

OLDAIR VINHAS COSTA

**ESTOQUE DE CARBONO E INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO DE
TABULEIRO SOB PASTAGEM NO SUL DA BAHIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

OLDAIR VINHAS COSTA

**ESTOQUE DE CARBONO E INDICADORES DA QUALIDADE DE SOLO DE
TABULEIRO SOB PASTAGEM NO SUL DA BAHIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

APROVADA: 14 de outubro de 2004

Prof. Reinaldo Bertola Cantarutti
(Conselheiro)

Prof. Paulo Gabriel Soledade Nacif

Prof. Dilermando Miranda Fonseca

Prof. Raphael Bragança Alves Fernandes

Prof. Luiz Eduardo Ferreira Fontes
(Orientador)

A Deus.

A minha esposa Ana Elisa e ao mais novo integrante da família Gabriel.

À nossa família, pelo apoio incondicional.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	iv
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. Caracterização da região estudada	4
2.2. Delineamento de amostragem	4
2.3. Caracterização das áreas de estudo	5
2.4. Análises químicas, físicas e biológicas do solo	7
2.5. Avaliação da Biomassa	9
2.5.1. Áreas de Pastagem	9
2.5.1.1. Produção de fezes	10
2.5.2. Área de Mata	11
2.6. Análises Estatísticas	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
3.1. Características físicas do solo	14
3.2. Características químicas do solo	21
3.2.1. Estoque de Carbono	25
3.3. Característica microbiológica do solo	31
3.4. Análise da biomassa de planta e cobertura do solo	37
3.4.1. Áreas de Mata	37
3.4.2. Áreas de Pastagens	40
3.4.3. Cobertura do Solo	44
3.5. Caracterização geral	46
4. RESUMO E CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÊNDICE	63

RESUMO

COSTA, Oldair Vinhas, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2004.
Estoque de carbono e indicadores da qualidade de solo de tabuleiro sob pastagem no sul da Bahia. Orientador: Luiz Eduardo Ferreira Fontes.
Conselheiros: Liovando Marciano da Costa, Reinaldo Bertola Cantarutti e João Carlos Ker.

O presente trabalho foi realizado na Estação Experimental de Zootecnia do Extremo Sul (ESSUL - CEPLAC), localizada no município de Itabela – Bahia, e teve por objetivos avaliar os possíveis níveis de alteração em ambientes de pasto degradado e pasto produtivo com diferentes idades de uso, em comparação a ambiente mata natural, utilizando indicadores de qualidade do solo, bem como, avaliar a quantidade de carbono estocada nestas áreas. Para tal, foram selecionadas áreas com remanescentes de Mata Atlântica, pastos produtivos com diferentes idades de uso (2, 9 e 18 anos) e pasto mal manejado com 18 anos, situadas em relevo plano e na mesma classe de solo (Argissolo Amarelo). Nestes locais, foram alocadas três parcelas, para coletas de amostras de solo e posterior análises químicas, físicas e biológicas. Além disso, buscou-se estimar e mensurar, através de métodos indiretos e diretos, os teores de biomassa produzidos e estocados nos diferentes compartimentos do solo e da planta. Com os dados obtidos foi possível observar que, para a situação avaliada, todos os indicadores de qualidade utilizados foram eficientes em caracterizar os ambientes de mata nativa e de pastagens, mas nem todos foram capazes de distingui-los, sendo que, alguns deles se mostraram mais eficientes que outros nesta tarefa. A partir da análise das diversas características foi possível dividir, os cinco ambientes estratificados *à priori* em apenas três: mata, pastagem produtiva e pastagem degradada. Além disso, observou-se que, em geral, as

áreas de mata possuem uma quantidade de C três vezes maior que áreas de pastagens bem manejadas, podendo chegar a uma quantidade superior a quatro vezes àquela produzida em áreas de pasto degradado. A maior parte do C estocado na mata encontra-se na biomassa da parte aérea, enquanto que nas pastagens a maior proporção de C foi encontrada no compartimento solo. Sendo assim, a substituição da mata nativa por áreas de pastagens, ainda que bem manejadas, provocou, nas áreas da estação experimental, uma perda de 156,27 tC ha⁻¹, sendo esta perda ainda maior em pastos considerados degradados (172,95 tC ha⁻¹).

ABSTRACT

COSTA, Oldair Vinhas, D.S., Universidade Federal de Viçosa, October 2004. **Carbon stocks and quality indicators of tabuleiros soils under pastures in south of Bahia states, Brazil.** Adviser: Luiz Eduardo Ferreira Fontes. Committee Members: Liovando Marciano da Costa, Reinaldo Bertola Cantarutti e João Carlos Ker.

The present work was conducted at the Zoological Experimental Station of the Extreme South (ESSUL - CEPLAC) in the district of Itabela, Bahia, and had as its objectives to determine the level of alteration between natural forest and degraded and productive pastures under differing years of use, and to evaluate the amount of stored carbon under each system. For that purpose, remnants of the Atlantic Forest, productive pastures with different years of use (2, 9 and 18) and poorly handled pasture (18 years) were selected, situated on flat terrain and in the same soil class (Typic Paleudult). In each system, three areas were selected for soil sampling and subsequent chemical, physical and biological analyses. In addition, the amount of biomass produced and stored in the soil and plant compartments were estimated using direct and indirect methods. It was observed that all of the quality indicators used were efficient in characterizing the environments of the native forest and pastures. However, not all were able to distinguish them, but some of them were more efficient than others. After analyzing the different characteristics it was possible to reduce the *a priori* five stratified environments into three: forest, productive pasture and degraded pasture. Moreover, it was observed that forest areas sequestered three times the amount of C than areas with well-managed pasture, and four times than the amount stored in the degraded pasture. The largest portion of stored C in the forest resided in the aboveground biomass, while in pastures the greatest stock of C was found belowground.

This being so, in the areas of the Experimental Station the substitution of native forest for pasture under good management resulted in a loss of $156.27 \text{ t C ha}^{-1}$, and an even greater loss from the conversion to degraded pasture ($172.95 \text{ t C ha}^{-1}$).

1. INTRODUÇÃO

Localizado ao longo da costa atlântica brasileira, o bioma Mata Atlântica é considerado um dos ambientes mais ameaçados de extinção do mundo. No decorrer de mais de 500 anos de uso e ocupação, este ambiente foi e continua sendo amplamente explorado, certamente por estar inserido no núcleo de povoamento mais antigo do país. Na região Extremo Sul da Bahia, a construção da BR-101 e o incentivo do governo do Estado à atividade madeireira, que atingiu nível de destaque no município de Itabela, reduziram a área coberta pela Mata Atlântica para atuais 5%, em relação ao período inicial de colonização. Um dos responsáveis por esta redução foi a pecuária, que hoje é considerada uma das principais atividades econômicas da região.

Assim como a maioria dos sistemas agrícolas, as pastagens são monocultivos e estes, por suas características, são considerados uma das atividades humanas que mais degradam o ambiente. Numa visão mais ampla, a mudança de um sistema complexo como os ambientes de vegetação natural para sistemas de monocultivo considerados simples e instáveis, traz consigo, num primeiro instante, sérias alterações de ordem ecológica e ambiental. Posteriormente, a depender da forma de manejo e utilização, este novo ambiente, naturalmente mais pobre, pode atingir uma nova condição clímax produtiva e perfeitamente sustentável ou uma condição de degradação avançada.

Para Correia (1999), o desconhecimento do funcionamento global dos sistemas tanto naturais quanto de pastagens cultivadas em regiões tropicais, bem como das técnicas de manejo é o principal responsável pela degradação dos solos.

O sistema solo, em relação ao clima, à geologia e a outros fatores do ambiente, é considerado como o melhor estratificador de ambientes. Suas características, inclusive as topográficas, podem originar padrões intrincados de disponibilidade de recursos, como

água e nutrientes, o que influencia a vegetação, a sustentabilidade agrícola, a instabilidade à erosão e a biodiversidade, ocupando, desta forma, uma posição peculiar ligada às várias esferas que afetam a vida humana (Resende et al., 2002). Neste sentido, Doran e Zeiss (2000) afirmam que o solo funciona não somente para a produção de alimentos e fibras, mas também na manutenção da qualidade ambiental local, regional e global.

Consciente da importância do solo na preservação ambiental, a comunidade científica iniciou, no final do século passado, a discussão sobre a qualidade do solo e sua relação com a degradação dos recursos naturais e a sustentabilidade agrícola (AJAA, 1992 citado por Mielniczuk et al., 2003).

Nas últimas décadas, a preocupação com as reduções nos níveis de produtividade dos ambientes agropastoris associado à degradação dos mesmos, levou ao estabelecimento de conceitos como sustentabilidade, resiliência e qualidade ambiental. Estes conceitos visam estabelecer limites entre a conservação dos diferentes ecossistemas e a sua degradação perante as pressões de uso na busca da produtividade.

Dentre os diversos conceitos de qualidade do solo, a Sociedade Americana de Ciência do Solo citada por Singer e Ewing (1999), a define como “a capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar, e manter a saúde e habitação humana”.

Segundo Lal e Miller (1993), os conceitos de qualidade do solo, sustentabilidade e resiliência estão intimamente ligados sendo difícil discutir um sem mencionar o outro. Entretanto, esses termos, apresentam a desvantagem de serem qualitativos, vagos e subjetivos e, para que consigam atingir suas finalidades, deveriam ser quantitativos, precisos e objetivos. Desta forma, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas de avaliação quantitativos, baseados numa combinação de propriedades do solo ou em indicadores de qualidade que melhor reflitam as principais alterações em curso (Chaer, 2001).

Neste sentido, observa-se que a qualidade do solo está diretamente relacionada com a função que o mesmo exerce no momento da sua avaliação e, desta forma, os indicadores servirão para apontar as alterações ocorridas em relação ao funcionamento do solo tido como “ideal” (Singer e Ewing, 1999; Tótola e Chaer, 2002).

A preocupação com a mudança climática global, bem como com medidas mitigadoras do problema, principalmente envolvendo ciclagem e sequestro de carbono, têm colocado o sistema pastoril como um dos grandes responsáveis por alterações negativas no meio ambiente. Isto se deve, principalmente, ao fato deste sistema sempre aparecer em substituição a ambientes naturais de mata, havendo, com isso, grandes liberações de

carbono, principalmente, devido às práticas de formação e manutenção, em especial, quando se faz uso de queimadas. Além disso, o quadro é agravado quando são contabilizadas as emissões contínuas de gases provenientes de processos digestivos dos animais.

