

Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais de floresta estacional

Fernandes Guareschi, Roni¹; Marcos Gervasio Pereira^{1,4}; Carlos Eduardo Gabriel Menezes²; Lúcia Helena Cunha dos Anjos¹; Maria Elizabeth Fernandes Correia³

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, km 7, BR 465, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilo Peçanha, Rua José Breves, 550, Pinheiral, Rio de Janeiro, Brasil; ³Embrapa Agrobiologia, BR465, km 7, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; ⁴mgervasiopereira01@gmail.com

Fernandes Guareschi, Roni; Marcos Gervasio Pereira; Carlos Eduardo Gabriel Menezes; Lúcia Helena Cunha dos Anjos; Maria Elizabeth Fernandes Correia (2014) Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais de floresta estacional. Rev. Fac. Agron. Vol 113 (1): 47-56.

Avaliaram-se alguns atributos químicos e físicos do solo em uma área de pastagem e fragmentos florestais de Mata Atlântica com diferentes estádios de sucessão. As áreas avaliadas foram: fragmento de floresta secundária em estágio inicial (FIN) com 20 anos de regeneração; fragmento de floresta secundária em estágio intermediário (FIT), com 25 anos de regeneração; fragmento de floresta secundária em estágio avançado (FAV) com 60 anos de regeneração e uma pastagem manejada (PA). O solo das áreas de estudo foi classificado como Cambissolo Háplico. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. Independente do estágio sucessionais, a regeneração da floresta secundária por ser um sistema sem perturbação antrópica, com maior e constante aporte de resíduos vegetais, ciclagem de nutrientes e teor de carbono e nitrogênio, melhorou a fertilidade (aumento de Ca, Mg, K e capacidade de troca catiônica) e os atributos físicos do solo (menor densidade do solo e aumento de volume total de poros) em relação à pastagem na camada superficial do solo (0,0-0,1 m). Nas camadas sub-superficiais (abaixo de 0,1 m), devido a menor influência dos resíduos vegetais aportados pela serapilheira das florestas secundárias, a área sob pastagem apresentou melhores padrões de fertilidade, como menores valores de Al (0,2-0,5 m) e maiores valores de pH (0,1-0,5 m), Ca (0,1-0,2 m), Mg (0,1-0,5 m) e saturação por bases (0,3-0,5 m). A área com FIT apresentou melhor fertilidade na camada superficial do solo (maior pH, Ca, Mg, K, capacidade de troca catiônica e menor Al) em comparação às demais áreas de floresta secundária estudadas. Também proporcionou maiores teores de C que a área com FAV e maiores valores de N do que as áreas com FIN. Em função do tempo de regeneração da floresta secundária verifica-se uma redução da densidade do solo e diâmetro médio ponderado de agregados e aumento do volume total de poros.

Palavras-chave. Fertilidade do solo, física do solo, mata atlântica, desmatamento, sucessão vegetal.

Fernandes Guareschi, Roni; Marcos Gervasio Pereira; Carlos Eduardo Gabriel Menezes; Lúcia Helena Cunha dos Anjos; Maria Elizabeth Fernandes Correia (2014) Physical and chemical attributes of the soil under grassland and succession stages of a seasonal semideciduous Forest. Rev. Fac. Agron. Vol 113 (1): 47-56.

We evaluated some chemical and physical properties of soil in an area of pasture and forest fragments of Atlantic Forest with different successional stages. The areas evaluated were: secondary forest fragment in the initial stage (FIN) with 20 years of regeneration; secondary forest fragment in the intermediate stage (FIT), with 25 years of regeneration; secondary forest fragment in advanced stage (FAV) with 60 years of regeneration and pasture managed (PA). The soil of the study areas was classified as Cambisol. The experimental design was completely randomized with five replications. Regardless of successional stage, the regeneration of secondary forest by a system without anthropogenic disturbance, with greater and constant supply of plant residues, nutrient cycling and carbon and nitrogen, improved fertility (increased Ca, Mg, K and capacity cation exchange) and soil physical properties (lower soil bulk density and increased total pore volume) in relation to grazing in the surface soil layer (0.0-0.1 m). In the sub-surface layers (below 0.1 m) due to less influence of plant residues added by the litter of secondary forests, the area under pasture showed better fertility patterns, as smaller amounts of Al (0.2 to 0, 5 m) and higher pH values (0.1-0.5 m), Ca (0.1-0.2 m), Mg (0.1-0.5 m) and saturation (0.3 -0.5 m). The area with the FIT showed better fertility in the soil surface layer (higher pH, Ca, Mg, K, cation exchange capacity and lower Al) compared to other areas of secondary forest studied. Also resulted in higher levels of C that the area with FAV and larger values of N than to areas with FIN. Over time regeneration of secondary forest a reduction in bulk density and aggregate weighted and increased total pore volume average diameter occurs.

Key words: Soil fertility, soil physics, forest atlântica, deforestation, plant succession.

Recibido: 15/08/2013

Aceptado: 09/04/2014

Disponibile on line: 01/05/2014

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUÇÃO

O médio Vale do Paraíba do Sul é uma região da Mata Atlântica que encontra-se, atualmente, com extensas áreas com solos degradados e ocupadas por pastagens de baixa produtividade (Boddey et al., 2006). No século XIX, a economia da região era baseada na produção de café, porém com a decadência da cultura, a paisagem da região transformou-se, apresentando predominantemente, pastagens e fragmentos florestais iniciais e secundários em recuperação com diferentes níveis de degradação (Santos et al., 2009).

O desmatamento para os cultivos agrícolas, seguido de pastagens em regiões de relevo movimentado, ou seja, que apresentam vales profundos e estreitos dissecados, pode originar uma paisagem com diferentes graus de degradação, sendo que os principais indicadores desse processo são as diminuições na capacidade de retenção de água no solo, baixa estabilidade do solo favorecendo o aumento do processo erosivo e as reduções nos níveis de fertilidade e na capacidade do solo em estocar carbono (Machado et al., 2010; Tabarelli et al., 2009; Macedo et al., 2008; Boddey et al., 2006). No entanto, Balbinot (2009) menciona que as sucessões vegetais nas áreas de floresta sob pastagens promovem alterações na quantidade de biomassa estocada em cada fase de regeneração florestal, promovendo a melhoria dos atributos físicos e químicos do solo por meio da adição de matéria orgânica.

