capina manual da área, retirando-se toda a vegetação espontânea e deixando o solo descoberto. Esta prática diminui o aporte de carbono via resíduos vegetais da vegetação espontânea e também aumenta as perdas de COT via processos erosivos, pois todas as áreas deste estudo encontram-se em relevo fortemente ondulado e a precipitação na área de estudo é bem distribuída o ano todo. Os menores teores de COT na área de roça de 2 anos corroboram os menores índices de DMG (Tabela 3) e o menor valor de IS<sub>DMG</sub> (Figura 4) encontrado para esta área, pois o COT na camada superficial é o principal agente cimentante para a agregação do solo.

**Tabela 3.** Valores médios de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COp) e carbono associado à fração mineral (COam), de acordo com os diferentes sistemas de uso do solo estudados.

<b>Sistemas de uso do solo</b>							
<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Roça 2 anos</b>	<b>Pousio 10 anos</b>	<b>Pousio 15 anos</b>	<b>Floresta madura</b>	<b>SAF</b>	<b>Eucalipto</b>	<b>CV (%)</b>
<b>COT (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>0 - 5</b>	42,39 c	47,70 b	46,17 b	59,31 a	46,38 b	46,75 b	11,47
<b>5 - 10</b>	41,40 a	34,09 b	42,27 a	41,45 a	35,93 b	41,17 a	12,9
<b>10 - 20</b>	33,86 b	37,04 a	36,97 a	38,51 a	30,13 b	32,12 b	9,1
<b>COp (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>0 - 5</b>	26,55 b	21,52 b	24,27 b	33,26 a	21,85 b	25,91 b	11,68
<b>5 - 10</b>	15,86 b	21,71 a	19,90 a	21,33 a	21,11 a	22,24 a	10,16
<b>10 - 20</b>	15,23 c	17,10 c	18,93 b	23,45 a	20,16 b	19,28 b	8,45
<b>COam (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>0 - 5</b>	15,84 c	26,18 a	21,90 b	26,05 a	24,35 a	20,91 b	12,45
<b>5 - 10</b>	25,54 a	11,85 b	22,37 a	20,12 a	13,81 b	19,92 a	25,28
<b>10 - 20</b>	18,63 <sup>ns</sup>	19,94	18,04	15,06	9,97	12,84	36,64

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV=coeficiente de variação. ns=não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Avaliando a macrofauna e atributos químicos de um solo de textura franco-arenosa, em uma área de agricultura de corte e queima com um ano de idade, sob plantio de milho, Santana de Lima et al. (2010) encontraram menores valores de COT e NT (12,20 e 1,30 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente), quando comparados às áreas de SAF de 6 e 10 anos e à floresta nativa. Quanto à macrofauna, encontraram baixos índices de diversidade na época seca, porém índices mais elevados na época chuvosa, o que indica que a atividade microbiológica não foi completamente extinguida pela queima e provavelmente favorecerá na recomposição da MOS, podendo resultar em comportamento semelhante ao observado neste estudo.

Os maiores valores de COT nas áreas de pousio de 10 e 15 anos, em comparação com a área de roça de 2 anos nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm, indicam que este tempo (10 anos ou mais) possibilita melhoras na condição do solo, após os dois anos da roça de toco, através da adição de carbono ao solo via deposição de serapilheira e sistema radicular. Os teores de COT encontrados nas áreas de SAF e eucalipto (0-5 cm) foram semelhantes aos encontrados no pousio 10 e 15 anos. Isto indica que após 10 anos de pousio após a derrubada e queima da floresta, as áreas já apresentam teores de COT iguais aos de áreas com usos agrícolas e que nunca houve roça de toco e nem retirada da vegetação espontânea.

Analisando os teores de COT entre uma área de floresta, uma área de culturas anuais com queima, pousio de 3 anos e pastagem, em áreas da Amazônia brasileira, Fujisaka et al. (1998) verificaram que os teores de COT da área em pousio foram os mais próximos da floresta controle, apresentando 45% do COT, ao contrário da pastagem, que apresentou apenas 14% do COT. Já no estudo feito por meio de meta análise, Ribeiro Filho et al. (2015) selecionaram, 55 trabalhos, nacionais e internacionais, que reportam os impactos ao solo causados pela agricultura de corte e queima. E segundo os autores foi possível identificar uma diminuição significativa nos dos teores de COT e NT. Porém, os resultados observados por Ribeiro Filho et al. (2015) em relação aos parâmetros de capacidade de troca catiônica e pH, dão suporte à sua conclusão final de que um longo tempo de pousio (mais de dez anos) é capaz de manter o sistema ecologicamente eficiente.

Na profundidade de 5-10 cm, quando se compara as áreas de floresta e pousio, apenas o pousio de 15 anos equipara-se com a área de floresta para os teores de COT (Tabela 3). Isto indica que apenas 10 anos ainda pode não ser tempo suficiente para que a floresta restabeleça os teores de COT iguais aos da área referência nesta profundidade. Contudo, 15 anos de pousio, é um



tempo maior para adição de carbono via deposição de serapilheira e sistema radicular, somados ao aumento da fauna do solo e atividade biológica, as quais auxiliam na adição de carbono em profundidade, tornando possível a obtenção de maiores teores de COT, semelhantes à condição original do solo representada pela floresta.

Os teores de COT da área de roça de 2 anos foram iguais aos das áreas de eucalipto, pousio de 15 anos e floresta madura para a profundidade de 5-10 cm e também iguais as áreas de SAF e eucalipto em 10-20 cm (Tabela 3). Isto pode ser decorrente da adição de carvão oriundo da queima da vegetação, pois o carvão vegetal possui um elevado teor de carbono e baixo teor de nitrogênio, o que acarreta em uma alta relação C/N (TROMPOWISKY et al., 2005; BENITES et al. 2009) e, conseqüentemente, menor decomposição da matéria orgânica e maior acúmulo de COT. Somado a este fato, tem-se ainda que nessa camada (5-20 cm) pode ter sido menos afetada pelos efeitos do fogo, fazendo com que o solo se encontre menos prejudicado nestas profundidades (5-10 e 10-20 cm). Portanto, em profundidade conservou-se os teores de COT acumulado durante os anos de floresta (80 anos) que precederam o corte e queima, uma vez que os efeitos do fogo são mais pronunciados nos dois primeiros centímetros do solo (DOS et al., 2003).