Apesar das críticas, ainda não existem dados conclusivos a respeito da quantidade de carbono que é liberado com a substituição de ambientes de mata nativa por sistemas de pastagens nem mesmo quanto de carbono é mantido e fixado nos diversos compartimentos deste novo ambiente, principalmente em se tratando do compartimento solo.

Nesse sentido, o presente trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar os possíveis níveis alteração em ambientes de pasto degradado e pasto produtivo com diferentes idades de uso, em comparação ao ambiente mata natural, por meio do uso de indicadores de qualidade química, física e biológica do solo, bem como, avaliar a quantidade de carbono estocada nestas áreas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da região estudada

O presente trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental de Zootecnia do Extremo Sul (ESSUL-CEPEC/CEPLAC) localizada município de Itabela (16°39'S - 39°30'W) que, segundo a divisão político-administrativa de SEI (1993), encontra-se inserido na região econômica Extremo Sul da Bahia.

O município de Itabela está dentro do domínio da Mata Atlântica, em área de transição entre os climas Am e Af, segundo a classificação de Köppen. De acordo com registros da estação climatológica, situada na ESSUL, a região apresenta precipitação anual média de 1.311 mm, com período mais chuvoso de novembro a janeiro, e temperatura média de 25°C, sem estação seca definida. Na região predomina o relevo plano (tabuleiro) a suave ondulado, apresentando dissecamentos com vales em “V”. Os solos predominantes são os Argissolos Amarelos desenvolvidos a partir de sedimentos argilo-arenosos do Terciário (Formação Barreiras). A área da ESSUL, segundo CEPLAC (1983), apresenta 56% da sua área em relevo plano, com domínio dos solos antes mencionados.

2.2. Delineamento de amostragem

As unidades amostrais foram definidas com base na homogeneidade das características de cada ambiente. Desta forma, foram escolhidas, na estação, áreas com remanescentes de Mata Atlântica, pastagem degradada e pastagem produtiva com diferentes idades de uso, que foram subdivididas em três parcelas, onde foram

realizadas as coletas de solo e planta. As áreas foram selecionadas em relevo plano e na mesma classe de solo (Argissolo Amarelo Distrófico abrupto).

2.3. Caracterização das áreas de estudo

As informações aqui registradas foram fornecidas por funcionários da ESSUL e também obtidas dos relatórios de campo de projetos experimentais anteriores, desenvolvidos nas áreas selecionadas.

Mata – Área de floresta secundária tropical perenifolia (Mata Atlântica) correspondente a Floresta Perenifolia Latifoliada Higrófila (CEPLAC, 1976), localizada nas proximidades do pasto com 2 anos, utilizada como referência para pesquisas realizadas na ESSUL.

Pastagem com 2 anos de uso (P2a) – Área de experimento com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, formada a partir de abril de 2000, após a remoção da vegetação existente (capoeira) por trator, sendo todo o material vegetal reunido em coivaras e queimado. Inicialmente efetuou-se a correção do solo com calcário dolomítico (1.500 kg ha^{-1}) e, algum tempo depois, na ocasião do plantio, procedeu-se a adubação com 40 kg ha^{-1} de N (uréia) e 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples), que foi repetida no mês seguinte. No segundo semestre foram efetuadas mais duas aplicações de 40 kg ha^{-1} de N (uréia) cada uma. Esta mesma adubação foi realizada dois anos depois. O sistema de pastejo utilizado é o rotativo com 28 dias de ocupação e 28 de descanso, mantendo quatro animais por hectare com o objetivo de se manter uma oferta de 6%.

Pastagem com 9 anos de uso (P9a) – Área de experimento de *B. brizantha* cv. Marandu, formada a partir de abril de 1994, portanto com nove anos de uso, com esta gramínea, no período de coleta. Esta área foi formada após o final de um experimento com *B. decumbens*, instalado em 1982, mas há relatos de que a mesma já vinha sendo utilizada com pastagens de *Braquiaria* desde 1975, antes da instalação da ESSUL. Desta forma, essa área apresentava-se com 28 anos de uso com pastagens, na época da coleta dos dados.

Para instalação do experimento com *B. brizantha* cv. Marandu a área foi, inicialmente, arada e gradeada e, em sequência, o solo foi corrigido com calcário dolomítico (300 kg ha^{-1}). No semeadura a área foi adubada com 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples) e com 30 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio), nos anos seguintes foram realizadas adubações de manutenção com 150 kg ha^{-1} de N (uréia), devidamente

parcelado, 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 15 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Inicialmente o experimento era em consórcio com a leguminosa *Stylosanthes guyanensis*, que persistiu durante os três anos iniciais. O sistema de pastejo utilizado era o rotativo com 7 dias de ocupação e 35 de descanso, mantendo-se em média dois animais por hectare. Em 1997 o experimento foi concluído e a área passou a ser utilizada no manejo de vacas do rebanho leiteiro comercial da ESSUL, sendo atualmente pastejado com 24 vacas com um dia de ocupação e 28 de descanso. Neste último período foram realizadas adubações de manutenção (80 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅) a cada três anos.

Pastagens com 18 anos de uso bem e mal manejadas(P18a e P18ad) – Ambas foram instaladas a partir de janeiro de 1985 (18 anos de uso no período de coleta) como parte de um experimento de *B. brizantha* cv. Marandu em consórcio com *Pueraria phaseoloides*. O consórcio com a leguminosa só persistiu nos três anos iniciais, o que Pereira e Santana (1990), atribuem estar associado à baixa competitividade e à baixa produção de sementes dessa leguminosa, em condições de pastejo.

No pasto bem manejado a vegetação original (capoeira em estágio inicial de desenvolvimento) foi removida por trator, amontoada e queimada. Em seguida a área foi arada e gradeada (15 cm de profundidade) e posteriormente o solo foi corrigido, antes do semeio com 90 kg ha⁻¹ de CaO, 35 kg ha⁻¹ de MgO e adubado, no semeio, com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ de K₂O, e 18 kg ha⁻¹ de S. Nos anos seguintes foram realizadas adubações de manutenção à base de 60, 12, 18, 12 e 12 kg ha⁻¹, dos nutrientes respectivamente citados anteriormente. O sistema de pastejo adotado era o rotativo com 7 dias de ocupação e 28 de descanso, mantendo-se em média dois animais por hectare. A partir de 1997, o experimento foi concluído e a área passou a ser utilizada no manejo das vacas leiteiras da ESSUL. Atualmente o sistema de pastejo utilizado continua sendo o rotativo, com um dia de ocupação e 28 de descanso, com uma lotação de 24 animais por hectare. Neste último período foram realizadas adubações de manutenção (80 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅) a cada três anos.

No pasto considerado mal manejado, diferentemente dos outros sistemas, a remoção da capoeira foi feita pelo uso do fogo em toda a área. Em seguida, foi promovida a aração e a gradagem (15 cm de profundidade) e, posteriormente, o solo foi corrigido, antes da semeadura, com 55 kg ha⁻¹ de CaO, 20 kg ha⁻¹ de MgO e adubado, no semeio, com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ de K₂O, e 33 kg ha⁻¹ de S. Nos anos seguintes foram realizadas adubações de manutenção à base de 20, 12, 12, 18 e 12 kg ha⁻¹, dos nutrientes respectivamente citados anteriormente. Como no pasto bem manejado, o consórcio com a leguminosa persistiu apenas nos três anos iniciais e o sistema de

pastejo adotado era o mesmo. Com a conclusão do experimento em 1997 a área passou a ser utilizada no manejo de grupos heterogêneos de animais (bovinos e eqüinos) da ESSUL, não sendo observado qualquer sistema de manejo adequado. Segundo os trabalhadores de campo, os animais (em média 10 por hectare) eram colocados na área “quando havia oferta de pasto” (forrageira suficientemente disponível) e “permaneciam nela até acabar o capim” (quantidade de pasto insuficiente). Neste último período não foram realizadas adubações de manutenção. Pelas características apresentadas nos últimos anos de uso, tais como baixa produção de forragem, elevada presença de plantas invasoras e de solo descoberto e, por análise visual do pasto, esta área foi considerada como degradada.

Em resumo, as áreas selecionadas para este estudo foram constituídas de uma mata nativa e quatro áreas de pastagens de *B. brizantha* (com 2, 9 anos e duas áreas com 18 anos de uso com esta gramínea), sendo as três primeiras pastagens sempre bem manejadas e a última, em franco processo de degradação há, pelo menos, seis anos (1997 a 2002). Vale a pena ressaltar que a pastagem com 9 anos de uso com a *B. brizantha*, já vinha sendo utilizada como pasto há pelo menos 28 anos.

2.4. Análises químicas, físicas e biológicas do solo

As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, sendo consideradas estas mesmas profundidades para as medições em campo (carbono mineralizável). Para a determinação da densidade do solo e umidade atual foram coletadas três amostras por parcela e, para a determinação das outras análises físicas, bem como das químicas, foi coletada uma amostra composta formada pela mistura de 20 amostras simples por parcela. As coletas e determinações de campo foram realizadas durante a estação chuvosa, no período de novembro de 2002 a janeiro de 2003.

As características físicas que incluíram, textura, argila dispersa em água, grau de dispersão, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, equivalente de umidade e umidade do solo, obtida na tensão de 1,5 Mpa (ponto de murcha permanente), foram determinadas segundo Embrapa (1997). Para obtenção dos valores de água disponível no solo (capacidade de campo – ponto de murcha permanente) a capacidade de campo (CC) foi calculada pela equação $CC = 0,081 + 0,888EU$, proposta por Ruiz et al. (2003) em que EU é o equivalente de Umidade.