Segundo Schedlbauer & Kavanagh (2008) reduções nos teores de carbono do solo decorrentes da conversão da floresta tropical para pastagem, podem muitas vezes ser restauradas por meio do desenvolvimento de florestas secundárias. Resultados semelhantes são relatados por Loss et al. (2006), que ao avaliarem o conteúdo de carbono em uma floresta secundária e pastagem na região de Campos dos Goytacazes, RJ, verificaram que a floresta secundária favoreceu uma maior adição de carbono (C) na camada superficial. No entanto, Coutinho et al. (2010) ao avaliar o impacto da substituição de pastagens por plantio de eucalipto e área de mata secundária, não observaram diferenças nos estoques de C do solo nas áreas de mata e eucalipto, em comparação a uma área de pastagem. As diferenças nos resultados encontrados podem estar ocorrendo, devido ao tempo de instalação do manejo adotado ou recuperação da floresta.

Na literatura, encontram-se alguns estudos que compararam a fertilidade do solo de áreas de pastagem e florestas secundárias na região da Mata Atlântica, não sendo observado um padrão para esse atributo. Em alguns estudos, observaram que os maiores valores de fertilidade ocorrem nas áreas de pastagem (Caro, 2010) e, em outros, em áreas de floresta secundária (Melonni et al., 2008). Outros, porém não observaram diferenças entre esses dois tipos de cobertura (Oliveira et al., 2008). Os principais motivos que favorecem uma melhoria na fertilidade do solo de uma área em comparação a outra, é a adição de corretivos e fertilizantes na área de pastagem (Melonni et al., 2008), e maior aporte de biomassa da floresta em função do processo de sucessão (Caro, 2010; Oliveira et al., 2008).

Quanto aos atributos físicos do solo em áreas de pastagem e florestas secundárias na região da Mata Atlântica, estudos têm demonstrado maiores valores de densidade do solo (Ds) e menores valores de volume total de poros (VTP), diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados nas áreas de pastagem em relação à floresta secundária (Santos et al., 2010; Melloni et al., 2008; Bochner, 2007). Tais resultados são justificados pela compactação do solo pelo pisoteio dos animais na área de pastagem, e pelo maior e constante acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo (RVS) da área de floresta em relação a PA. No entanto, estudos de Coutinho (2010), Oliveira et al. (2008) e Barreto et al. (2006) não constataram diferença significativa para a Ds e VTP. Esse padrão pode ser decorrente do pequeno tempo de recuperação da floresta secundária, ou seja, a sua regeneração ainda não foi capaz de reduzir os impactos na Ds causados pela PA que a antecedeu (Oliveira et al., 2008).

A hipótese deste trabalho é que à regeneração de florestas secundárias sob áreas de pastagens podem aumentar com o passar do tempo de sucessão o aporte de resíduos vegetais e teor de matéria orgânica do solo, melhorando os atributos químicos e físicos do solo.

Diante o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar alguns atributos químicos e físicos do solo e a adição de resíduos vegetais depositados na superfície do solo (RVS) em uma área de pastagem e fragmentos florestais de Mata Atlântica com diferentes estádios de sucessão na região do Médio Vale do Paraíba do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Pinheiral, região do Médio Vale do Paraíba do Sul, na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, que compõe a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, localizada entre as latitudes de 22° 29' 03" e 22° 35' 27" S e entre as longitudes de 43° 54' 49" W e 44° 04' 05" W (Figura 1).

O clima da região é classificado como Cwa – temperado de inverno seco e verão chuvoso (Köppen, 1938). A precipitação média anual e temperatura são 1300 mm e 21°C, respectivamente.

A região está inserida no domínio ecológico da Mata Atlântica, cuja vegetação original denomina-se Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 2012), característica de zonas de altitudes entre 300 e 800 m. A vegetação atualmente dominante na região é constituída por pastagens manejadas e espontâneas não manejadas, que se apresentam em diferentes estádios de degradação, nível de uso e/ou abandono. Os solos predominantes nas encostas são Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo Háplico (Silva et al., 2012; Menezes et al., 2010).

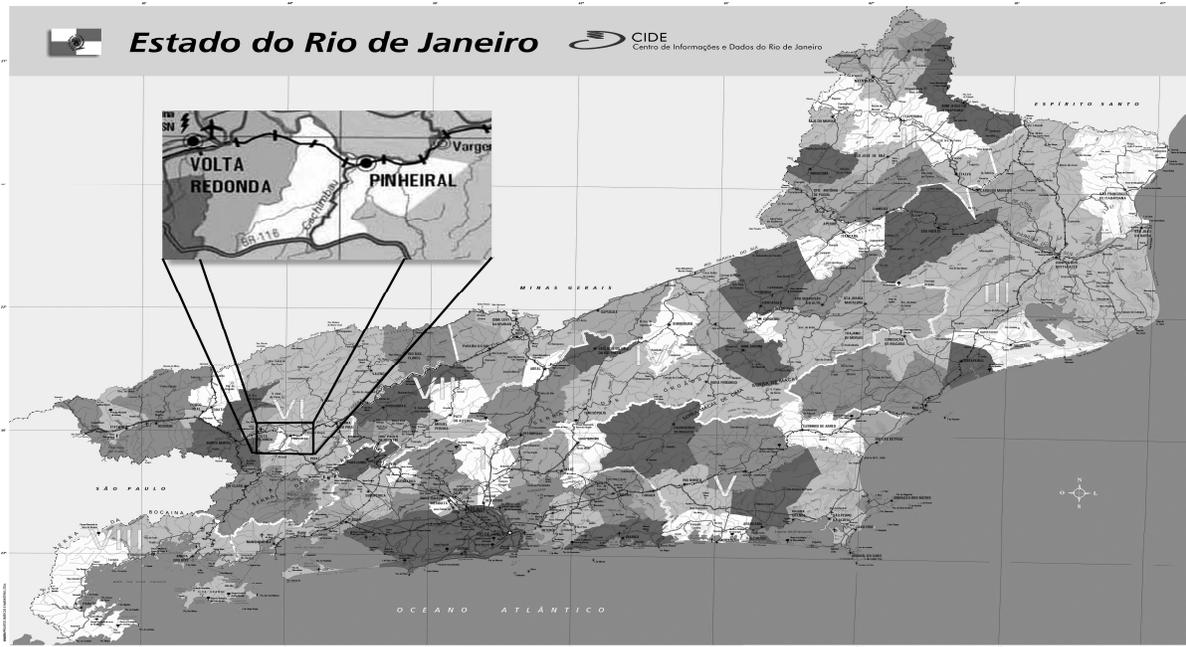


Figura 1. Localização da área de estudo no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro).