A área com eucalipto apresentou maiores teores de COT que o SAF e não diferiu das áreas com floresta e pousio de 15 anos na profundidade de 5-10 cm (Tabela 3). Em relação ao SAF, os maiores teores de COT no eucalipto podem ser decorrentes do maior tempo de uso (7 anos) somados a deposição de uma serapilheira mais lignificada, que acarreta em menor decomposição do COT.

Na profundidade de 10-20 cm tem-se um efeito do uso do solo mais pronunciado, pois as áreas de roça de 2 anos, SAF e eucalipto, que já foram floresta no passado, ainda não recuperam os teores de COT semelhantes aos da floresta madura, o que já é possível evidenciar nas áreas de pousio com 10 e 15 anos de idade (Tabela 3).

Em pesquisa realizada em cinco áreas com idades diferentes (área em cultivo de 2 anos, monocultura de cacau, pousios de 4, 9 e 17 anos) de agricultura de corte e queima e comparadas a floresta madura, na região de Camarões, África, Kotto-Same et al. (1997), encontraram menores valores de COT nas áreas em questão com relação à área de floresta madura. Apesar disso, os autores identificaram que o pousio após a roça de toco é capaz de re-acumular cerca de  $9,4 \text{ t ano}^{-1}$  de carbono, o que indica que a produtividade do solo não está sendo perdida, atribuindo às causas dos baixos resultados à

progressiva diminuição do tempo de pousio e sucessivas queimadas no mesmo local, consequências decorrentes das pressões de mercado e baixas disponibilidade de terras, e não à dinâmica do sistema propriamente dita.

Em Madagascar, África, Styger et al. (2006) avaliaram através de pesquisa participativa com os agricultores locais, como a agricultura de corte e queima afeta a sucessão vegetal e como o pousio afeta a produtividade agrícola. Como resultado, os autores atribuíram também aos sucessivos ciclos no mesmo local e a diminuição do tempo de pousio como causas da diminuição da diversidade florística, seleção de espécies exóticas causada pelo uso do fogo e diminuição da produtividade agrícola dos solos. Os mesmos autores atentam para a falta de estudos que relacionam a capacidade de regeneração de um período de pousio com o número de ciclos de corte e queima que ocorreram no local. Segundo eles, isso explicaria diversos resultados negativos sobre a qualidade do solo no sistema roça de toco.

Através de revisão sobre os impactos da agricultura de corte e queima em regiões tropicais da Ásia, Bech Bruun et al. (2009) concluíram que os estoques de COT do solo reduzem cerca de 90% quando o pousio é drasticamente reduzido para 4 anos de idade e uma redução de 60% neste estoque quando existe a conversão para monoculturas, sendo neste caso específico, a monocultura da palma (*Elaeis guineenses*).

Os teores de COP estão diretamente relacionados com o aporte de resíduos vegetais ao solo, por isso a área referência (floresta), que apresenta deposição constante de serapilheira ao solo, apresentou os melhores resultados nas profundidades de 0 a 5 e 10 a 20 cm, corroborando com os maiores teores de COT na camada superficial (Tabela 3). Ainda na profundidade de 0 a 5 cm, não foram verificadas diferenças estatísticas entre as demais áreas, porém nota-se um aumento de aproximadamente 13% do COP entre o pousio de 10 anos e o de 15 anos.

Na camada de 5 a 10 cm, a área de roça de 2 anos apresentou os menores teores de COP, assim como na camada de 10 a 20 cm, exceto para pousio de 10 anos que não diferiu da roça de 2 anos (Tabela 3). Esses valores são devidos a queima da vegetação, que elimina grande parte dos resíduos vegetais e serapilheira da floresta (restos vegetais em diferentes estádios de decomposição) que estão associados a fração do COP.

Diferindo do observado para o COT na profundidade de 10-20 cm, a área de pousio de 15 anos apresentou maiores teores de COP em comparação ao pousio de 10 anos, o que pode estar associado ao maior tempo de pousio, favorecendo o aumento na deposição de resíduos vegetais ao solo (parte aérea

e radicular) que irão acarretar no aumento do COp, assim como favorece o aumento da atividade biológica, que por sua vez auxilia no aumento de resíduos vegetais para formar o COp.

Os teores de COp para as áreas de SAF e eucalipto não diferiram entre si em nenhuma das profundidades avaliadas, assim como verificado para o COT nas camadas de 0-5 e 10-20 cm (Tabela 3). Isto indica que mesmo com diferentes idades (3 anos do SAF e 7 anos para eucalipto), a deposição de material vegetal é semelhante nestas áreas, principalmente devido a cobertura do solo com gramíneas, que adiciona carbono na superfície via deposição de massa seca e também em profundidade via sistema radicular (rizodeposição).

Para o carbono orgânico associado aos minerais (COam), na profundidade de 0-5 cm, verificaram-se maiores teores nas áreas de SAF, pousio de 10 anos e floresta madura, e menores teores na área de roça de 2 anos. Na profundidade de 5-10 cm, apenas as áreas de pousio de 10 anos e SAF diferiram das demais, apresentando os menores teores de COam. Na profundidade de 10-20 cm não foram verificadas diferenças entre as áreas ( $p>0,05$ ) (Tabela 3).