As características químicas de solo avaliadas foram: carbono orgânico determinado pelo método proposto por Yeomans e Bremner (1988); pH em água, determinado na relação 1:2,5; Na^+ e K^+ , extraídos com HCl 0,05 mol L⁻¹ e dosados por

fotometria de chama; Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis, extraídos com KCl 1 mol L^{-1} e dosados por espectrofotometria de absorção atômica; H^+ e Al^{3+} , extraídos com acetato de cálcio mol L^{-1} ajustado a pH 7,0 e determinados por titulometria com NaOH e P, extraído por Mehlich-1 e determinado por espectrofotometria de absorção molecular, por meio da formação do complexo fosfomolibdico em meio reduzido conforme métodos sugeridos por Defelipo e Ribeiro (1981). Além disso, foi avaliada a abundância natural do ^{13}C , determinada em espectrômetro de massa de relações isotópicas (Finnigan DeltaPlus) acoplado a um analisador automático de C e N (Carlo Erba EA 1108), nas instalações do Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia (Embrapa).

Os cálculos para a obtenção dos valores da abundância natural do ^{13}C para as áreas de mata e pastagens seguiram o modelo descrito em Neill et al., (1996) e Koutika et al. (1997). Para a estimativa dos teores de C derivados da floresta e da pastagem os autores sugerem a seguinte fórmula:

$C_s \times \delta^{13}\text{C}_s = (C_f \times \delta^{13}\text{C}_f) + (C_p \times \delta^{13}\text{C}_p)$, onde C_s é o conteúdo de C total (dag kg^{-1}), C_f e C_p são proporções relativas do C da floresta e da pastagem, $\delta^{13}\text{C}_s$, $\delta^{13}\text{C}_f$ e $\delta^{13}\text{C}_p$ e δ_p são os respectivos valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) da camada de solo total, do C derivado da floresta e do C derivado do pasto e o valor médio do resíduo de plantas do pasto. O valor de $\delta^{13}\text{C}$ para a vegetação de floresta foi o determinado em cada profundidade de solo amostrada nas parcelas de mata e para as gramíneas foi utilizado o valor aproximado de -13‰ sugerido por Cerri (1993) e Neill et al. (1996).

Para determinação do teor de C orgânico total (ton ha^{-1}), levou-se em consideração a massa do solo referente à camada estudada e a densidade de cada uma delas.

Na tentativa de minimizar possíveis erros no cálculo dos teores de C, advindos da compactação do solo, promovida pelo pastejo, alguns autores (Veldkamp, 1993; Neill et al., 1996; Tarré et al., 2001), têm recorrido a correções destes teores, uma vez que, quando compactadas, amostras retiradas em camadas de solo da pastagem deixam de ser diretamente comparáveis com amostras na mata na mesma profundidade.

No presente trabalho, optou-se pela correção dos teores de C nas áreas de pasto, utilizando como referência a massa de solo encontrada em camadas equivalentes da mata, uma vez que o solo em questão, apresenta variações de textura e densidade do solo, ao longo do perfil, relativas a sua gênese.

A avaliação das características químicas terá como referência, além do ambiente de mata, a classificação para interpretação da fertilidade do solo proposta pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999). Essa comissão define faixas para características químicas dos solos consideradas desejáveis, com o

objetivo de orientar quanto ao uso adequado de corretivos e fertilizantes, para que o potencial da cultura possa expressar-se em termos de produtividade.

Optou-se por utilizar as referências da comissão de fertilidade mineira em detrimento da baiana, uma vez que ambas utilizam procedimentos e métodos parecidos, sendo que a primeira está mais atualizada.

Como características biológicas dos solos foram avaliados o carbono da biomassa microbiana (Islam e Weil, 1998) e atividade respiratória da biomassa microbiana (C mineralizável), determinada em campo (Assis Júnior, 2000), e em laboratório (Kennedy e Smith, 1995). A determinação em campo foi feita nas três profundidades do solo já descritas, e na superfície do solo, sob a manta orgânica. Para a determinação em laboratório foram coletadas amostras compostas a partir de 15 amostras simples retiradas nas três profundidades do solo, que foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo, objetivando amenizar o efeito da amostragem, por alteração de umidade e temperatura sobre a biomassa microbiana. Ao serem encaminhadas ao laboratório, as amostras foram acondicionadas em câmara fria a uma temperatura de 5 °C, para ser utilizada na determinação de C da biomassa e C mineralizável. Nestes casos, nenhum umedecimento do solo foi realizado, tendo em vista que a umidade das amostras ultrapassava os 60% da capacidade de campo, proposto para utilização destes métodos.

O quociente metabólico (Anderson e Domsch, 1990) foi calculado pela relação entre os valores de carbono mineralizável determinado em laboratório e o carbono da biomassa microbiana. O quociente microbiano foi calculado pela percentagem do carbono da biomassa microbiana em relação ao carbono orgânico total (Chaer, 2001).

A intensidade da degradação das pastagens foi caracterizada pela produção de biomassa e pela cobertura do solo e incidência de plantas espontâneas, estimadas por meio do método da corda, descrito por Costa et al. (2000).

2.5. Avaliação da Biomassa

2.5.1. Áreas de Pastagem

Para a estimativa de biomassa nas áreas de pastagem foi utilizado o método direto ou destrutivo, uma vez que se considera que o mesmo forneça medidas mais exatas se bem conduzido. Para isso, após o período de ocupação das áreas pelos animais, as mesmas foram fechadas e, em cada parcela, após um período de crescimento de 28 dias, foram coletadas amostras de planta, manta orgânica e raízes.

As plantas foram cortadas rente ao solo, após um período de 28 dias em crescimento, num total de 10 amostras simples (quadrado de 1m²) para formar uma amostra composta. Em seguida, da mesma forma, coletou-se todo o material vegetal referente à manta orgânica (BBP). Cada amostra composta de planta foi pesada e dela foram retiradas uma sub-amostra de aproximadamente 2 kg para separação da biomassa total (BBT), posteriormente separada em biomassa seca (BBS), biomassa verde da *B. brizantha* (BBV), invasoras (BBI), leguminosas (BBL) e outras gramíneas, no caso a *B. humidicola* (BBH). A BBV foi separada em talo verde (BBTV) e folha verde (BBFV) e a partir destes dados calculou-se a relação folha/haste de cada um dos pastos. De cada uma destas frações foram retiradas amostras de aproximadamente 250 g para determinação da matéria seca total, realizada em estufa com circulação forçada de ar a 105°C.

Vale ressaltar que não se pode considerar que a biomassa obtida por este processo represente a produção total da planta, após um período de 28 dias em crescimento, pois no momento em que o pasto foi fechado, havia o resíduo do pastejo e no momento da coleta das amostras a biomassa em campo representava o crescimento do pasto, no período, mais o resíduo de planta deixado pelos animais. Desta forma a amostra obtida representa a quantidade de biomassa real, encontrada em campo toda vez que os animais retornam após 28 dias de crescimento da gramínea livre de pastejo.

Para avaliação da biomassa de raiz, coletou-se, em cada parcela, nas profundidades estudadas, um bloco de solo com um volume de 500 cm³. Em laboratório estes blocos foram desagregados e peneirados para completa remoção do solo e separação das raízes.

O estoque de carbono em pastagens foi avaliado a partir das análises deste elemento (via úmida) na planta (parte aérea e raízes), na manta orgânica e nas fezes, pelo método proposto por Yeomans e Bremner (1988).

2.5.1.1. Produção de fezes

Uma semana após a entrada dos animais nas áreas foram coletadas amostras compostas de fezes fresca, formadas pela mistura de cinco amostras simples (placas de fezes) por parcela.

A quantidade de fezes produzida pelos animais, presentes em cada área por ciclo de pastejo, foi calculada com base nos dados obtidos nos relatórios de campo de cada área, pelas informações fornecidas por funcionários da ESSUL e com base em dados da literatura. Os dados levantados para o cálculo foram relativos ao tipo, tamanho e

número de animais em cada área; a quantidade defecada por animal e ao período de permanência dos animais na área.

No pasto com 2 anos (P2a), na época de coleta de dados, pastejavam em média quatro garrotes (média de 220 kg cada) por hectare, que permaneciam na área 28 dias por ciclo de pastejo. Nos pastos com 9 e 18 anos (P9a e P18a, respectivamente) pastejavam em média 24 vacas (450 kg cada) que permaneciam na área apenas um dia por ciclo de pastejo e o pasto com 18 anos, mal manejado (P18ad), era utilizado por um misto de animais numa taxa de lotação de mais ou menos 10 animais por hectare por um período médio de 20 dias. Este último período foi calculado levando-se em conta a produção de forragem na área e o consumo médio dos animais, uma vez que os funcionários de estação não souberam precisar o tempo de permanência na área, pois neste caso os animais “pastejavam até acabar a forragem”.

De acordo com Monteiro e Werner (1999) os bovinos defecam de 11 a 16 vezes por dia e produzem, em cada evento, 1,5 a 2,7 kg de fezes. Para os cálculos da quantidade de fezes produzida pelos animais, neste estudo, considerou-se que as vacas defecaram 14 vezes por dia, produzindo 2,7 kg por vez, e que os garrotes defecaram 11 vezes por dia produzindo 2,3 kg por vez, sendo considerados estes números para chegar a uma produção próxima a 25,5 kg de fezes cabeça⁻¹ dia⁻¹, valor citado por Spain e Salinas (1985) para bovinos adultos de mais ou menos dois anos de idade. Para o misto de animais foi considerada a média destes valores para obtenção da quantidade de esterco produzida.

2.5.2. Área de Mata

Devido às dificuldades impostas pela estimativa direta da biomassa de floresta por meio de métodos destrutivos (custo, tempo, recursos financeiros e humanos adequados), optou-se por empregar métodos indiretos (não destrutivos), baseados nas relações alométricas existentes entre o peso das árvores e suas dimensões (diâmetro a altura do peito – DAP, altura – H e densidade das árvores).

Para a estimativa de biomassa nas áreas de mata no município de Itabela, foram utilizados dados de inventários fitossociológicos, encontrados na literatura, obtidos por CEPLAC (1976) e Silva (1990), para os municípios de Belmonte, Itamaraju, Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália (região Extremo Sul da Bahia) em condições de solo e relevo semelhantes às encontradas nas áreas do presente estudo.