Foram selecionadas três áreas (em estádios sucessionais diferentes) de um único fragmento florestal, sendo a vegetação dessas áreas classificadas de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) - (006/1994). As áreas avaliadas foram: fragmento de floresta secundária em estágio inicial (FIN) com 20 anos de regeneração; fragmento de floresta secundária em estágio intermediário (FIT), com 25 anos de regeneração; fragmento de floresta secundária em estágio avançado (FAV) com 60 anos de regeneração e uma pastagem manejada com *Brachiaria decumbens* e *Paspalum notatum* (PA).

A FIN apresentava cobertura florestal pouco densa, característica de estágio inicial de sucessão (Conama, 1994), que teve origem por utilização da área até 1985 como pastagens espontânea, manejada por roçadas anuais e queimadas eventuais, quando foi ocupada por pequenos agricultores, que apenas cercaram a área, permitindo assim a regeneração florestal. Já a FIT, corresponde a área contígua e de mesma cota que a FIN e que, até 1985, se encontrava sob cobertura de pasto espontâneo com formação inicial de capoeira, sendo mantida protegida até os dias atuais, o que permitiu o desenvolvimento sucessional típico do estágio médio (Conama, 1994), caracterizado por uma cobertura arbustivo/arbórea mais fechada que a do estágio inicial.

A FAV apresenta uma cobertura florestal densa e mais bem estruturada do que as anteriores, o que permite enquadrá-la neste estágio sucessional (Conama, 1994) – provavelmente, a sucessão teve início após a decadência da cafeicultura na região e substitui o fragmento mais antigo da porção inferior da sub-bacia. Por fim, a área de PA foi explorada com pastagem espontânea desde a década de 1950, foi formada na

década de 1990 com *Brachiaria decumbens* e, a partir daí, mantida por meio de roçadas anuais e com a prática de queimada coibida – com o decorrer dos anos ressurgiu nessa paisagem a gramínea conhecida como grama-batatais (*Paspalum notatum*), que passou a coexistir com a braquiária introduzida.

Em cada área de estudo foi demarcada uma gleba representativa de 0,04 ha (20 x 20 m), e em cada uma delas foram abertas cinco trincheiras de aproximadamente 1 x 1 m de superfície e 1 m de profundidade em posição aleatória. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 5 repetições para cada área e profundidade. Em cada uma das trincheiras, nas diferentes áreas, foi realizada a coleta de amostras indeformadas, com auxílio de um anel volumétrico (Embrapa, 1997), nas profundidades de 0,0–0,1; 0,1–0,2; 0,2–0,3; 0,3–0,4; 0,4–0,5 m. Nessas mesmas profundidades foram coletadas amostras deformadas, as quais foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), na qual foi realizada a maioria das análises, inclusive a caracterização química e análise granulométrica (Embrapa, 1997) (Tabela 1).

Os atributos químicos foram determinados segundo a metodologia descrita pela Embrapa (1997) foram: pH em H₂O; P e K⁺ extraíveis com Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos em KCl 1 mol L⁻¹. Com os valores obtidos nas análises do solo, calculou-se: a capacidade de troca de cátions (CTC pH 7,0) e a porcentagem de saturação por bases (V%) (Embrapa, 1997). Já os teores de C e N foram quantificados por meio de combustão seca por analisador CHNS (Elementar analysensysteme GmbH, Hanau, Alemanha).

Tabela 1. Composição e classificação textural nas camadas avaliadas das diferentes áreas de estudo. ¹FIN - Fragmento de floresta secundária em estágio inicial; ²FIT - fragmento de floresta secundária em estágio intermediário; ³FAV - fragmento de floresta secundária em estágio avançado e ⁴PA - pastagem manejada com *Brachiaria decumbens* e *Paspalum notatum*.

Profundidade ----- cm -----	Areia ----- g kg ⁻¹ -----	Silte ----- g kg ⁻¹ -----	Argila ----- g kg ⁻¹ -----	Classe textural (SBCS)
FIN ¹				
0-10	550	80	370	Argilo-arenosa
10-20	501	79	420	Argilo-arenosa
20-30	470	70	460	Argilo-arenosa
30-40	460	70	470	Argilo-arenosa
40-50	450	50	500	Argilosa
50-60	440	40	520	Argilosa
FIT ²				
0-10	560	120	320	Franco-argilo-arenosa
10-20	530	110	360	Argilo-arenosa
20-30	520	100	380	Argilo-arenosa
30-40	510	100	390	Argilo-arenosa
40-50	480	100	420	Argilo-arenosa
50-60	500	90	410	Argilo-arenosa
FAV ³				
0-10	640	70	290	Franco-argilo-arenosa
10-20	540	90	370	Argilo-arenosa
20-30	500	90	410	Argilo-arenosa
30-40	470	90	440	Argilo-arenosa
40-50	490	80	430	Argilo-arenosa
50-60	470	80	450	Argilosa
PA ⁴				
0-10	590	120	290	Franco-argilo-arenosa
10-20	570	110	320	Franco-argilo-arenosa
20-30	560	90	350	Franco-argilo-arenosa
30-40	550	80	370	Franco-argilo-arenosa
40-50	520	60	420	Argilo-arenosa
50-60	440	50	510	Argilosa

A densidade do solo (Ds) foi determinada por meio do método do anel volumétrico (Embrapa, 1997). Também foi avaliada a densidade das partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico, visando utilizar estes dados em conjunto com a Ds para o cálculo do volume total de poros (VTP), sendo está calculada pela equação:

$$VTP (\%) = (1 - (Ds/Dp)) \times 100$$

Já a quantidade de resíduos vegetais depositados na superfície do solo (RVS) em cada área de estudo foi determinada por meio do lançamento aleatório de um gabarito metálico (0,25 m²) e posterior coleta dos resíduos contidos no gabarito. Em cada área de estudo realizaram-se 20 amostragens. Os resíduos vegetais coletados foram acondicionados em estufa com ventilação forçada, em temperatura de 65 °C, por 72 h; após esse período, realizou-se a pesagem para determinação da massa seca. De posse dos dados, foi determinada a quantidade de massa seca de resíduos vegetais na superfície do solo, sendo esta expressa por hectare.