Cambardella e Elliott (1992) destacam que o COam é a fração mais estável da MOS, composta principalmente por substâncias húmicas com forte interação com as frações silte e argila e exercem papel significativo na estabilização dos microagregados do solo. Na área de floresta, os maiores teores de COam (0-5 cm) estão relacionados aos maiores teores de COT, pois parte significativa dos estoques de COT são constituídos pelo COam. Para as áreas de pousio 10 anos e SAF, os maiores valores de COam podem ser devidos a maior decomposição do COp, pois segundo Figueiredo et al. (2010), existe uma correlação negativa entre COp e COam, ou seja, para que se tenha maiores teores de COam deve-se ter maior decomposição dos teores de COp para posterior associação com os minerais de argila no solo. Os teores de COp nas áreas de pousio 10 anos e SAF foram 21,52 e 21,85 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, não diferindo estatisticamente das áreas de pousio de 15 anos (24,27 g kg<sup>-1</sup>), eucalipto (25,91 g kg<sup>-1</sup>) e roça de 2 anos (26,55 g kg<sup>-1</sup>). Porém, é possível evidenciar uma redução nos valores de COp das áreas de SAF e pousio de 10 anos, e isto pode ter acarretado nos maiores valores de COam nestas áreas. Este padrão é mais evidente na área com roça 2 anos, que apresentou maiores valores de COam (5-10 cm) em comparação ao pousio de 10 anos e SAF, já que a área de roça de 2 anos foi a que apresentou os menores valores de COp na profundidade de 5-10 cm (Tabela 3).

Comparando-se os teores de COP e COam entre as áreas de pousio com as áreas de SAF e eucalipto, verifica-se que para o COP todos são iguais nas três profundidades avaliadas, exceto para o pousio 10 anos na profundidade de 10-20 cm, que foi menor. Para o COam também observa-se padrão semelhante ao COP, com teores iguais ou maiores entre as áreas de pousio com o SAF e eucalipto, destacando-se o pousio 15 anos que apresentou teores de COam iguais ao eucalipto, porém menores que o SAF em 0-5 cm, e maiores que o SAF e iguais ao eucalipto para 10-20 cm. Além disso, os teores de COP e COam no pousio 15 anos são maiores que na roça 2 anos, sendo para COP nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, e para o COam maiores em 0-5 cm e iguais em 5-10 cm (Tabela 3). Estes resultados indicam que o período de pousio por 15 anos é suficiente para que a vegetação da floresta secundária acarrete no aumento do COP e COam, por meio do aporte de resíduos vegetais e atividade biológica, assim como também permite restabelecer os teores de COP e COam semelhante aos de áreas nunca manejadas com roça de toco (SAF e eucalipto).

#### **6.2.2 Teores de nitrogênio total (NT), nitrogênio particulado (Np) e nitrogênio associado aos minerais (Nam)**

Os maiores valores de NT, na profundidade de 0-5 cm, foram encontrados nas áreas de floresta, pousio de 15 anos, e na área de roça de 2 anos. Nas demais profundidades, os teores de NT não diferiram entre as áreas avaliadas (Tabela 4).

Os maiores teores de NT nas áreas de floresta e pousio 15 anos estão associados ao aporte constante de serapilheira, associado ao maior tempo de existência destas áreas e a presença de leguminosas, como a *Mimosa scabrella* (Bracatinga). As leguminosas são conhecidas por serem plantas fixadoras de nitrogênio, possuem bactérias em associação com suas raízes que tem a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico e incorporá-lo ao solo.

Na área de roça de 2 anos, os valores de NT iguais aos da floresta madura e do pousio com 15 anos podem ser devidos ao uso da queimada. Alguns autores relataram que os conteúdos de NT do solo aumentaram em função da queima, a curto prazo (CHRISTENSEN, 1987; BAUHUS et al., 1993; DUMONTET et al., 1996). E esse aumento foi explicado como enriquecimento do solo pelas cinzas depositadas, que representam um reservatório de nutrientes minerais (CHRISTENSEN, 1987). Ojima et al.

(1994) consideram que uma das respostas mais imediatas ao uso do fogo, a curto prazo, é o aumento no conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana.

**Tabela 4.** Valores médios de nitrogênio total (NT), nitrogênio particulado (Np) e nitrogênio associado à fração mineral (Nam), de acordo com os diferentes sistemas de uso do solo estudados.

Profundi- -dade (cm)	Sistemas de uso do solo						
	Roça 2 anos	Pousio 10 anos	Pousio 15 anos	Floresta madura	SAF	Euca- lipto	CV (%)
<b>NT (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>0-5</b>	1,92 a	1,62 b	2,25a	2,10 a	1,59 b	1,44 b	20,07
<b>5-10</b>	1,54 a	1,47 a	1,70 a	1,47 a	1,19 a	1,18 a	18,07
<b>10-20</b>	1,20 a	0,93 a	1,00 a	1,20 a	0,95 a	1,18 <sub>a</sub>	17,35
<b>Np (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>0-5</b>	0,47 a	0,16 b	0,33 a	0,37 a	0,20 b	0,17 b	32,39
<b>5-10</b>	0,11 <sup>ns</sup>	0,07	0,14	0,13	0,13	0,05	48,64
<b>10-20</b>	0,06 <sup>ns</sup>	0,06	0,06	0,06	0,04	0,07	53,61
<b>Nam (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>0-5</b>	1,46 b	1,45 b	1,80 a	1,73 a	1,39 b	1,26 b	24,32
<b>5-10</b>	1,44 a	1,40 a	1,45 a	1,34 a	1,06 b	1,12 b	12,22
<b>10-20</b>	1,09 a	0,87 b	1,19 a	1,14 a	0,90 b	1,10 a	17,00

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV=coeficiente de variação. ns=não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

.Na região do local de coleta, a bracatinga foi introduzida há décadas atrás, com a finalidade de enriquecimento, e atualmente ocorre espontaneamente em grande quantidade e em praticamente todas as áreas desse estudo. Alguns autores atribuem ao sucesso dessa espécie no local ao fato do fogo, usado no ciclo da agricultura de corte e queima, atuar na quebra da dormência de suas sementes (CARPANEZZI, 1988).

Comparando-se as áreas de roça de toco, por meio dos resultados obtidos para NT na profundidade de 0-5 cm, é possível inferir que após 10 anos de pousio tem-se um decréscimo de 15,6% dos teores de NT em relação ao sistema roça de toco com 2 anos e que após 15 anos de pousio, os teores de NT aumentaram 39% em relação ao pousio 10 anos e 17% em relação ao sistema roça de toco com 2 anos (Tabela 4). Altos teores de nitrogênio diminuem a relação C/N, resultando em maior taxa de decomposição e, conseqüentemente, maior é a mineralização. Provavelmente a redução dos teores de NT na área de pousio 10 anos sejam consequência da alta taxa de mineralização, influenciada pelo fogo, que ocorreu nos primeiros anos de plantio de aipim, ocasionando maiores perdas de nitrogênio nas formas de nitrato e amônio.