A partir dos valores de DAP obtidos por Silva (1990), foi possível, por meio da fórmula proposta por Brown et al. (1989), estimar a biomassa da parte aérea, em ambientes

de mata. Estes últimos autores sugerem modelos adaptados a regiões tropicais com diferentes regimes de precipitação e umidade. Desta forma, existem modelos para regiões secas ($< 1500 \text{ mm ano}^{-1}$ e uma estação seca longa), úmidas ($1500 \text{ e } 4000 \text{ mm ano}^{-1}$, sem estação seca definida) e muito úmida ($> 4000 \text{ mm ano}^{-1}$, sem estação seca).

Apesar do índice de precipitação do município de Itabela ser de 1.311 mm anuais, no presente trabalho, optou-se por utilizar o modelo proposto para regiões úmidas uma vez que a região estudada não possui uma estação seca prolongada e bem definida. De acordo com o modelo tem-se: $Y = \exp[-2,134 + 2,530 \times \ln(D)]$ onde, Y = biomassa da parte aérea em kg por árvore e D = diâmetro a altura do peito em centímetros.

Os valores de biomassa encontrados foram multiplicados pelo número de exemplares por hectare para obter-se a biomassa por unidade de área (t ha^{-1}). Os cálculos de biomassa da parte aérea para a área de mata foram realizados com base em DAPs iguais ou superiores a 5,0 cm, conforme recomendação da fórmula. Abaixo desta classe de diâmetro utilizou-se como referência o teor de biomassa do estrato herbáceo e arbustivo medido por Silva (1990) que, somados à quantidade de biomassa do sistema radicular (até 20 cm do solo) e da manta orgânica, também medidos pelo autor, forneceu a quantidade total de biomassa para a área de mata.

Além da biomassa de raízes fornecida por Silva (1990) este mesmo componente foi também calculado pela fórmula proposta por Cairns et al. (1997) e Brown (2002): $BR = \exp[-1,085 + 0,926 \ln(B)]$, onde BR representa a biomassa de raízes e B a biomassa da parte aérea em kg.

Para conversão da biomassa em carbono, foi utilizado um fator de correção de 0,5 correspondente a concentração de carbono nas espécies de plantas florestais como sugerido por MacDicken (1997) e Tiepolo et al. (2002).

2.6. Análises Estatísticas

Os resultados obtidos na caracterização química, física e biológica foram submetidos à análise estatística utilizando os procedimentos de métodos lineares generalizados – contrastes (PROC GLM / MANOVA) e a análise de variáveis canônicas (PROC CANDISC / MANOVA) de acordo com SAS INSTITUTE (1988). Para isso os sistemas de uso e as diferentes profundidades foram considerados como fontes de variação. Com a análise da variância multivariada foram avaliadas as probabilidades de erro para aceitação ou rejeição das hipóteses de igualdade para os contrastes entre as médias dos diversos sistemas de uso em cada grupo de características, aplicando-se para isso o teste de Wilks' Lambda.

Para a análise de variáveis canônicas não foi possível utilizar um conjunto inicial contendo todas as variáveis devido ao seu elevado número (total de 34). De acordo com Regazzi (2000), na análise de variáveis canônicas, o número de variáveis utilizadas no modelo deve ser menor que o número de observações de cada variável. No presente estudo, obteve-se, a partir das três repetições e cinco ambientes, um total de 15 observações por variável, o que impossibilitou uma análise com todas as variáveis ao mesmo tempo.

Desta forma, as variáveis estudadas foram separadas em grupos de análises físicas (areia, silte, argila, argila dispersa em água, grau de dispersão, densidade do solo, porosidade total, água disponível e umidade atual); químicas (pH, Ca, Mg, Na, K, Al, H, SB, CTC, V, C, %C derivado da floresta e P) e microbiológicas (C da biomassa microbiana, C mineralizável determinado em campo e laboratório, quociente metabólico e quociente microbiano) obtidas nas diferentes camadas do solo. Além disso, foram agrupados os teores de carbono encontrados para os diferentes compartimentos (parte aérea, cobertura morta, raiz e solo); bem como os dados referentes à biomassa de planta (matéria seca da parte aérea e raiz) e a cobertura do solo (cobertura total do solo, solo descoberto, cobertura morta, cobertura com *B. brizantha* e cobertura com invasoras) onde apenas as pastagens foram consideradas.

Os resultados ainda foram submetidos à análise de variância univariada, em modelo no qual foram considerados como fontes de variação os diferentes sistemas de uso do solo (PROC ANOVA – SAS INSTITUTE, 1988). Neste caso considerou-se os cinco ambientes como dispostos em delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições, sendo que as análises de variância das variáveis de resposta foram efetuadas, em separado, para cada uma das profundidades de solo selecionadas. Para as comparações entre as médias foi utilizado o teste de Duncan ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, as características avaliadas confirmam que a mudança no uso da terra provocou alterações da cobertura vegetal e do solo nas camadas estudadas. Isso decorre do processo de conversão da floresta para a pastagem - derruba da mata, queima do material derrubado, formação da pastagem, pisoteio do gado e tratos de manutenção deste novo ambiente, em especial a adubação e o sistema de manejo dos animais nos pastos.

As análises de variância multivariadas realizadas para as variáveis físicas, químicas e biológicas dos solos, bem como para aquelas obtidas com a biomassa de planta e cobertura do solo nas áreas estudadas, mostraram diferenças significativas entre os sistemas de uso ($p=0,0001$).

3.1. Características físicas do solo

A comparação entre as médias (contrastes) dos diversos sistemas de uso, para as variáveis físicas do solo (Quadro 1), mostra que a mata difere significativamente ($p<0,05$), das quatro pastagens nas três camadas estudadas, à exceção do pasto com 2 anos de uso, na camada de 15 a 30 cm. Entre os sistemas de pastagens, o pasto com 2 anos de uso, apenas não difere significativamente do pasto com 9 anos de uso, que não difere dos pastos com 18 anos de uso bem e mal manejados e que por sua vez não diferem entre si ($p<0,05$), nas três camadas estudadas.

Quadro 1 - Probabilidade de erro para a rejeição da hipótese de nulidade dos contrastes entre Ambientes – análise multivariada para as características físicas do solo (teste de Wilks' Lambda) – em áreas de mata nativa e pastos com 2 (P2a), 9 (P9a) e 18 (P18a) anos de uso bem manejados e 18 anos de uso mal manejado (P18ad)

CAMADA 0 – 5 cm					
Uso	Mata	P2a	P9a	P18a	P18ad
Mata	1	0,0024	0,0007	0,0001	0,0001
P2a		1	0,5266	0,0321	0,0023
P9a			1	0,3507	0,1338
P18a				1	0,0544
P18ad					1
CAMADA 5 – 15 cm					
Mata	1	0,0015	0,0091	0,0001	0,0008
P2a		1	0,5437	0,0083	0,0114
P9a			1	0,0871	0,2938
P18a				1	0,5826
P18ad					1
CAMADA 15 – 30 cm					
Mata	1	0,1312	0,0348	0,0001	0,0004
P2a		1	0,0872	0,0004	0,0103
P9a			1	0,0004	0,0626
P18a				1	0,1206
P18ad					1

Com a análise de variáveis canônicas, realizada para as características físicas dos solos, nas três camadas estudadas, foi possível explicar nas três primeiras canônicas (Quadro 2), aproximadamente, 88% da variância total, o que permitiu a elaboração de um gráfico tridimensional, para a visualização das semelhanças entre os ambientes.

Quadro 2 – Autovalores e percentagem de variação explicada, associados às variáveis físicas, em camadas de 0-5 cm, 5-15 cm, e 15- 30 cm de solo, sob diferentes sistemas de uso, analisadas por variáveis canônicas (CAN)

Componente	Autovalor	% Variação total	% Acumulada
CAN1	11,58	46,61	46,61
CAN2	7,29	29,33	75,94
CAN3	2,98	12,00	87,94

A partir do gráfico gerado (Figura 1) pode-se observar que as duas primeiras camadas do solo sob mata (estrelas e paus laranja) se diferenciam claramente, pela maior distância gráfica, da ultima camada deste sistema (pirâmide laranja) e de todas as camadas dos sistemas pastoris, concentrando-se na região do gráfico com os valores mais elevados da variável canônica 1 e os menores valores da canônica 2. Mais à direita do gráfico (valores mais baixos para a primeira variável canônica), pode-se observar que a camada de 15-30 cm da mata (pirâmide laranja) está bastante próxima das camadas de 0-5 cm (estrela) e 5-15 cm (paus), de todos os pastos. A partir daí nota-se apenas uma tendência de agrupamento da camada de 5-15 cm dos pastos, na parte alta do gráfico (valores mais elevados das canônicas 2 e 3), e da camada de 15-30 cm (pirâmide) na região que apresenta os valores mais baixos para a primeira variável canônica.

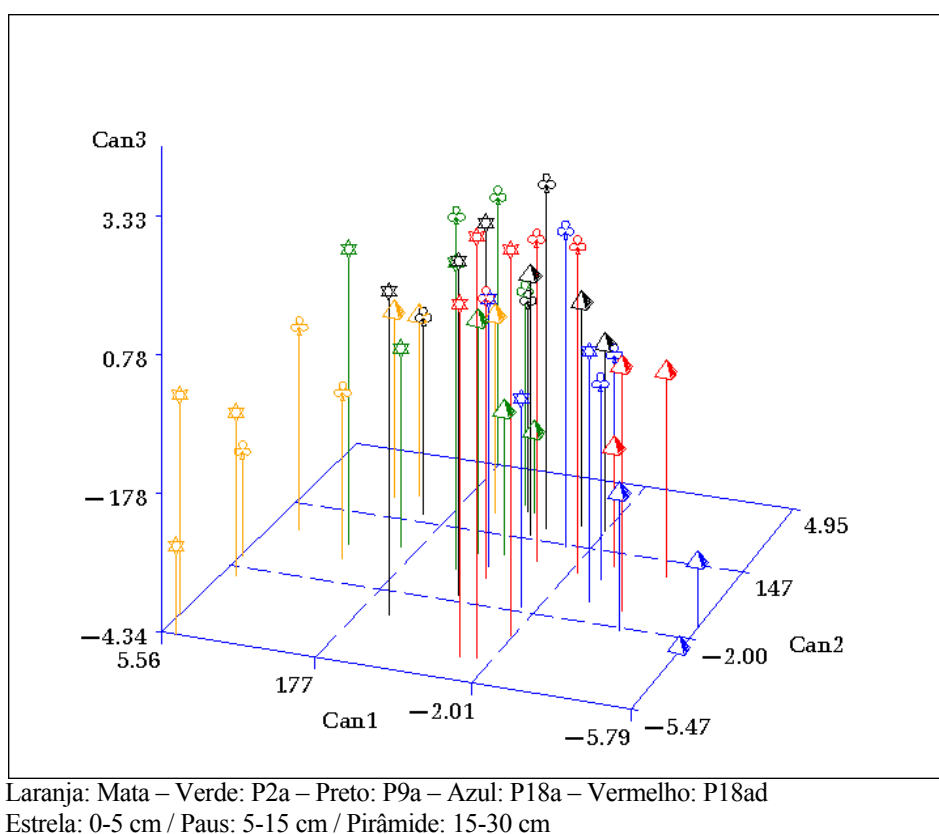


Figura 1 – Dispersão gráfica dos ambientes mata e pastos com 2, 9 e 18 anos de uso, bem e mal manejados (P2a, P9a, P18a e P18ad, respectivamente), segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis: areia, silte, argila, argila dispersa em água, densidade do solo, porosidade total, água disponível e umidade atual.