Para avaliação da estabilidade dos agregados foram coletadas amostras indeformadas nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05-0,1 m do perfil do solo. Após esta etapa, as amostras foram secas ao ar e, em seguida, passadas por peneiras de 8 e 4 mm de malha (Embrapa, 1997). Em seguida, foram pesadas 25 g das amostras que ficaram retidas na peneira de 4 mm,

umedecidas com pulverizador e colocadas em um jogo de peneiras de malhas 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm, sendo submetido à agitação vertical no aparelho Yooder, durante 15 min. O material retido em cada peneira foi colocado em placas previamente pesadas e identificadas, e levado à estufa a 65 °C até peso constante. Após a secagem, quantificou-se a massa dos agregados retida em cada peneira. Com estes dados de massa, foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, utilizando equações, segundo Castro Filho (1998).

Para todos os dados, em cada profundidade, foi feita a avaliação da normalidade dos dados (Lilliefors), homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Cochran e Bartlett. Posteriormente, os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste T de Bonferroni, com a utilização do programa estatístico Sisvar 4.6 (Ferreira, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Tabela 2, contata-se que não ocorreram diferenças estatísticas entre as áreas avaliadas para as variáveis Ca (0,2-0,5 m), K (0,3-0,5 m), H+Al (0,0-0,5 m), CTC (pH 7) (0,2-0,5 m) e V (0,2-0,3 m).

Tabela 2. Atributos químicos da fertilidade do solo das áreas de estudo. Média de cinco repetições, sendo que valores com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5%. ¹ FIN - Fragmento de floresta secundária em estágio inicial com 20 anos de regeneração; FIT - fragmento de floresta secundária em estágio intermediário com 25 anos de regeneração; FAV - fragmento de floresta secundária em estágio avançado, com 60 anos de regeneração; PA - pastagem manejada com *Brachiaria decumbens* e *Paspalum notatum*.

Área ¹	pH H ₂ O	P mg kg ⁻¹	Ca	Mg	K	Al	H+Al	CTC (pH 7)	V
0,0 - 0,1 m									
FIN	4,6 b	2,2 b	0,8 b	1,1 c	0,3 b	1,4 a	7,6 a	10,6 b	28 b
FIT	5,1 a	2,2 b	2,3 a	2,6 a	1,4 a	0,1 b	6,5 a	13,6 a	52 a
FAV	4,2 c	4,2 a	1,0 b	1,0 c	0,1 c	1,0 a	7,2 a	10,0 b	28 b
PA	5,2 a	3,4 a	1,4 b	1,9 b	0,5 b	0,1 b	6,2 a	11,0 b	42 a
0,1 - 0,2 m									
FIN	4,5 b	1,0 b	0,3 b	0,7 b	0,2 b	1,8 a	6,8 a	8,6 a	22 b
FIT	4,6 b	1,2 b	0,7 b	0,9 b	0,4 a	0,9 b	6,5 a	9,2 a	29 a
FAV	4,3 b	2,4 a	0,3 b	0,6 b	0,1 b	1,6 a	7,0 a	8,6 a	19 b
PA	5,3 a	2,6 a	1,0 a	1,7 a	0,5 b	0,3 b	5,5 a	9,4 a	39 a
0,2 - 0,3 m									
FIN	4,6 b	0,4 b	0,2 a	0,5 b	0,2 ab	1,9 a	6,1 a	7,6 a	19 a
FIT	4,4 b	0,8 b	0,3 a	0,7 b	0,3 a	1,1 b	6,3 a	8,8 a	23 a
FAV	4,4 b	1,4 a	0,2 a	0,6 b	0,1 b	1,6 ab	6,3 a	8,0 a	20 a
PA	5,3 a	2,0 a	0,7 a	1,4 a	0,1 b	0,3 c	6,7 a	9,6 a	32 a
0,3 - 0,4 m									
FIN	4,6 b	0,6 b	0,2 a	0,3 b	0,1 a	1,9 a	5,9 a	7,0 a	16 b
FIT	4,5 b	0,6 b	0,2 a	0,5 b	0,2 a	1,1 a	6,0 a	8,0 a	19 b
FAV	4,6 b	1,4 a	0,2 a	0,8 b	0,1 a	1,6 a	5,5 a	7,4 a	23 b
PA	5,2 a	1,8 a	0,6 a	1,3 a	0,1 a	1,0 b	5,5 a	8,4 a	33 a
0,4 - 0,5 m									
FIN	4,6 b	0,6 b	0,1 a	0,3 b	0,1 a	1,7 a	5,7 a	7,0 a	16 b
FIT	4,5 b	0,6 b	0,1 a	0,4 b	0,1 a	1,3 a	5,8 a	7,8 a	19 b
FAV	4,6 b	1,4 a	0,2 a	0,7 b	0,1 a	1,4 a	5,6 a	7,2 a	22 b
PA	5,1 a	1,8 a	0,6 a	1,5 a	0,1 a	0,7 b	5,4 a	8,6 a	35 a

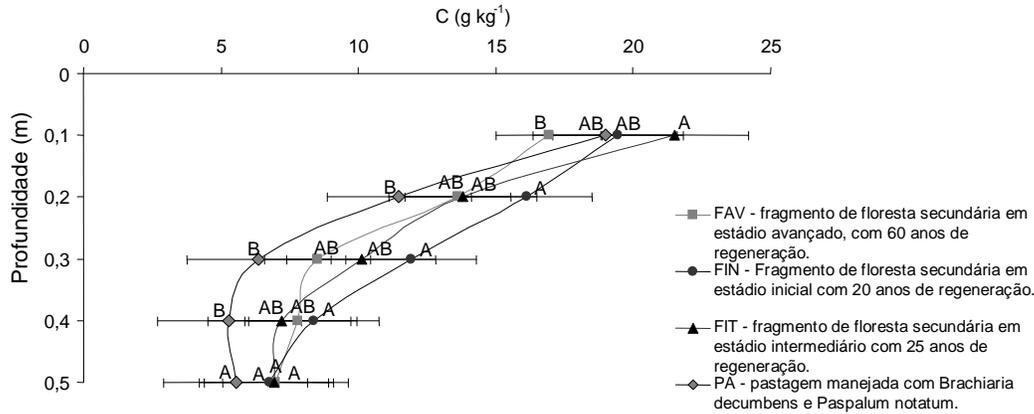
No entanto, a área com FIT apresentou menores valores de Al (0,0-0,2 m) e maiores valores de pH (0,0-0,1 m), Ca (0,0-0,1 m), Mg (0,0-0,1 m), K (0,0-0,2 m), CTC (pH 7) (0,0-0,1 m) e V (0,0-0,2 m) em comparação as demais áreas de floresta secundária (Tabela 2). Ainda pela análise da Tabela 2, verifica-se de maneira geral que a área com PA apresentou menores valores de Al (0,2-0,5 m) e maiores valores de pH (0,1-0,5 m), Ca (0,1-0,2 m), Mg (0,1-0,5 m) e V (0,3-0,5 m) em relação as áreas de floresta. As áreas com PA e FAV apresentaram valores de P semelhantes entre si sendo estes maiores que os observados nas áreas com FIN e FIT (Tabela 2).