As áreas de SAF e eucalipto apresentaram valores de NT iguais aos da área de pousio 10 anos e menores que a área de pousio de 15 anos na profundidade de 0-5 cm (Tabela 4). Isto indica que um período de 15 anos de pousio favorece o aumento dos teores de NT em relação ao SAF e o eucalipto, o que provavelmente foi devido ao aporte de serapilheira associado com aumento da atividade biológica na área de pousio por 15 anos.

Para o nitrogênio particulado (N<sub>p</sub>) verificam-se diferenças na profundidade de 0-5 cm, sendo os maiores teores encontrados na área de roça 2 anos, pousio 15 anos e floresta madura, e os menores teores de N<sub>p</sub> foram encontrados no pousio 10 anos, SAF e eucalipto (Tabela 4), assim como no NT. Os maiores teores de N<sub>p</sub> na área de roça 2 anos podem ter sido causados pela recolonização microbiana no solo após a queima, provavelmente devido à incorporação de material facilmente biodegradável (ALMENDROS et al., 1990).

Em relação à cronosequência da roça de toco, na profundidade de 0-5 cm, o N<sub>p</sub> apresenta-se maior na roça de 2 anos, diminui 34% no pousio de 10 anos e aumenta 106% do pousio de 10 anos para o de 15 anos. Este padrão de redução e aumentos também ocorreu na profundidade de 5-10 cm (Tabela 4).

Com relação ao SAF e ao eucalipto, o padrão apresentado para os teores de N<sub>p</sub> foi o mesmo que ocorreu para o NT, ou seja, não foram verificadas diferenças entre o SAF e o eucalipto, porém os teores foram menores em relação ao pousio 15 anos e iguais ao pousio 10 anos.

Ojima et al. (1993) avaliaram o efeito à curto (2 anos) e longo prazo (50 anos) da queima nos teores de NT e observaram que, nos primeiros anos, os níveis de NT disponíveis no solo aumentam abruptamente, porém após

anos de sucessivas queimas, os valores diminuíram significativamente, desfavorecendo a produtividade do solo. Bauhus et al. (1993) encontraram resultados semelhantes a curto prazo, porém detectaram diminuição das taxas de N em 72%, depois de 5 meses após a queima.

Para o nitrogênio associado a fração mineral (Nam), na profundidade de 0-5 cm, os maiores teores encontram-se na floresta e pousio de 15 anos, corroborando com os maiores teores de NT nessas áreas. Na profundidade de 5-10 cm, o Nam não diferiu estatisticamente dentre as fases do sistema de agricultura de corte e queima e a floresta, sendo os menores valores encontrados nas áreas com eucalipto e SAF. Na profundidade de 10-20 cm, as áreas de pousio 10 anos e SAF apresentaram os menores valores de Nam (Tabela 4).

Em relação a cronossequência na roça de toco, observa-se na profundidade de 0-5 cm, que o pousio 15 anos é maior que a roça de 2 anos e pousio 10 anos. Para 5-10 cm, não há diferenças entre a cronossequência e apenas para 10-20 cm, o pousio 10 anos foi menor que a roça de 2 anos. Estes resultados sugerem que com o aumento do tempo de pousio provavelmente aumenta a atividade biológica, que por sua vez atua na transformação do Np para posterior incorporação na fração argila, aumentando os teores de Nam.

Segundo Figueiredo et al. (2010), assim como existe uma correlação negativa entre COp e COam, também ocorre para Np e Nam. Possivelmente, os maiores teores de Nam no pousio 15 anos, na profundidade de 0-5 cm, são devidos à maior decomposição dos teores de Np para posterior associação com os minerais de argila no solo, e assim apresentar-se numa forma mais estável e humificada, a exemplo do COam e Nam.

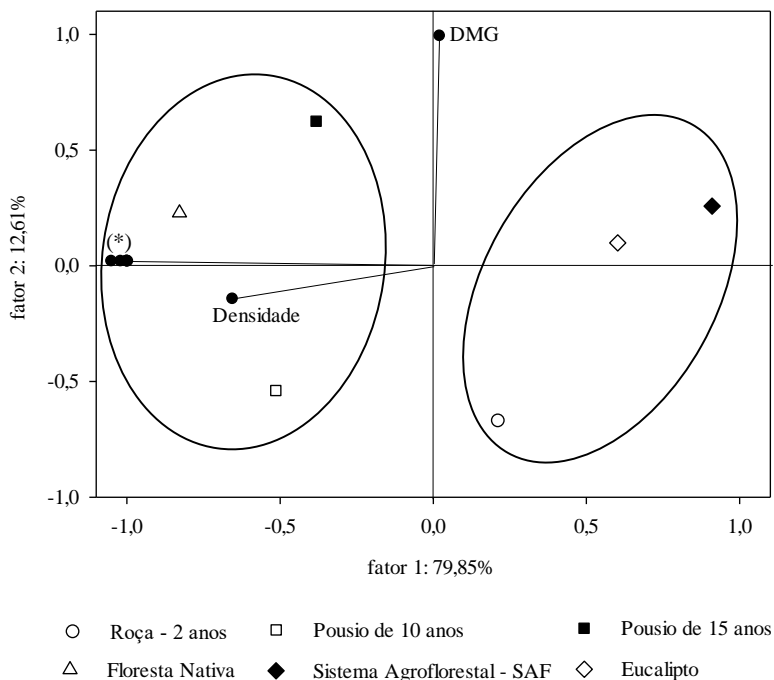
Assim como ocorreu para o COp e COam, para o Np e Nam também se verificaram maiores teores no pousio 15 anos em relação a área de SAF e eucalipto, exceto para o Nam em 10-20 cm, que não diferiu da área com eucalipto (Tabela 4). Estes resultados indicam que o período de pousio por 15 anos é suficiente para que a vegetação da floresta secundária restabelecer os teores de Np e Nam semelhantes aos de áreas nunca manejadas com roça de toco (SAF e eucalipto).