Além das análises anteriores, Cruz e Regazzi (1994) sugerem a observação dos valores de coeficiente de ponderação e correlação na identificação tanto das variáveis que melhor determinam as canônicas quanto das variáveis de menor importância para a divergência entre os tratamentos, sendo estas últimas passíveis de descarte. Para isso, são considerados os coeficientes de ponderação de maior magnitude, em valor absoluto, nas primeiras variáveis canônicas, no primeiro caso, e nas últimas no segundo. Fato curioso, constatado no presente estudo, é que, muitas vezes, uma variável passível de descarte por apresentar maior coeficiente de ponderação na última canônica, também apresentou maior valor nas primeiras canônicas, sendo considerada a variável de maior peso para determinação da canônica. Desta forma, este tipo de análise não foi considerado no presente estudo uma vez que se trata, ainda, de assunto polêmico e controverso.

As observações feitas com o uso das análises multivariadas evidenciaram as modificações, principalmente na camada mais superficial do solo quando o ambiente de mata foi substituído pela pastagem. Entretanto, somente com esta análise, não fica claro em qual ambiente as características destacadas são mais pronunciadas ou mesmo qual o comportamento de cada variável na indicação das alterações ocorridas com os anos de uso com pastagem (2, 9 e 18 anos) ou com os diferentes sistemas de manejo da pastagem (bem ou mal conduzidos).

Uma vez que as análises multivariadas permitiram apenas a distinção entre os ambientes de forma generalizada, fez-se necessário o uso de uma análise mais específica dos dados levando-se em consideração as variações encontradas em cada uma das características estudadas, responsáveis pela distinção dos ambientes. Esta especificidade foi obtida por meio de análises univariadas como análise de variância e teste de médias.

Apesar de pertencerem à mesma classe de solo (Argissolo Amarelo Distrófico abrupto), foram detectadas diferenças significativas, ($p < 0,05$), entre os teores de areia, silte e argila para as três camadas de solo e sistemas de uso (Quadro 3). As maiores diferenças foram observadas em relação ao solo encontrado no pasto bem manejado com 18 anos de uso (pasto 3), que apresentou maior teor de argila e de argila dispersa em água e menor teor de areia nas três camadas.

As diferenças anteriormente mencionadas, provavelmente, são devidas a pequenas variações em nível de micro-relevo, comuns em áreas dos tabuleiros costeiros. Estas variações, muitas vezes, são encontradas em abaciados com camadas superficiais um pouco mais arenosas entre si, e em áreas mais argilosas encontradas nas bordas destes abaciados ou dos tabuleiros (caso do pasto com 18 anos de uso) dada pela maior

suscetibilidade aos processos erosivos que tendem a remover o horizonte A, mais arenoso e expor o horizonte B, mais argiloso.

Muitas vezes esta diferenciação entre camadas não são detectados nas análises de solos, com fins de levantamento, uma vez que neste caso são coletadas amostras que representam a média de todo o horizonte e não de camadas seccionadas dentro de cada horizonte, como foi realizado no presente estudo.

Apesar da diferença entre o valor de argila dispersa em água encontrada no pasto com 18 anos de uso bem manejado (P18a) e aqueles encontrados nos outros ambientes para as três camadas de solo, esta diferença não foi constatada para o grau de dispersão do solo (Quadro 3). Uma vez que o grau de dispersão é uma medida relativa entre a argila naturalmente dispersa e o teor total de argila (Embrapa, 1997) pode-se inferir que a diferença encontrada para o teor de argila dispersa em água reflete apenas o maior teor de argila encontrado no solo do P18a e não uma possível instabilidade dos agregados do solo provocada pelo mau uso.

Além das diferenças entre as classes texturais do solo dos diferentes ambientes, foram encontradas diferenças significativas nos valores de densidade do solo, porosidade total, água disponível e umidade atual (Quadro 3).

Os dados referentes à densidade do solo revelaram aumento significativo dos mesmos, quando a mata foi substituída por pastagens. No primeiro ambiente estes valores foram de $0,90 \text{ kg dm}^{-3}$ e $1,15 \text{ kg dm}^{-3}$, para as camadas de 0-5 e 5-15 cm, respectivamente, enquanto que nas pastagens, as pressões mecânicas exercidas nos solos tanto no período de formação dos pastos quanto pelo pisoteio do gado, proporcionaram valores mais altos de densidade do solo nestas duas camadas, apresentando valores médios de $1,36 \text{ kg dm}^{-3}$ na primeira e $1,48 \text{ kg dm}^{-3}$ na segunda.

Na camada de 15-30 cm, apesar das diferenças significativas entre os sistemas, não se pode concluir que aí ainda exista influência do pastejo no aumento da densidade, uma vez que não se observa diferenças entre os valores encontrados na mata e nos pastos com 2 e 18 anos de uso. Os valores mais elevados de densidade, encontrados nesta camada, podem ser explicados pela redução nos teores de matéria orgânica em profundidade. Em trabalho de revisão a respeito do impacto animal sobre o solo, Cantarutti et al. (2001) mostram que, em geral, a compactação devido ao tráfego animal ocorre nos primeiros centímetros do solo, podendo estes efeitos ser encontrados até os 15 cm, fato também observado no presente trabalho.

Quadro 3 – Características físicas das amostras de solo coletadas em áreas de mata nativa e pastagens de *B. brizantha* bem manejadas com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e mau manejada com 18 anos de uso (P18ad)

Uso ⁽¹⁾	ARE ⁽²⁾	SIL ⁽³⁾	ARG ⁽⁴⁾	ADA ⁽⁵⁾	GD ⁽⁶⁾	DS ⁽⁷⁾	PT ⁽⁸⁾	AD ⁽⁹⁾	UA ⁽¹⁰⁾
	----- dag kg ⁻¹ -----					kg dm ⁻³	dm ³ dm ⁻³	----- m ³ m ⁻³ -----	
CAMADA 0 – 5 cm									
Mata	87a	2c	11b	3b	28a	0,90b	0,68a	0,09c	0,09c
P2a	82ab	3bc	15b	3b	24a	1,39a	0,49b	0,10bc	0,11c
P9a	80b	6ab	14b	4b	30a	1,38a	0,49b	0,12ab	0,14bc
P18a	69c	6ab	25a	7a	29a	1,35a	0,51b	0,13a	0,17b
P18ad	77b	8a	15b	4b	24a	1,32a	0,51b	0,12ab	0,25a
CAMADA 5 – 15 cm									
Mata	86a	2b	12c	4b	38a	1,15b	0,60a	0,11b	0,07b
P2a	78b	2b	20b	5ab	27a	1,57a	0,44b	0,12ab	0,12ab
P9a	78b	5a	17bc	6ab	36a	1,48a	0,48b	0,13ab	0,11ab
P18a	65c	6a	29a	9a	30a	1,46a	0,46b	0,14a	0,16a
P18ad	74b	7a	19bc	5ab	28a	1,42a	0,49b	0,13ab	0,13a
CAMADA 15 – 30 cm									
Mata	78a	2b	20b	6b	30a	1,40c	0,52a	0,11a	0,10a
P2a	71ab	2b	27b	9ab	33a	1,44bc	0,49ab	0,12a	0,32a
P9a	69b	6a	25b	9ab	37a	1,53ab	0,46ab	0,11a	0,13a
P18a	55c	8a	37a	14a	37a	1,38c	0,51a	0,08b	0,19a
P18ad	66b	8a	26b	11ab	41a	1,58a	0,44b	0,09ab	0,16a

(1) Sistema de uso do solo; (2) areia; (3) silte; (4) argila; (5) argila dispersa em água; (6) Grau de dispersão (7) densidade do solo; (8) porosidade total ; (9) água disponível; (10) umidade atual.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Duncan (p<0,05).

Como consequência do aumento da densidade do solo nos ambientes pastoris, a quantidade total de poros sofreu reduções consideráveis em relação à mata, principalmente, nas duas primeiras camadas. Esta variável apresentou diferença significativa em relação às pastagens, provavelmente devido às pressões físicas impostas pelo uso mais intenso das áreas que provocam mudanças na relação massa/volume dos solos. Assim, observa-se que, onde a pressão de uso foi maior, a densidade do solo aumentou e, conseqüentemente, a porosidade total do solo diminuiu, fato constatado quando comparações são feitas entre os ambientes de mata e os pastoris.

Os resultados encontrados para água disponível (Quadro 3) mostram que praticamente não houve mudanças nos níveis de disponibilidade de água para as plantas nos solos estudados, sendo os valores encontrados, em todos os sistemas (0,08 m³ m⁻³ a 0,14 m³ m⁻³), considerados próximos da média estimada para solos arenosos. De acordo com Kiehl (1979) a água disponível é, em média, de 0,10 m³ m⁻³ para solos arenosos e

de 0,15 a 0,20 m³ m⁻³ para solos mais argilosos, sendo que a amplitude de variação da água disponível nos solos vai de 0,05 a 0,20 m³ m⁻³.

Apesar de estarem próximos da média para solos arenosos, os valores de água disponível, encontrados, mostram diferenças significativas entre os solos dos ambientes estudados, para as três profundidades. Na mata foram encontrados os menores valores, provavelmente devido aos menores teores de argila do solo deste ambiente. De forma análoga, o pasto com 18 anos de uso (P18a) apresentou os maiores valores, nas duas primeiras camadas, provavelmente em consequência do maior teor de argila.