Os menores valores de Al (0,0-0,2 m) e maiores valores de pH (0,0-0,1 m), Ca (0,0-0,1 m), Mg (0,0-0,1 m), K (0,0-0,2 m), CTC (pH 7) (0,0-0,1 m) e V (0,0-0,2 m) da área com FIT em comparação as demais áreas de floresta podem estar relacionadas ao seu maior conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS) -Figura 2-. O maior conteúdo de MOS atua como fonte de nutrientes para os vegetais, aumentando a capacidade de troca de cátions, além de formar complexos com o Al, aumentando a disponibilidade de nutrientes (Guppy et al., 2005; Fontana et al., 2011). Resultados semelhantes aos observados nesse estudo, foram relatados por Oliveira et al. (2008) que ao avaliarem os atributos químicos do solo sob área de pastagem e áreas de povoamentos florestais, também constataram

que o teor de matéria orgânica contribuiu para a diferenciação nos atributos químicos entre as áreas.

Outro fato que pode explicar os menores valores de bases trocáveis e maiores valores de Al da área de FIN em comparação a área com FIT, é que a área com FIN apresenta um histórico prolongado de uso com pastagem, que antecedeu ao início da sucessão florestal, com baixo nível tecnológico de manejo do solo, sem emprego de calagem e adubação, e pela retirada de bases do sistema via pastejo do gado. Desta forma, supõe-se que tais perdas nessa área não puderam até o presente ser compensada pelos aportes de matéria orgânica deste estágio inicial de sucessão florestal. Já os menores valores de bases trocáveis e maiores valores de Al da área de FAV em comparação a área com FIT podem ser explicadas devido à imobilização de bases em uma maior diversidade de plantas, bem como de plantas de maior porte que predominam neste sistema (*Spondias macrocarpa*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Myrceaugenia mircooides* (Cambess) O Berg, *Cupanea oblongifolia*), principalmente nos compartimentos de maior biomassa vegetal como troncos e em menor quantidade na serapilheira (Silva, 1998), com conseqüente menor ciclagem de nutrientes, assim como à acidificação ocasionada pelo sistema radicular das espécies dominantes nesse ambiente.

a)



b)

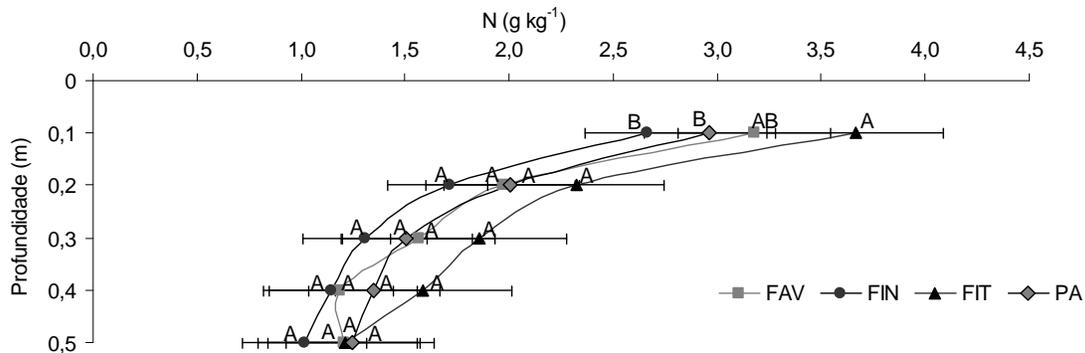


Figura 2. Carbono total do solo (C) – a; e nitrogênio total do solo (N) – b; das áreas avaliadas. Valores com a mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5%. Linhas horizontais indicam o erro padrão.

Os menores valores de Al (0,2-0,5 m) e maiores valores de pH (0,1-0,5 m), Ca (0,1-0,2 m), Mg (0,1-0,5 m) e V (0,3-0,5 m) da área de PA em comparação as áreas de floresta secundária, podem ser atribuídos à prática de calagem na implantação da pastagem. Padrão similar foi observado por Melloni et al. (2008) e Oliveira et al. (2008) ao avaliarem os atributos químicos do solo sob área de pastagem e áreas de floresta. Os autores também constataram maior fertilidade do solo na área de PA em comparação as florestas, atribuindo esse resultado à aplicação de calcário, que promoveu o aumento da disponibilidade de Ca e Mg e diminuiu os teores de bases trocáveis.

Os maiores valores de P nas áreas de PA e FAV em relação as áreas com FIN e FIT, podem ser justificados na PA pela prática de adubação fosfatada durante a formação do pasto e pela ciclagem do elemento via parte aérea da pastagem e excreções animais (Fonseca & Marcelino, 2002). Enquanto na área com FAV, o maior de sucessão florestal em comparação com as áreas FIN e FIT, pode ter contribuído para uma maior ciclagem do elemento. Sob coberturas vegetais de floresta, a ciclagem biogeoquímica de P é decorrente da deposição de resíduos da parte aérea na superfície do solo (Zaia et al., 2008). Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2012)

que ao avaliarem uma área de pastagem e fragmentos florestais de Mata Atlântica com diferentes estádios de sucessão encontraram maiores teores de P nas áreas de PA e floresta secundária em estágio avançado em comparação com as áreas de floresta secundária com estágio inicial e intermediário de sucessão.