### **6.3 Análise de componentes principais (ACP)**

Por meio da análise de componentes principais (ACP) verificou-se que a distribuição das variáveis selecionadas apresentou variância acumulada de 92,46% para os fatores F1 e F2, sendo que o F1 foi capaz de explicar

79,85% e o F2, 12,61% dessa variância (Figura 5). Com relação ao diagrama de ordenação (Figura 5) e ao dendograma de agrupamento (Figura 6), percebe-se a formação de dois grupos distintos, o primeiro formado pelas áreas de Floresta, pousio de 15 e 10 anos. E o segundo grupo é formado pelas áreas de eucalipto, SAF pela área de roça de toco 2 anos.

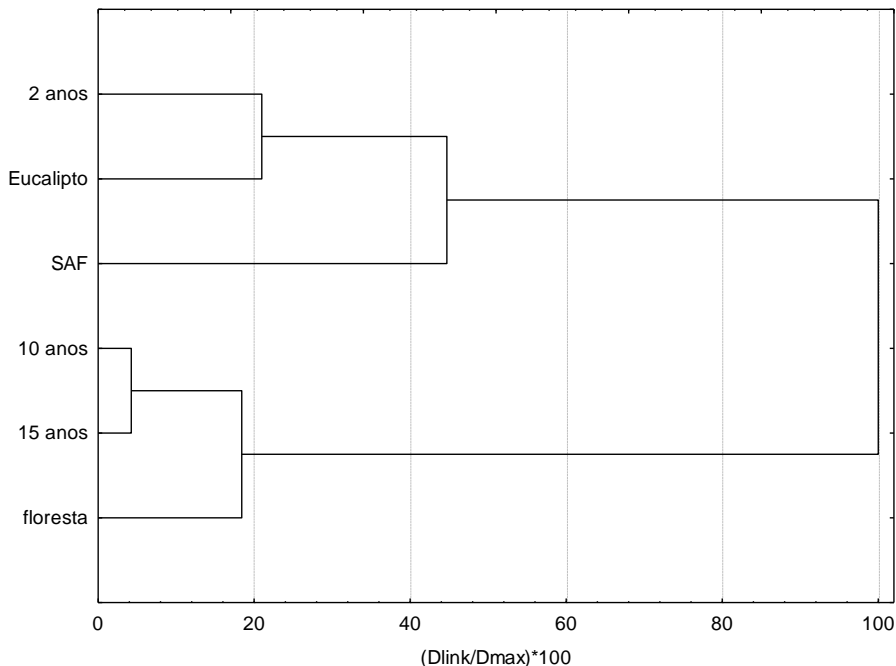
**Figura 5.** Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais dos dados coletados.



\*\*DMG: diâmetro médio geométrico, \*Carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, carbono orgânico associado aos minerais, nitrogênio total, nitrogênio particulado e nitrogênio associado aos minerais.



**Figura 6.** Dendrograma produzido de acordo com os diferentes sistemas de uso do solo estudados.



O padrão de agrupamento apresentado (Figuras 5 e 6) indica que as áreas de pousio de 10 e 15 anos possuem atributos químicos e físicos do solo mais próximos aos da área controle (floresta nativa) quando comparado com as demais áreas avaliadas. As variáveis que condicionaram este agrupamento foram o COT, COp, COam, NT, Np, Nam e a densidade do solo. Estes atributos químicos e físicos que agruparam as áreas de floresta e pousio estão em oposição às áreas de roça 2 anos, SAF e eucalipto (Figura 5). Isto indica que nas áreas de floresta nativa, pousio 15 e 10 anos tem-se maiores valores de carbono e nitrogênio, assim como menores de densidade do solo. Este padrão é corroborado com os dados apresentados na análise univariada, com ênfase para os valores de COT e COam (Tabela 3) e NT e Nam (Tabela 4), que foram semelhantes entre as áreas de floresta nativa e pousio 15 anos em comparação às demais áreas avaliadas. Para o atributo DMG verificou-se um comportamento intermediário entre os grupos formados, pois este atributo

posicionou-se entre os dois grupos formados, não se revelando como um atributo preponderante para a separação dos grupos formados. Este resultado pode ser devido à similaridade dos valores de DMG entre as áreas avaliadas, pois nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, não foram verificadas diferenças entre as áreas avaliadas (Tabela 2). Todavia, convém destacar que o DMG está em oposição ao sistema roça de toco 2 anos (Figura 5), o que pode ser devido ao menor índice de sensibilidade apresentado para o DMG nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm em comparação às demais áreas avaliadas (Figura 4).

Comparando-se a disposição das áreas avaliadas na Figura 5, é possível observar que o pousio 15 anos está em oposição à roça de toco 2 anos e é a área que mais se aproxima da área de floresta nativa. Este resultado corrobora com as demais análises univariada, de que o período de pousio de 15 anos é suficiente para permitir a recuperação dos atributos químicos e físicos do solo avaliados neste estudo, onde houve roça de toco anteriormente.

## 7. CONCLUSÕES

Em relação aos atributos físicos do solo, o sistema roça de toco não altera os valores de densidade do solo em comparação à floresta madura, ao SAF e ao eucalipto. Porém diminui os valores de agregação (DMG) na camada superficial do solo (0-5 cm) durante o período de roça 2 anos em relação a floresta madura, ao SAF e ao eucalipto. O pousio por 15 anos, entretanto, restabelece os valores de DMG iguais aos encontrados na floresta madura, assim como no SAF e eucalipto. O índice de sensibilidade para o DMG ( $IS_{DMG}$ ) demonstra claramente a melhoria da agregação para o pousio de 15 anos em relação à roça de 2 anos e pousio 10 anos em todas as profundidades avaliadas.