Além dos fatores ligados à textura do solo, os maiores teores de água disponível, encontrados nas pastagens, podem ser explicados pelo fato de o ambiente pastoril sofrer compressões pelo pastejo do gado, que causam aumento da densidade do solo nas camadas superficiais, geralmente arenosas, fazendo com que o volume e o tamanho dos macroporos sofressem reduções, o que possibilitou aumento na capacidade de retenção de água destas camadas, fato também constatado por Costa (2000).

Os dados de umidade atual (Quadro 3) evidenciam que no momento da coleta, a umidade do solo, principalmente na camada superficial, apresentava-se significativamente diferente entre os sistemas de uso, sendo que a mata apresentou os menores valores em todas as profundidades (média de 0,09 m³ m⁻³).

De acordo com os registros meteorológicos da ESSUL/CEPLAC, no dia da coleta foram registrados 7,9 mm de chuva, após um período de 30 dias sem maiores ocorrências. Neste caso, fica evidenciado que após uma precipitação, as áreas com menor cobertura do solo permitem que este se umedeça mais facilmente, fato observado nas pastagens, principalmente no pasto mal manejado (P18ad). No caso da mata, a interceptação pela copa das árvores reduz a quantidade de água que alcança o solo com as primeiras chuvas, fazendo com que este permaneça seco após decorrido algum tempo.

Por apresentarem menor cobertura vegetal, os solos das áreas de pastagens sofrem maiores variações de umidade e isso pode fazer com que haja aumento na intensidade dos ciclos de umedecimento e secagem, enquanto que na mata a maior cobertura do solo proporciona um ambiente mais estável com menores variações de umidade e ciclos de umedecimento e secagem. De acordo com Costa et al. (2002), quanto mais exposto estiver um solo, maior será o efeito dos ciclos de umedecimento e secagem que em parte são responsáveis pela formação de crostas superficiais e aumento na densidade dos solos o que dificulta o movimento vertical de água no perfil e o crescimento das raízes.

3.2. Características químicas do solo

O quadro de comparações para as variáveis químicas do solo (Quadro 4), mostra que a mata e o pasto mal manejado (P18ad) diferem, significativamente, entre si e entre os outros pastos ($p < 0,01$), nas três camadas de solo estudadas. O pasto com 2 anos não difere significativamente dos pastos com 9 e 18 anos bem manejados, que por sua vez diferem entre si ($p < 0,01$), nas três camadas estudadas.

Com a análise de variáveis canônicas, realizada para as características químicas dos solos, foi possível agrupar nas três primeiras canônicas (Quadro 5) 78% da variância total permitindo a elaboração de um gráfico tridimensional, para a visualização das semelhanças entre os ambientes.

Quadro 4 – Probabilidade de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre ambientes – análise multivariada para as características químicas do solo (teste de Wilks' Lambda) – em áreas de mata nativa e pastos com 2 (P2a), 9 (P9a) e 18 (P18a) anos de uso bem manejados e 18 anos de uso mal manejado (P18ad)

CAMADA 0 – 5 cm					
Uso	Mata	P2a	P9a	P18a	P18ad
Mata	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
P2a		1	0,0542	0,0224	0,0003
P9a			1	0,0001	0,0001
P18a				1	0,0005
P18ad					1
CAMADA 5 – 15 cm					
Mata	1	0,0010	0,0001	0,0004	0,0001
P2a		1	0,0416	0,2240	0,0016
P9a			1	0,0011	0,0001
P18a				1	0,0004
P18ad					1
CAMADA 15 – 30 cm					
Mata	1	0,0020	0,0004	0,0149	0,0001
P2a		1	0,3485	0,1565	0,0001
P9a			1	0,0016	0,0001
P18a				1	0,0003
P18ad					1

Quadro 5 – Autovalores e % de variação explicada, associados às variáveis químicas de solos sob diferentes sistemas de uso, em camadas de 0-5 cm, 5-15 cm, e 15- 30 cm, analisadas por variáveis canônicas (CAN)

Componente	Autovalor	% Variação total	% Acumulada
CAN1	15,46	33,37	33,37
CAN2	13,55	29,25	62,62
CAN3	7,07	15,25	77,87

A partir da figura 2 pode-se observar que o pasto com 18 anos de uso, mal manejado (vermelho), diferencia-se claramente, pela maior distância gráfica, das outras áreas, nas três profundidades de solo estudadas, concentrando-se na região do gráfico com os valores mais elevados da variável canônica 1 e os menores valores da canônica 2.

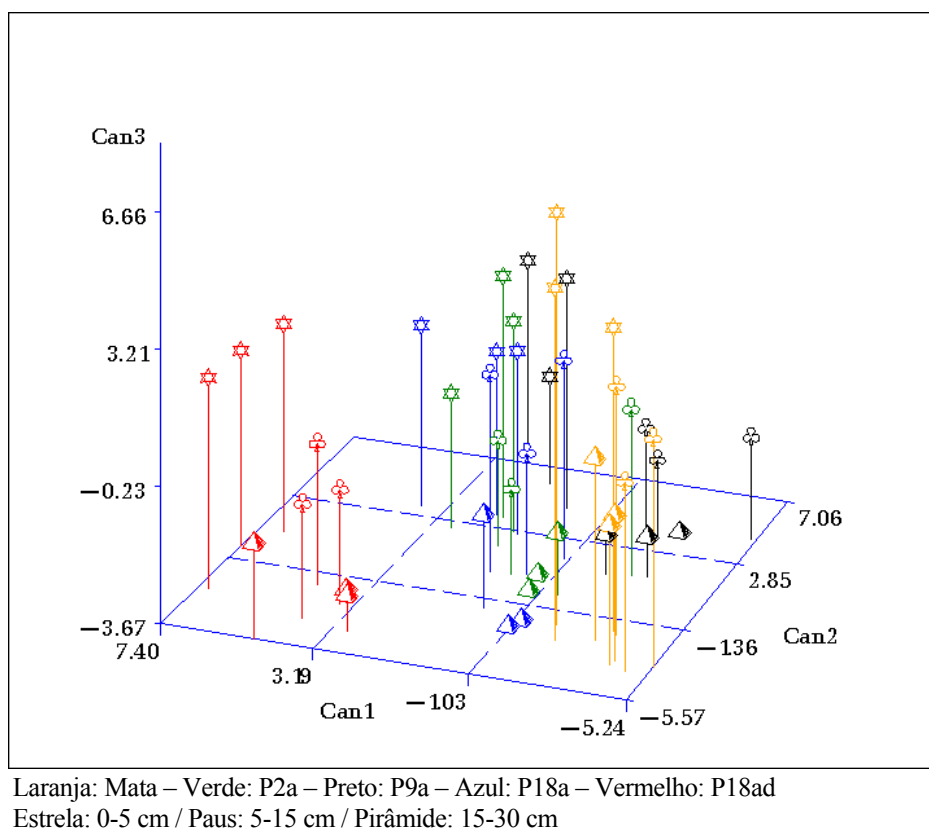


Figura 2 – Dispersão gráfica dos ambientes mata e pastos com 2, 9 e 18 anos de uso bem e mal manejados (P2a, P9a, P18a e P18ad, respectivamente), segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis: pH, Ca, Mg, K, Al, H, P, saturação por bases, C do solo e C do solo derivado da floresta.

Entre os outros sistemas (pastos com 2, 9 e 18 anos de uso, bem manejado e mata) não há uma diferenciação clara, a não ser entre as camadas superficiais (estrelas), que tendem a se concentrar entre os valores intermediários da canônica 1 e os mais elevados da canônica 2 e, as mais profundas (pirâmides) que se posicionam na região de menores valores das canônicas 1 e 2. A camada de 5-15 cm (paus) não mostra uma tendência de agrupamento isolado como as outras.

Apesar das correções e adubações de solos realizadas nas pastagens e da discriminação do P18ad obtida segundo as variáveis canônicas, os dados referentes às características químicas do solo (Quadro 6), avaliados através do teste de médias, não refletem, de maneira clara, diferenças entre estes ambientes e a mata.

Quadro 6 – Características químicas das amostras de solo coletadas em áreas de mata nativa, pastagens de *B. brizantha* bem manejadas com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e mal manejada com 18 anos de uso (P18ad)

Uso ⁽¹⁾	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	SB ⁽²⁾	CTC ⁽³⁾	V ⁽⁴⁾	K ⁺	P ⁽⁵⁾
	H ₂ O	----- cmol _c .dm ⁻³ -----				-----			%	--mg.dm ⁻³ --	
CAMADA 0 – 5 cm											
Mata	5,3b	2,4a	0,6a	0,1a	0,2a	10,1a	3,2ab	13,5a	23,3ab	47b	1,7b
P2a	6,0a	2,1ab	0,8a	0,1a	0,0a	8,4ab	3,1ab	11,5a	26,6a	51b	5,2a
P9a	6,0a	2,4a	0,8a	0,2a	0,0a	8,2b	3,7a	11,8a	30,9a	90a	5,4a
P18a	5,5b	1,1b	0,6a	0,2a	0,2a	10,2a	1,9b	12,3a	15,8b	51b	2,8ab
P18ad	6,0a	2,7a	0,7a	0,2a	0,0a	7,7b	3,6a	11,3a	32,2a	31b	2,5ab
CAMADA 5 – 15 cm											
Mata	5,1b	1,0b	0,3a	0,1a	0,2ab	8,5b	1,5b	10,2b	14,3bc	35b	1,1a
P2a	5,7a	1,5b	0,4a	0,1a	0,0b	8,5b	2,1ab	10,6b	20,1bc	43b	2,7a
P9a	5,8a	1,5b	0,4a	0,2a	0,0b	8,1b	2,3ab	10,5b	22,2b	82a	3,4a
P18a	5,3b	0,8b	0,4a	0,2a	0,7a	10,6a	1,5b	12,8a	11,8c	35b	1,9a
P18ad	6,1a	2,4a	0,4a	0,1a	0,0b	5,9c	3,0a	8,9b	33,8a	27b	1,9a
CAMADA 15 – 30 cm											
Mata	5,0b	0,6b	0,3a	0,1a	0,7ab	8,5a	1,1b	10,3a	10,5b	23b	0,8a
P2a	5,5ab	1,1ab	0,3a	0,1a	0,6ab	8,1a	1,6ab	10,2a	15,8b	39ab	1,1a
P9a	5,5ab	0,9ab	0,3a	0,1a	0,4ab	8,5a	1,5ab	10,4a	14,5b	63a	1,4a
P18a	5,1b	0,5b	0,2a	0,1a	1,5a	8,4a	0,9b	10,8a	8,7b	16b	1,0a
P18ad	6,0a	1,6a	0,3a	0,1a	0,0b	4,7b	2,0a	6,7b	29,9a	20b	0,9a

(1) Sistema de uso do solo; (2) soma de bases; (3) capacidade de troca catiônica total; (4) saturação por bases; (5) fósforo disponível.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Duncan (p<0,05).