Independente da profundidade avaliada, a área de FIN apresentou maiores valores de relação C/N do que às demais áreas avaliadas (Tabela 03). De acordo com Moreira & Malavolta (2004) esse padrão pode ser decorrente do aporte de alta quantidade de folhas, ramos e galhos, que são de difícil decomposição. Tal resultado, também pode ser atribuído ao incremento na concentração de N nas florestas secundárias com maior idade de regeneração.

Não houve diferença estatística para o teor de C (0,4-0,5 m) e N (0,1-0,5 m) entre as áreas avaliadas (Figura 2 a e b). No entanto, na camada superficial (0,0-0,1 m), a área com FIT apresentou maiores teores de C que à área com FAV, ficando as áreas de FIN e PA com valores intermediário a estas. Nas demais profundidades, a área com FIN apresentou maior teor de C (0,1-0,4 m) do que a área de PA; enquanto as áreas com FIT e FAV apresentaram padrão intermediário a estas áreas (Figura 2 a). Ainda pela figura 2 b, constata-se que na camada superficial do

solo (0,0-0,1 m) a área com FIT apresentou maiores valores de N quando comparada as áreas com FIN e PA, tendo a área com FAV apresentado padrão intermediário a estas áreas.

*Tabela 3. Relação Carbono e nitrogênio (C/N) das áreas de estudo em diferentes profundidades do perfil do solo. * Valores com a mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5%. 1 FIN - Fragmento de floresta secundária em estágio inicial com 20 anos de regeneração; FIT - fragmento de floresta secundária em estágio intermediário com 25 anos de regeneração; FAV - fragmento de floresta secundária em estágio avançado, com 60 anos de regeneração; PA - pastagem manejada com *Brachiaria decumbens* e *Paspalum notatum*.*

Profundidade (m)	Áreas de Estudo			
	FIN	FIT	FAV	PA
	C/N			
0,0-0,1	7,54 a	5,86 b	5,33 b	6,33 b
0,1-0,2	9,70 a	5,96 b	6,03 b	5,72 b
0,2-0,3	9,29 a	5,35 b	5,41 b	4,93 b
0,3-0,4	7,37 a	4,84 b	5,74 b	4,93 b
0,4-0,5	6,72 a	5,66 b	5,78 b	4,95 b

Os maiores teores de C da área com FIT em comparação a área com FAV na camada superficial do solo pode ser atribuído a dois principais fatores: 1) grande parte do carbono orgânico da biomassa vegetal acima do solo nesses ecossistemas florestais encontra-se imobilizado no fuste (madeira + casca) (Freitas et al., 2005; Schneider et al., 2005), já que esses apresentam uma estrutura mais desenvolvida, com árvores de maior porte, do que os estádios sucessionais mais jovens (Menezes et al., 2010); 2) as condições de microclima e da natureza do substrato formador da serapilheira favorecem a atividade biológica como um todo, propiciando mais elevadas taxas de decomposição (Menezes et al., 2010), liberando assim maiores quantidades de carbono para atmosfera.

Já os maiores teores de C (0,1-0,4 m) da área com FIN em relação à PA, podem ser relacionadas à sua maior e constante deposição de resíduos vegetais ao solo, bem como, à contribuição de carbono ao solo tanto de plantas do ciclo C3 (floresta) como de plantas do ciclo C4 (carbono residual da área de PA que antecedeu a floresta). Sendo assim, essas duas fontes de carbono ao solo, favoreceram a ocorrência de matéria orgânica de melhor qualidade, e promovendo um maior estoque. Tal fato não é observado nas áreas com FIT e FAV, devido a estas terem mais tempo de sucessão à pastagem sendo essa uma possível explicação para essas áreas terem apresentado resultados intermediários quando comparadas as áreas FIN e PA nestas profundidades. Resultados semelhantes são apresentados no trabalho de Balbinot (2009) ao avaliar o carbono do solo numa cronosequência pastagem-floresta no ecossistema da Floresta Ombrófila no bioma da Mata Atlântica do estado do Paraná. O autor

também constatou maiores teores de C na área de floresta inicial em relação à pastagem, verificando contribuição significativa de carbono residual das pastagens nas áreas com FIN. O autor explica ainda que a MOS oriunda da pastagem com o passar do tempo é mineralizada, tendendo a reduzir sua contribuição com o processo de sucessão.

Os maiores valores de N da área com FIT em comparação as áreas com FIN e PA na camada superficial do solo, estão relacionados a maior deposição de resíduos vegetais na superfície do solo da área com FIT em comparação a área com PA, e devido ao maior tempo de deposição de serapilheira na área com FIT em relação ao FIN. Resultados semelhantes foram relatados por Fontana et al. (2005), que também encontraram maior teor de N em uma floresta secundária em comparação a uma pastagem em um Argissolo Amarelo do município de Sooretama (ES). Tais autores também atribuíram este resultado a maior entrada de N no solo pela matéria orgânica adicionada via serapilheira na área de floresta. Neste sentido, o tempo de sucessão na área de FIN ainda não foi capaz de modificar os baixos teores de N, decorrentes da pastagem que a antecedeu.

Não foi constatada diferença estatística entre as áreas para as variáveis densidade do solo (Ds) (0,1-0,5 m), densidade das partículas (Dp) (0,0-0,5 m), volume total de poros (VTP) (0,1-0,5 m) (Tabela 4). No entanto, percebe-se através da Tabela 4 que as áreas de floresta secundária apresentaram valores de resíduos vegetais depositados na superfície do solo (RVS) semelhantes entre si e superiores a área de PA. Percebe-se ainda que a área com FAV apresentou menores valores de Ds e maiores valores de VTP (0,0-0,1 m) quando comparada as áreas com FIN e PA, enquanto que a área com FIT apresentou resultados intermediários à essas áreas (Tabela 4). Quanto ao diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, constatou-se que a área com FIN apresentou maiores valores quando comparada a área com FAV, enquanto as áreas com FIT e PA apresentaram resultados intermediários a estas áreas.

Os valores de Dp estiveram entre 2,43 e 2,65 Mg m⁻³, refletindo a composição mineralógica da fração areia e argila, que é constituída provavelmente por quartzo e caulinita, respectivamente, já que estes minerais possuem valor de massa específica de 2,65 Mg m⁻³.