Para os atributos químicos, os teores de COT diminuem no sistema roça de 2 anos e aumentam a partir dos 10 anos de pousio para as profundidades de 0-5 e 10-20 cm, sendo semelhantes aos valores encontrados na floresta madura, SAF e eucalipto. Para o COP e COam, o pousio 15 anos aumenta os valores desses atributos em relação a roça de 2 anos e restabelece os teores semelhantes aos encontrados nos sistemas com eucalipto e SAF.

Os teores de NT, Np e Nam, de maneira geral, diminuem nos anos subsequentes à queima, mas voltam a aumentar aos 15 anos de pousio, assemelhando-se aos valores da floresta madura e maiores que o SAF e eucalipto.

A análise de componentes principais permitiu a separação do sistema roça de toco 2 anos das áreas em pousio de 10 e 15 anos, com posterior agrupamento da área de floresta nativa com as áreas de pousio.



## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com o presente estudo, pode-se inferir que o pousio da roça de toco, quando mantido por 15 anos ou mais, após um ciclo de cultivo da área, é capaz de restabelecer as condições originais do solo.

Ainda são necessários mais estudos sobre esse sistema de cultivo, principalmente aqueles com menos tempo de pousio e mais ciclos sucessivos na mesma área para poder inferir qual é o limite suportado pelas condições edafoclimáticas do bioma mata atlântica para esta situação, de preferência, sempre os comparando a diferentes usos do solo, além de uma floresta madura.

Apesar de não ser o objetivo primeiro deste trabalho, seu resultado abre espaço para reflexões acerca das consequências da legislação atual sobre a supressão da vegetação em estágio inicial de desenvolvimento e o tempo de pousio preconizado na legislação florestal. Possibilidades de encaminhamento da questão incluem a criação de uma legislação específica para a roça de toco, através de seu reconhecimento como atividade tradicional. Também poderia haver incentivo para investigação de outras formas de se praticar a roça, como por exemplo, exercê-la sem a queima.

Melhorias nesse sistema de uso da terra e amparo legal aos agricultores pode aumentar a contribuição da roça de toco para a produção de serviços ecossistêmicos, incluindo a conservação da biodiversidade e da água.



## 9. REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 179–1989, 2000.
- ABOIM, M.; COUTINHO, H. L. C.; PEIXOTO, R. S.; BARBOSA, J. C.; ROSADO, A. S. Soil bacterial community structure and soil quality in a slash-and-burn cultivation system in Southeastern Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 38, n. 2, p. 100-108, 2008.
- ADAMS, C. Caiçaras na Mata Atlântica: pesquisa científica versus planejamento e gestão ambiental. São Paulo: **Amablume/FAPESP**, 2000. 337p
- ADAMS C., CHAMLIAN M. L., VAN VLIET N., ANN P. B., FUTEMMA, N. N., C, et. al. Diversifying Incomes and Losing Landscape Complexity in Quilombola Shifting Cultivation Communities of the Atlantic Rainforest (Brazil). **Human Ecology**, vol: 41, 119-137p, 2013.
- ADDISCOTT, T.M. Entropy and sustainability. *Eur. J. Soil Science*, v.46, p.161-168, 1995.
- ALMENDROS, G.; GONZALEZVILA, F. J.; MARTIN, F. Fire-induced transformation of soil organic-matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances. **Soil Science**, v. 149, n. 3, p. 158-168, 1990.
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. Agroecologia: teoria práctica para uma agricultura sustentable. México DF: PNUMA, 2000. Cap. 2, 4, p. (Série Textos Básicos para La Formación Ambiental).
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. **CAB International**. 171p. 1989.

BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, v. 31, n. 07/08, p. 697-710, 2000.

BAUHUS, J.; KHANNA, P. K.; RAISON, R. J. The effect of fire on carbon and nitrogen mineralization and nitrification in an Australian forest soils. **Australian Journal of Soil Research**, v. 31, p. 621-639, 1993.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.677-683, 2004.

BLAIR, G. J. et al. Soil carbon changes resulting from trash management at two locations in Queensland, Australia and in Nort-east Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 6, n. 4, p. 873-882, 1998.

BENITES, V. M.; TEIXEIRA, Wenceslau Gerales; PIMENTA, Alexandre dos Santos ; RESENDE, M. E.. Utilização de Carvão e Subprodutos da Carbonização Vegetal na Agricultura: Aprendendo com as Terras Pretas de Índio. In: Wenceslau Gerales Teixeira; Dirse Clara Kern; Beata Eموke Madari; Hedinaldo Narciso Lima; Willlian Woods. (Org.). As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas. Manaus: Embrapa Amazonia Ocidental, 2009, v., p. -.285-296

BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. The response of soil quality indicators to conservation management. **Canadian Journal of Soil Science**, v.79, n.1, p.37-45, 1999.

BRUUN, T. B., A. de Neergaard, D. Lawrence, and A. D. Ziegler. Environmental consequences of the demise in swidden agriculture in Southeast Asia: soil nutrients and carbon stocks. **Human Ecology** v. 37, p. 375–388, 2009.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 56, n. 2, p. 777-783, 1992.



CARPANEZZI, A. A. Manual técnico da Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). EMBRAPA CNPF, Curitiba, 1988. 70p.

CHRISTENSEN, N. L. The biogeochemical consequences of the fire and their effects on the vegetation of the coastal plain of the southeastern United States. In: TRABAUD, L. (Ed.). **The role of fire in ecological systems**. The Hague: SPB Academic Press, 1987. p. 1-21

CHRISTENSEN, B.T. Structure and organic matter storage in agricultural soils. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. (Ed.). Structure and organic matter storage in agricultural soils. Boca Raton: CRC, 1996. p.97-165.

COMIN, J. J.; LOSS, A.; BASSO, A. B.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. DE P.; OLIVEIRA, R. A. DE.; LIMA, J. W. C. Carbono orgânico e índices de agregação do solo em sistema plantio direto agroecológico da cebola. **FERTBIO, 2014. Araxá. Fertilidade e biologia do solo: integração e tecnologia para todos**. 2014.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

COSTA E SILVA, L.; SILVA, R. O.; TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C. & BISSANI, C.A. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p., 1995.