Uma vez que as coletas de solo para análise, realizadas neste estudo, aconteceram antes da adubação de manutenção programada para os pastos com 2, 9, e 18 anos de uso, que geralmente ocorrem a cada três anos (no pasto mal manejado estas práticas não são realizadas a pelo menos nove anos) pode-se inferir, com base nas referências sugeridas por CFSEMG (1999), que as amostras coletadas nas pastagens neste período, refletem uma pobreza química provocada por uma rápida remoção dos nutrientes adicionado aos solos. Esta remoção está relacionada, em parte, à absorção de nutrientes pelas plantas cultivadas, e a processos de lixiviação, potencializados pelo fato de se tratar de um solo com presença de um horizonte A, bastante arenoso (que coincide com as camadas coletadas para este estudo), em cima de um B argiloso.

Os valores de pH encontrados na mata, em todas as profundidades, são baixos (média de 5,1) e diferem significativamente daqueles encontrados nas pastagens classificados como bons (5,9), à exceção do pasto com 18 anos de uso (P18a), que não difere da mata ($p < 0,05$). Vale salientar que estes valores de pH mais elevados nas pastagens, inclusive na área mal manejada (P18ad), são decorrentes das correções de solo realizadas anteriormente.

Em todos os sistemas, os valores de soma de bases (SB) e saturação por bases (V) encontram-se entre médio e muito baixo, havendo uma tendência dos valores médios ocorrerem com mais frequência na primeira camada, pela maior contribuição da matéria orgânica, e os valores mais baixos serem mais frequentes nas camadas mais profundas. Em geral, mesmo tendo sido adubados há alguns anos, os ambientes de pastagens não se mostraram estatisticamente diferentes da mata para estas duas variáveis, fato que reforça a idéia de rápida remoção dos nutrientes aplicados até os 30 cm do solo e evidencia a pobreza química dos solos em questão.

No pasto com 18 anos de uso, bem manejado (P18a) são observados os menores valores de SB e V, provavelmente devido ao fato deste ambiente encontrar-se mais próximo da borda do tabuleiro, o que potencializa o processo de lixiviação por perda lateral.

Mesmo estando em processo de degradação há pelo menos 9 anos, o P18ad (mal manejado com 18 anos) apresentou valores de SB e V ligeiramente mais elevados ou iguais aos outros sistemas de uso, provavelmente evidenciando o potencial conservador e de reciclagem de nutrientes por meio dos resíduos vegetais, dos sistemas de pastagem, que assegura a manutenção de parte destes nutrientes (Cantarutti et al., 2001). Além disso, os valores mais elevados de SB encontrados no solo do P18ad, em comparação aos outros pastos, pode evidenciar diferenças na distribuição dos nutrientes em relação aos compartimentos observados nestes ambientes, ou seja, por possuir menor produção

de biomassa de planta e resíduo vegetal (cobertura morta) o pasto mal manejado apresenta maior quantidade de nutrientes no solo. Já nos pastos bem manejados (P2a, P9a e P18a), provavelmente, o maior teor de nutrientes encontra-se nos compartimentos de biomassa devido a sua maior produção.

Vale ressaltar que o fato do P18ad mostrar-se com teores de nutrientes próximos ou mais elevados que os ambientes de pastagem bem manejados só foi possível uma vez que o mesmo já foi bem manejado tendo recebido correções e adubações do solo periodicamente e que o pasto encontra-se em área de relevo plano, onde as perdas por erosão são menos evidentes. Provavelmente se este pasto tivesse saído da condição de mata para pastagem, sem manejo especial, fato que é comum na região, os problemas de degradação, relacionados às características químicas do solo, estariam mais evidentes, uma vez que no ambiente estudado os solos são naturalmente pobres em termos de fertilidade.

Por se tratar de camadas estratificadas no horizonte A do solo, geralmente mais rico em matéria orgânica, a CTC encontra-se em nível bom em todas as camadas e sistemas, não sendo observadas diferenças significativas entre os sistemas de uso, à exceção do pasto mal manejado (P18ad), que apresentou valores mais baixos de CTC nas camadas de 5-15 cm e 15-30 cm, provavelmente, pelo fato de apresentar os mais baixos teores de matéria orgânica.

A disponibilidade de fósforo no solo em todos os ambientes encontra-se abaixo do nível crítico para pastagens ($6,6 \text{ mg dm}^{-3}$), apesar dos pastos bem manejados (P2a, P9a e P18a) ainda apresentarem boa produção de forragem. Isso sugere que parte deste elemento adicionado ao solo encontra-se na biomassa, fazendo parte do processo de reciclagem de nutrientes no sistema.

3.2.1 Estoque de Carbono

Os teores de carbono (Quadro 7), quando avaliado em base de peso (dag kg^{-1}), encontram-se entre médio e bom nas duas primeiras camadas do solo em todos os sistemas, não havendo diferença significativa entre eles. De maneira geral, os teores de carbono tenderam a ser menores nas camadas mais profundas, fato considerado normal, uma vez que os maiores aportes de matéria orgânica são observados nas camadas superficiais. Na camada de 15 a 30 cm estes teores estão entre médio (pastos com 2, 9 e 18 anos de uso) e baixo (mata e pasto mal manejado com 18 anos de uso), havendo diferença significativa apenas entre o pasto com 2 anos de uso e o pasto mal manejado, que apresentaram valores de $1,5 \text{ dag kg}^{-1}$ e $0,8 \text{ dag kg}^{-1}$, respectivamente.

Em ambientes de pastagens, diversos trabalhos (Troughton, 1951; Garwood, 1967; Silva e Mielniczuk, 1997; Costa, 2000) mostram que grande parte do sistema radicular das gramíneas concentra-se nos primeiros centímetros do solo, o que garantiria maiores aportes de matéria orgânica nas camadas superficiais.

Quadro 7 – Teores de carbono orgânico total sem (C) e com correção (Ccor) em relação à massa do solo sob mata, abundância natural de isótopos ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$) e percentagem de carbono orgânico derivado da floresta (Cflo) em áreas de mata nativa e pastagens de *B. brizantha* bem manejadas, com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e mal manejada com 18 anos (P18ad)

Uso	C	Ccor	$\delta^{13}\text{C}$	Cflo
	-----t ha ⁻¹ (dag kg ⁻¹)-----		‰	%
CAMADA 0 – 5 cm				
Mata	8,92b (2,1a)	8,92a	-29,08	100a
Pasto 1	17,63a (2,6a)	11,08a	-20,11	46b
Pasto 2	14,66a (2,1a)	9,38a	-21,40	55b
Pasto 3	16,83a (2,5a)	11,25a	-20,50	47b
Pasto 4	14,68a (2,2a)	10,11a	-18,83	37b
CAMADA 5 – 15 cm				
Mata	22,66a (2,0a)	12,66a	-26,11	100a
Pasto 1	26,26a (1,7a)	19,07a	-21,59	65b
Pasto 2	30,27a (2,0a)	23,66a	-23,08	76b
Pasto 3	24,74a (1,7a)	19,69a	-22,59	73b
Pasto 4	22,62a (1,6a)	18,37a	-20,74	59b
CAMADA 15 – 30 cm				
Mata	23,56ab (1,1ab)	23,56a	-26,81	100a
Pasto 1	31,82a (1,5a)	30,84a	-23,10	73b
Pasto 2	30,70ab (1,3ab)	27,99a	-23,96	79b
Pasto 3	23,88ab (1,2ab)	24,50a	-23,88	79b
Pasto 4	18,88b (0,8b)	16,50a	-22,34	68b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Duncan (p<0,05).

Em geral, não foram encontradas diferenças (p<0,05) entre a mata e as pastagens para os teores de C orgânico total. Os trabalhos encontrados na literatura muitas vezes são contraditórios em relação às diferenças entre os teores de carbono encontrados em solos de mata nativa e pastagens. Muitos deles mostram que, pelo maior aporte de matéria orgânica proporcionado pelas raízes, os solos sob pastagens apresentam teores iguais ou superiores aos encontrados em ambientes de mata (Geraldes et al., 1995; Cerri et al.,

1996; Neill et al., 1996; Fernandes et al., 1997; Marchiori Júnior e Melo, 1999; Tarré et al., 2001) e outros que mostram valores mais altos nos solos de mata (Dantas, 1979; Dadalto et al., 1986; Noordwijk et al., 1997; Sodré, 1999), proporcionado pelo maior aporte global de matéria orgânica.

Neste contexto, sabe-se que, para uma mesma produção e deposição de biomassa vegetal ao solo, o teor de matéria orgânica pode variar de solo para solo, tendo em vista a qualidade do material aportado e a influencia de diversos fatores sobre a microbiota do solo e, conseqüentemente, sobre a taxa de decomposição. Assim, deve-se considerar as características intrínsecas do substrato (qualidade), tais como alto teor de lignina e alta relação C/N (Coleman et al, 1989) e características externas, como baixa temperatura, deficiência em água, falta de aeração (anaerobiose), presença de elementos tóxicos e baixos teores de nutrientes no solo (Resende et al., 2002), que inibem a ação dos microorganismos, podendo favorecer acúmulo de matéria orgânica. Obviamente, se nenhum destes fatores for limitante à ação da microbiota do solo, a decomposição de matéria orgânica é acelerada.