Os maiores valores de RVS das áreas de floresta secundária em relação à PA devem-se à deposição contínua de serapilheira, além desta área não ser submetida a nenhum tipo de ação antrópica. Silva et al. (2012) mencionam que sistemas florestais são estimulados pelo fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição, além de serem beneficiados pelo não revolvimento do solo e pela reduzida erosão hídrica, proporcionando dessa forma uma maior cobertura do solo por meio da serapilheira.

Tabela 4. Resíduos vegetais depositados na superfície do solo (RVS), densidade do solo (Ds), densidade das partículas (Dp), volume total de poros (VTP) e diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados das áreas de estudo em diferentes profundidades do perfil do solo. * Valores com a mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5%. 1 FIN - Fragmento de floresta secundária em estágio inicial com 20 anos de regeneração; FIT - fragmento de floresta secundária em estágio intermediário com 25 anos de regeneração; FAV - fragmento de floresta secundária em estágio avançado, com 60 anos de regeneração; PA - pastagem manejada com *Brachiaria decumbens* e *Paspalum notatum*.

Profundidade (m)	Áreas de Estudo			
	FIN	FIT	FAV	PA
	RVS (Mg ha ⁻¹)			
-	7,89 a	8,11 a	8,28 a	6,59 b
	Ds (Mg m ⁻³)			
0,0-0,1	1,43 a	1,26 ab	1,20 b	1,41 a
0,1-0,2	1,52 a	1,51 a	1,33 a	1,54 a
0,2-0,3	1,54 a	1,46 a	1,48 a	1,62 a
0,3-0,4	1,54 a	1,59 a	1,44 a	1,67 a
0,4-0,5	1,62 a	1,57 a	1,50 a	1,64 a
	Dp (Mg m ⁻³)			
0,0-0,1	2,43 a	2,52 a	2,52 a	2,48 a
0,1-0,2	2,51 a	2,59 a	2,58 a	2,57 a
0,2-0,3	2,51 a	2,63 a	2,54 a	2,56 a
0,3-0,4	2,53 a	2,65 a	2,57 a	2,59 a
0,4-0,5	2,47 a	2,61 a	2,60 a	2,57 a
	VTP (%)			
0,0-0,1	41,17 b	49,83 ab	52,41 a	43,27 b
0,1-0,2	39,39 a	41,69 a	48,53 a	40,27 a
0,2-0,3	38,69 a	44,52 a	41,62 a	36,56 a
0,3-0,4	39,18 a	40,85 a	43,87 a	35,52 a
0,4-0,5	34,37 a	39,88 a	42,18 a	36,35 a
	DMP (mm)			
0-0,05	4,34 a	3,70 ab	2,59 b	3,71 ab
0,05-0,1	4,19 a	3,54 ab	2,66 b	3,33 ab

Já os maiores valores de Ds e menores valores de VTP da área de PA na camada superficial são decorrentes provavelmente do maior pisoteio dos animais ou outras modalidades de pressão, que favoreceram a maior compactação do solo. Resultados semelhantes, são expostos no trabalho de Santos et al. (2010), onde ao avaliarem áreas de pastagem e floresta nativa secundária, também constataram maiores valores de Ds e menores valores de VTP nas áreas de pastagem, devido ao pisoteio animal. Quanto à semelhança dos valores de Ds e VTP da área com FIN e PA, esta pode ser atribuída ao pouco tempo de sucessão da FIN, ou seja, o tempo de sucessão da floresta secundária ainda não foi capaz de reduzir os impactos na Ds e VTP causados pela PA que a antecedeu. Neste sentido, as áreas com FIT e FAV por apresentarem maior tempo de sucessão, com maior e constante acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo (RVS) em relação a PA, promoveram uma redução na Ds na camada superficial. Guareschi et al. (2012) ao avaliarem uma área de floresta e pastagem, constataram que a área de floresta

apresentou maior quantidade de RVS, favorecendo menores valores de Ds em comparação a pastagem. As diferenças nos valores de DMP observadas nas unidades de estudo apresentam padrões similares aquele verificado para os teores de C (0,0-0,1 m), ou seja, a área com FAV apresentou menores valores de C e DMP nesta profundidade do solo. Diante disso, pode-se inferir que os menores valores de DMP da área com FAV devem-se aos menores valores de C, visto que segundo Castro Filho et al. (1998) a MOS é um poderoso agente de formação e estabilização dos agregados e que é comum encontrar-se correlação positiva entre seus teores e a estabilidade dos agregados do solo. Ainda através dos resultados do DMP, pode-se supor a influência do tempo de conversão da pastagem para os diferentes estágios sucessionais na qualidade estrutural do solo. Assim, os maiores valores de DMP da área com FIN podem ser atribuídos a mais recente conversão deste sistema; que ocorreu devido ao abandono da pastagem, anteriormente presente, com conseqüente desencadeamento do processo de sucessão florestal, que proporcionou uma contribuição no aporte de matéria orgânica oriunda tanto da renovação do sistema radicular das gramíneas, como do abundante material decíduo formador de serapilheira, característico das espécies pioneiras predominantes neste sistema.

CONCLUSÕES

Independente do estágio sucessional, a regeneração da floresta secundária por ser um sistema sem perturbação antrópica, com maior e constante aporte de resíduos vegetais, ciclagem de nutrientes e teor de carbono e nitrogênio, melhorou a fertilidade (aumento de Ca, Mg, K, CTC) e os atributos físicos do solo (menor densidade do solo e aumento de volume total de poros) em relação à pastagem na camada superficial do solo (0,0-0,1 m).

Nas camadas sub-superficiais (abaixo de 0,1 m), devido a menor influência dos resíduos vegetais aportados pela serapilheira das florestas secundárias, a área sob pastagem apresentou melhores padrões de fertilidade, como menores valores de Al (0,2-0,5 m) e maiores valores de pH (0,1-0,5 m), Ca (0,1-0,2 m), Mg (0,1-0,5 m) e V (0,3-0,5 m).

A área com FIT apresentou melhor fertilidade na camada superficial do solo (maior pH, Ca, Mg, K, CTC e menor Al) em comparação às demais áreas de floresta secundária. Nesta área também foram observados os maiores teores de C em comparação à área com FAV e maiores valores de N em relação às áreas com FIN.

Em função do tempo de sucessão verifica-se uma redução da Ds e DMP e aumento do VTP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balbinot, R. 2009. Carbono, nitrogênio e razões isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no solo e vegetação de estágios sucessionais de floresta ombrófila densa submontana.

- Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Brasil, 103 p.
- Barreto Lima, A.C., F.H.S. Freire, M.B.G.S. Araújo & F.J. Freire.** 2006. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da bahia. *Caatinga* 19: 415-425.
- Bochner, J.K.** 2007. Serviços ambientais gerados pela floresta de mata atlântica na qualidade do solo. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil, 55 p.
- Boddey, R.M., C.P. Jantalia, M.O. Macedo, O.C. de Oliveira, A.S. Resende, B.J.R. Alves, & S.Urquiaga,** 2006. Potential of carbon sequestration in soils of the Atlantic Forest region of Brazil. In: Lal, R. Cerri, C.C. Bernoux, M. Etchevers, J. Cerri, E. (Ed.). Carbon sequestration in soil of Latin America. New York: Howarth., Part II, cap. 15A, p.305-348.
- Caro, C.F.D.** 2010. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob diferentes usos em uma microbacia hidrográfica. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, 62 p.
- Castro Filho, C., O. Muzilli, & A.L. Podanoschi,** 1998. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 22: 527-538.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.** 1994. Resolução 006 de 4 de maio de 1994. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/legiano1.cfm>>. Acesso em 25 jan. de 2005.
- Coutinho, R.P., S. Urquiaga, R.M. Boddey, B.J.R. Alves, A.Q.A. Torres & C.P. Jantalia,** 2010. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. *Pesquisa agropecuária brasileira* 45: 195-203.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.** 1997. Manual de métodos de análise de solos. Embrapa. Rio de Janeiro, 212p.
- Ferreira, D.F.** 2006. Sistema de análise estatística para dados balanceados. Lavras. UFLA/DES/SISVAR, 145p.
- Fonseca, D.M. & K.R.A Marcelino.** 2002. Reciclagem de nutrientes sob condições de pastejo. Tópicos especiais em forragicultura. Viçosa. Editora da UFV, 38 p.
- Fontana, A., J.D. Matiello, L.H.C. Anjos & M.G. Pereira.** 2005. Fracionamento químico da matéria orgânica em solo sob diferentes coberturas vegetais em Sooretama (ES). *Magistra* 17: 135-141.
- Fontana, A. Silva, C.F. Pereira, M.G. Loss, A. Brito, R.J. & V.M. Benites,** 2011. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. *Acta Scientiarum Agronomy* 33: 545-550.
- Freitas, S.R., M.C.S. Mello & C.B.M. Cruz.** 2005. Relationships between forest structure and vegetation indices in Atlantic Rainforest. *Forest Ecology and Management* 218: 353-362.
- Guareschi, R.F., M.G. Pereira & A. Perin.** 2012. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36: 909-920.
- Guppy, C.N., N.W. Menzies, P.W. Moody & F.P.C. Blamey,** 2005. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. *Australian Journal of Soil Research* 43: 189-202.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.** 2012. Manual técnico da vegetação brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro. IBGE, 271p.
- Köppen, W.** 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México. Fondo de Cultura Económica, 479 p.
- Loss, A., M.G. Pereira & R.J. Brito.** 2006. Distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. *Revista Universidade Rural, Série Ciência da Vida* 26: 57-69.
- Macedo, M.O., A.S. Resende, P.C.M. Garcia, R.M. Boddey, C.P. Jantalia, S. Urquiaga, E.F.C. Campello & A.A. Franco.** 2008. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. *Forest Ecology and Management* 255: 1516-1524.
- Machado, R.L., A.S. Resende, E.F.C. Campello, J.A. Oliveira & A.A. Franco.** 2010. Soil and nutrient losses in erosion gullies at different degrees of restoration. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34: 945-954.
- Melloni, R., E.G.P. Melloni, M.I.N. Alvarenga & F.B.N. Vieira.** 2008. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de minas gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 2461-2470.
- Menezes, C.E.G., M.G. Pereira, M.E.F. Correia, L.H.C. Anjos, R.R. Paula & M.E. Souza.** 2010. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. *Ciência Florestal* 20: 439-452.
- Moreira, A. & E. Malavolta.** 2004. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. *Pesquisa agropecuária brasileira* 39: 1103-1110.
- Oliveira, C.M., M.E. Nappo, R.R. Passos & A.R. Mendonça.** 2008. Comparação entre atributos físicos e químicos de solo sob floresta e pastagem. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal* 02: 01-21.
- Santos, J.T., A.P. Andrade, I.F. Silva, D.S. Silva, E.M. Santos & A.P.G. Silva.** 2010. Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob Pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. *Ciência Rural* 40: 2486-2492.
- Santos, M.A., C.B.M. Cruz, C.E.S. Saraça, F.J.J.G. Oliveira, I.S. Rahy, K. Alger, M.C. Uzêda, M.B. Costa & W.R. Peres.** 2009. In: Pressão antrópica e as novas dinâmicas na economia fluminense. Bergallo, H.G. Fidalgo, E.C.C. Rocha, C.F.D. Uzêda, M.C. Costa, M.B. Alves, M.A.S. Sluys, M.V. Santos, M.A. Costa, T.C.C. Cozzolino, A.C.R. Estratégias e ações para conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Instituto Biomass. p.41-65.
- Schedlbauer, J.L. & K.L. Kavanagh.** 2008. Soil carbon dynamics in a chronosequence of secondary forests in northeastern Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 255: 1326-1335.
- Schneider, P.R., C.A.G. Finger, V.G. Sobrinho & P.S.P. Schneider.** 2005. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de

acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Ciência Florestal* 15: 391-402.

Silva, C.F., M.G. Pereira, D.L. Miguel, J.C.F. Fernandes, A. Loss, C.E.G. Menezes & E.M.R. Silva. 2012. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do paraíba do sul (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36: 1680-1689.

Silva, R.F. 1998. Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) –

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil, 167 p.

Tabarelli, M., A.V. Aguiar, M.C. Ribeiro, J.P. Metzger, & C.A. Peres, 2009. Prospects for biodiversity in the Atlantic Forest: Lessons from human-modified landscapes. *Biological Conservation* 143: 2328-2340.

Zaia, F.C., A.C.G. Rodrigues & E.F.G. Rodrigues. 2008. Formas de fósforo no solo sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem no norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 1191-1197.