DAVIDSON, E.A., de Abreusa, T.D., Carvalho, C.J.R., Figueiredo, R.D.O., Kato, M.D.A., Kato, O.R., Ishida, F.Y. An integrated greenhouse gas assessment of an alternative to slash-and-burn agriculture in eastern Amazonia. **Glob. Change Biol.** V.14, p.998–1007, 2008.

DEAN, W. A ferro e fogo: A história e a devastação da mata atlântica brasileira. **São Paulo: Companhia das Letras**, 1996.

DIAS, E. C. Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.18, p.269-277, 2002.

DORAN, J. W., PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In Doran, J. W., Coleman, D. C., Bezdicek, D. F., and Steward, B. A. (eds.), *Defining Soil Quality for Sustainable Environment*. **Soil Science of America**, v. 35 p. 3–21, 1994.

DUMONTET, S.; DINEL, H.; SCOPA, A.; MAZZATURA, A.; SARACINO, A. Post-fire soil microbial biomass and nutrient content of a pine forest soil from a dunal Mediterranean environment. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 28, n. 10/11, p. 1467-1475, 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de Métodos de Análises de Solo, 2ª Ed.**, Rio de Janeiro, 1997, 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de Métodos de análises de solos**. p. 230, 2011.

FANTINI, A. F.; ULLER-GOMEZ, C.; GARTNER, C.; VICENTE, N.R.; SCHELINDWEIN, S.L.; BAUER, E.; MENEZES, G.T.C. Produção de carvão e de saberes na agricultura familiar de SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 23, p. 13-15, 2010.

FAO. Manejo e Conservação das florestas densas na América Tropical. **Estudos FAO - Florestas**, n101. 130p. 1994.

FONTANA, A.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BRITO, R. J.; BENITES, V. M.. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. *Acta Scientiarum*. **Agronomy**, v. 33, p. 545-550, 2011.

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

FUJISAKA, S.; CASTILLA, C.; ESCOBAR, G.; RODRIGUES, V.; VENEKLASS, E. J.; THOMAS, R.; FISHER, M. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and

plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 69, 1998, p. 17 – 26.

GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J.; Meyer, J. H. Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burn and trash retention on a long term-sugarcane experiment in South Africa. **European Journal of Soil Science**, v. 53, p. 589 – 598, 2002.

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O.; CLARKE, P. Soil structure and carbon cycling. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.32, p.1043-1068, 1994.

HE, Y.T; ZHANG, W.J.; XU, M.G.; TONG, X.G.; SUN, F.X.; WANG, J.Z.; HUANG, S.M.; ZHU, P.; HE, X.H. Long-term combined chemical and manure fertilizations increase soil organic carbon and total nitrogen in aggregate fractions at three typical cropland soils in China. **Science of the Total Environment**, 532:635–644, 2015

IBGE - **Produção agrícola municipal 2012**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Acesso em 17 de Setembro de 2015.

IBGE - **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: < <http://cod.ibge.gov.br/1VFH>>. Acesso em 17 de Setembro de 2015.

IBGE – **Histórico Cidades. 2013**. Santa Catarina-Biguaçu: Inphographics. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/2621A>> Acesso em 17 de Setembro de 2015

IBGE - **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

International fund for agricultural development (IFAD); International development research centre (IDRC); Cornell international institute for food, agriculture and development (CIIFAD); International centre for research in agroforestry (ICRAF); International institute for rural reconstruction (IIRR). Shifting cultivation: towards sustainability and resource conservation in Asia. Silang/Cavite/Philippines: International Institute of Rural Reconstruction, 2001.

KANG, B.T. Alley cropping: past achievements and future directions. **Agroforestry Systems**, v. 23, p. 141–155, 1993.

KLEIN, R.M. A Física do Solo. 3. ed. **Passo Fundo: UPF Editora**, 263p., 2014.

KLEIN, R.M. Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, Itajaí, 31, 1979.

KLEIN, R.M.; PASTORE, U.; COURA NETO, A. B. Vegetação. In: **Atlas de Santa Catarina**. Santa Catarina. Florianópolis: Gabinete do planejamento e Coordenação Geral de Santa Catarina, 1986, p.35-36.

KOTTO-SAME, Jean *et al.* Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. **Ecosystems and Environment**, v. 65, n. 65, p. 245–256, 1997.

KER, J. C.; CURTI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R., TORRADO. P.V. Pedologia: fundamentos. 1ed. Viçosa: SBCS, v.1, 343p. 2012.

LEPSCH, I. F. 1 ed. 19 Lições de Pedologia. **Ed. Oficina de Textos**, 2011, 456p.

LESSA, A. S. N.; ANDERSON, D. W.; MOIR, J. O. Fine root mineralization, soil organic matter and exchangeable cation dynamics in slash and burn agriculture in the semi-arid northeast of Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 59, n. 3, p. 191-202, 1996.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção. **Ciência Rural**, v.39, p.1-6, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1269-1276, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; COUTINHO, F. S.; ANJOS, L. H. C. Particulate organic matter in soil under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v.50, p.685-693, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G., BERNINI, T. A., ZATORRE, N. P., WADT, P.G.S. . Fertilidade do solo e matéria orgânica em Vertissolo e Argissolo sob cobertura florestal e pastagem no Estado do Acre. **Comunicata Scientiae**, v. 05, p. 01-10, n. 2014.

LUCA, E.F. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canaviais. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, v. 32, p. 789-800, 2008.

LUCE MS, WHALEN JK, ZIADI N, ZEBARTH BJ, CHANTIGNY MH. Labile organic nitrogen transformations in clay and sandy-loam soils amended with 15 N-labelled faba bean and wheat residues. **Soil Biol Biochem**. 2014; 68:208-18.

LUCE MS, ZIADI N, ZEBARTH BJ, WHALEN JK, GRANT CA, GREGORICH EG, LAFOND P, BLACKSHAW RE, JOHNSON, EN, O'DONOVAN, JT, HARKER KN. Particulate organic matter and soil mineral nitrogen concentrations are good predictors of the soil nitrogen supply to canola following legume and non-legume crops in western Canada. **Can J Soil Sci**. 2013; 93:607-20.

MARTINS, P. S. Dinâmica evolutiva em roças de caboclos amazônicos. **Estudos Avançados**, v. 53, n. 19, p. 209-220, 2005.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises. 1ª ed. Ponte Nova: **D & M Gráfica e Editora Ltda**, 107p, 2005.

MUKUL, A. SHARIF; HERBOHN, J. The impacts of shifting cultivation on secondary forests dynamics in tropics: A synthesis of the key findings and spatio temporal distribution of research. **Environmental Science & Policy**, v. 55, 167-177p., 2015.

NETO, JMN & MOITA GC 1998. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v. 21, n. 4, 467-469p., 1998.

OJIMA, D. S.; SCHIMEL, D. S.; PARTON, W. J.; OWENSBY, C. E. Long-term and short-term effects of fire on nitrogen cycling in Tallgrass Prairie. **Biogeochemistry**, v. 24, n. 2, 67-84p., 1994.

PADOCH C., PINEDO-VASQUEZ M., Saving Slash and burn to save biodiversity. **Biotropica**, v. 42, p. 550-552, 2010.

RERKASEN, K., LAWRENCE, D., PADOCH, C., SCHMIDT-VOGT, D., ZIEGLER, A.D. & BRUUN, T.B. 2009. Consequences of swidden transitions for crop and fallow biodiversity in Southeast Asia. **Human Ecology**, v. 37, 347–360p.

RIBEIRO FILHO, A.A., ADAMS, C. & MURRIETA, R.S.S.. The impacts of shifting cultivation on tropical forest soil: a review. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Ciências Humanas, v. 8, p. 693–727, 2013.

RIBEIRO FILHO, A.A., ADAMS, S. MANFREDINI, R. AGUILAR & W. A. NEVES. Dynamics of soil chemical properties in shifting cultivation systems in the tropics: a meta-analysis. **British Society of Soil Science**, 2015.

ROSSET, J. S.; SCHIAVO, J. A.; ATANAZIO, R. A. R.. Atributos químicos, estoque de carbono orgânico total e das frações humificadas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Semina. Ciências Agrárias** (Online), v. 35, p. 2351, 2014.

SANCHEZ, P. A.; PALM, C. A.; VOSTI, S. A.; TOMICH, T.; KASYOKI, J. Alternatives to slash and burn. Challenges and approaches of an international consortium. In: PALM, C. A.; VOSTI, S. A.; SANCHEZ, P. A.; ERICKSEN, P. J. (Eds.). *Slash-and-burn agriculture: the search for alternatives*. Columbia: Columbia University Press, 2005. p. 113-135.

SANTANA DE LIMA, S.; AQUINO, M. A.; LEITE, L.F.C.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P.; Relação entre macrofauna edáfica e atributos físicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, 2010, p.322 – 331.

SERRA, A. B.; CARVALHO, C.J.R.; ABREU SÁ, T.D.; SOUZA, G.F.; Projeto roça sem queimar: uma experiência à luz dos princípios da agroecologia desenvolvida na transamazônica, oeste do Pará. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Pará/ Embrapa Amazônia oriental, 2004.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A.C. Classificação da Mata atlântica do litoral catarinense em estádios sucessionais: ajustando a lei ao ecossistema. **Floresta e Ambiente**, 11, 02: 20-25, 2004.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A.C. Roca-de-toco: uso de recursos florestais e dinâmica da paisagem rural no litoral de Santa Catarina. **Ciência Rural**, 37, 03: 690-696, 2007.

SIMINSKI, A. A floresta do futuro: Conhecimento, valorização e perspectivas de Uso das formações florestais secundárias no Estado de Santa Catarina. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A.C.; GURIES, R.P.; RUSHEL, A.R.; REIS, M.S. Secondary forest Sucession in the Mata Atlântica, Brazil: Floristic and Phytosociological Trends. **ISRN Ecology**, 2011

SHTORACHE, G. F. Atributos físicos do solo em sistema agroflorestal multiestratos sucessionais. Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, 2013. 71 f. (Dissertação de Mestrado).

STEENBOCK, W.; SILVA, R. O.; VEZZANI, F. M.; MARTINS, P. J.; FROUFE, L. C. M.; SEOANE, C. E. S. Avaliação da dinâmica do carbono em agroflorestas desenvolvidas por agricultores associados à Cooperafloresta.

STYGER, E.; FERNANDES, E. C. M.; RAKOTONDRAMASY, H. M.; RAJAABELINIRINA, E. Degrading uplands in the rainforest region of Madagascar: follow biomass, nutrient stocks, and soil nutrient availability. **Agroforestry Systems**, v.77, n.2, p. 107 – 122, 2009.

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E. & BREJDA, J.J. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. **Soil Sci.**, 164:224-234, 1999)

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. **IBGE**, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, 1991. 124 p.

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

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK J. Uma visão sobre qualidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 33, p. 743-755, 2009.

VICENTE, N. R.. O manejo tradicional de roça itinerante em florestas secundárias: um sistema que conserva a biodiversidade? 2014. 198p. Tese (Doutorado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2014.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science Plant Analise**, v.19, p.1467-1476, 1988.

ZIEGLER, A. D.; AGUS, F.; BRUUN, T. B.; VAN NOORDWIJK, M.; LAM, N. T.; LAWRENCE, D.; RERKASEM, K.; PADOCH, C. Environmental consequences of the demise in swidden agriculture in Montane Mainland, SE Asia: hydrology and geomorphology. **Human Ecology**, v. 37, n. 3, p. 361-373, 2009.

WINCK BR, VEZZANI FM, DIECKOW J, FAVARETTO N, MOLIN R. Carbono e nitrogênio NAS frações granulométricas da matéria orgânica do solo, em Sistemas de Culturas sob plantio Direto. **Rev Bras Cienc Solo**. 2014; 38: 38: 980-989.



## **ANEXOS**



ANEXO 1. Imagens dos tratamentos.

Área de floresta



Área de pouso 10 anos



Área de pousio 15 anos



Área de eucalipto



Área de roça de 2 anos



Área de Sistema Agroflorestal