Avaliando a dinâmica do sistema radicular em resposta a regimes de desfolha, Corsi et al. (2001) mostram que o sistema radicular de plantas forrageiras tropicais apresentam baixas taxas de decomposição refletindo a presença de compostos resistentes à degradação (lignina, polifenóis, dentre outros) e uma larga relação entre carbono e nutrientes. Desta forma, o aumento no teor de C nos solos sob pastagem podem estar mais ligados à qualidade do material orgânico a ser degradado, do que à quantidade de material produzido nos diferentes ambientes. O que pode garantir uma maior permanência do C em um sistema em detrimento do outro.

Diante do exposto, pode-se inferir que generalizações levando-se em conta apenas o tipo de vegetação tornam-se temerosas, uma vez que outros fatores estão diretamente ligados ao acúmulo de matéria orgânica ao solo.

Avaliando em termos de volume de solo, observou-se um aumento nos teores de C em profundidade em todos os ambientes, devido à diferença na espessura das camadas (aumenta em profundidade), bem como à tendência de aumento da densidade tanto com a profundidade do solo quanto com a mudança do uso de mata para pastagem. Para os teores de C não corrigidos, observa-se que a mata apresenta o menor valor na camada de 0-5 cm, diferindo significativamente ($p < 0,05$) das pastagens. Nas camadas subseqüentes não foram observadas diferenças significativas entre os ambientes.

Quando os teores de C foram corrigidos, considerando-se as mudanças ocorridas na densidade do solo nas áreas de pastagens, observou-se diferença significativa entre os

valores corrigidos e não corrigidos em todos os ambientes, para as camadas de 0-5 e 5-15 cm, em nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. Na camada de 15-30 cm, onde não foram encontradas alterações nos valores de densidade entre os sistemas de uso, os valores não se mostraram diferentes entre si. Com a correção, houve uma tendência dos teores de C encontrados nas pastagens se aproximarem daqueles encontrados na mata devido a uma redução nos mesmos, fazendo com que não fossem encontradas diferenças significativas para os teores de C, entre os ambientes, nem mesmo na camada superficial.

Os dados anteriormente discutidos refletem a influência da compactação na obtenção dos teores de C dos solos. Segundo Veldkamp (1993), quando a correção para compactação não é feita a perda de C orgânico pode ser sistematicamente subestimada. Desta forma, a caracterização geral dos ambientes, no presente estudo, foi feita utilizando os teores corrigidos de C no solo.

Em estudo realizado na mesma estação experimental onde foi desenvolvido o presente trabalho, Tarré et al. (2001), comparando os níveis de carbono no solo de áreas de pastagem (9 anos de uso) formadas com *B. humidicola* pura e consorciada com leguminosa, com uma área de mata adjacente, também não encontraram diferenças significativas entre os sistemas avaliados, apesar da tendência dos maiores valores serem encontrados nas pastagens.

Cerri et al. (1996) avaliando a dinâmica do carbono após desmatamento e uso com pastagem, na região de Manaus, observaram uma diminuição de 20 a 30% de carbono total nos primeiros anos após o desmatamento e queima, havendo uma recuperação progressiva e, após 20 anos de uso com pastagem bem manejada, o carbono total ultrapassou o inicial em 5 a 15%.

Mais recentemente, a análise da abundância isotópica do carbono no solo tem se mostrado uma ferramenta valiosa para a detecção de diferentes isótopos de carbono provenientes de sistemas de mata natural (predomínio de plantas C_3) e de pastagens (predomínio de plantas C_4) no mesmo solo (Neill et al., 1996; Tarré et al., 2001).

No presente trabalho, o valor médio de $\delta^{13}C$ encontrado para a área de mata (-27 ‰), nas três camadas do solo, estão dentro da faixa (-22 ‰ a -34 ‰) correspondente às plantas C_3 (Valdkamp, 1993), enquanto nas áreas de pasto os valores encontrados são maiores (média de -22 ‰) indicando um pequeno enriquecimento em C^{13} advindo do material orgânico das gramíneas, que segundo Cerri (1993) apresentam valores próximos de -13 ‰.

A partir dos cálculos da percentagem de C proveniente da floresta (Cflo), foram observadas diferenças significativas apenas entre o sistema de mata natural (100%) e as

pastagens (média de 62% até os 30 cm do solo). Entre os pastos não foram observadas diferenças ($p < 0,05$), para as três camadas de solo analisadas.

Entre as pastagens, as maiores proporções de C derivado de plantas C_4 foram observadas na camada mais superficial do solo (0-5 cm), fato também observado por Koutika et al., (1997) e Tarré et al. (2001). Estes autores observaram um aumento gradativo nos teores de C derivado da floresta com a profundidade do solo em áreas de pastagem. Tarré et al. (2001) observaram que abaixo dos 40 cm de profundidade dos solos sob pastagem apenas 7% do C era derivado de gramíneas, sendo este fato atribuído ao reduzido aprofundamento das raízes da braquiária, induzida pelo fato das chuvas na região extremo sul da Bahia serem relativamente bem distribuídas ao longo do ano.

De acordo com Cerri et al. (1996), as técnicas isotópicas possibilitam acompanhar o desaparecimento gradativo do C inicial da mata e a incorporação do C proveniente da pastagem. Estes autores constataram, em solos da região de Manaus, que depois de 8 anos de pastagem, após o desmatamento, ainda havia 50% do C do solo proveniente da mata, demonstrando que grande parte da matéria orgânica da floresta permanece sob forma estável com o tipo de manejo adotado. No presente estudo, após 28 anos de uso com pastagens (P9a), ainda foi encontrada uma média de 55, 76 e 79% (Quadro 7) de carbono derivado da mata, nas profundidades de 5, 15 e 30 cm, respectivamente.

Diferentemente do que é encontrado na literatura, no presente estudo não foi observado aumento gradativo nos teores de C derivado da pastagem com os anos de uso, uma vez que não foram encontradas diferenças estatísticas entre estes sistemas.

O fato da pastagem com 28 anos (P9a) de uso ainda apresentar uma média de 68% de C derivado da floresta, pode estar relacionado tanto à maior humificação da matéria orgânica remanescente da floresta, quanto à maior proteção da mesma em relação à matéria orgânica proveniente do pasto. Neste caso, o aporte constante de material orgânico de melhor qualidade e ciclagem mais rápida, do pasto bem manejado, faz com que este seja preferencialmente degradada pelos microrganismos. De acordo com Neill et al. (1996), após a formação das pastagens em áreas desmatadas, o carbono derivado das gramíneas substitui rapidamente o C derivado da floresta original como o substrato predominante para a respiração microbiana, mostrando que, neste caso, a origem do C tem pouca influência na utilização microbiana da maior parte do componente lábil do C orgânico do solo.

Os valores de C derivado do pasto, observados logo a partir dos 2 anos (P2a), mostram-se mais elevados (média entre camadas de 40%) que aqueles apresentados na literatura (Neill et al., 1996; Koutika et al., 1997; Tarré et al., 2001) para os primeiros anos de uso com pastagens. Este fato pode ser atribuído tanto à maior produção e aporte

de material orgânico, de mais fácil decomposição (Monteiro, 2000), produzido pelo capim *B. brihantha*, em relação a outras gramíneas, quanto por características ligadas ao manejo e às características de cada região.

Em trabalho também realizado na ESSUL, Tarré et al. (2001) observaram que experimentos com pastos de *B. humidicola* bem manejados com 1, 7 e 10 anos de uso, formados a partir de áreas desmatadas ou com floresta, apresentaram incremento médio de C derivado da gramínea, no solo, da ordem de 7, 27 e 30%, respectivamente, até a profundidade de 30 cm. Quando as áreas experimentais foram formadas a partir de pastagens mal formadas e improdutivas da mesma gramínea, com 12 anos de uso, os valores registrados após 1, 7 e 10 anos de experimento foram de 12, 30 e 34%, respectivamente. Para os autores o fato da área de pastagem anterior ao experimento ser de qualidade ruim, contribuiu para o baixo incremento de C derivado da gramínea medido um ano após os 12 primeiros anos de uso, com valor muito menor àquele encontrado 6 anos depois, quando as pastagens estavam bem manejadas.

Em áreas de Latossolo amarelo da região amazônica, sob pastagens de *B. brizantha* com 7 anos de uso, *Panicum maximum* com 12 anos de uso e *B. humidicola* com 17 anos de uso, Koutika et al. (1997) encontraram percentagens médias de C derivado de gramíneas da ordem de 7, 18 e 22%, respectivamente, até a profundidade de 30 cm do solo. Neste caso, o maior incremento de C está relacionado tanto com os anos de uso com gramíneas quanto com a diferença entre as espécies utilizadas, que apresentam características distintas.

Em ambientes de pastagens com 3, 5, 20 e 81 anos de uso, cultivadas nos últimos anos com *B. brizhanta*, sobre Argissolo amarelo, na região amazônica, Neill et al. (1996) encontraram contribuições relativas de C derivado de gramíneas de 13, 22, 44 e 63%, respectivamente. Por outro lado, nas áreas de pastagens de *P. maximum* com 13 e 41 anos de uso, os valores encontrados foram 42 e 31%, respectivamente, o que sugere que nem sempre com os anos de uso ocorrem aumentos na quantidade de C proveniente da pastagem.

Manfrinato et al. (2002) avaliando a origem da matéria orgânica em solos de uma planície aluvial do Quaternário (Cambissolos e Gleissolos), verificaram que após 20 anos de uso com pastagens, 70% do C orgânico do solo, ainda, era derivado da floresta original, sendo esta ocorrência explicada pelo manejo utilizado na conversão da mata para a pastagem. Segundo os autores, no ambiente estudado, a retirada da floresta exportou cerca de 50% da biomassa total e, o restante foi queimado ao longo dos anos de forma ineficiente, devido à alta umidade encontrada na área. Desta forma, uma grande proporção de biomassa estável da floresta foi, continuamente introduzida ao solo nos primeiros 2 a 3 anos da transformação. Além disso, os dados fornecidos pelos

autores, sugerem que a alta permanência do C proveniente da floresta ao solo, após 20 anos de uso com pastagem, pode também ter ocorrido devido a reduzidas taxas de decomposição da matéria orgânica nos solos em questão.

A reduzida taxa de decomposição da matéria orgânica citada anteriormente, pode ter ocorrido em consequência de uma atuação ineficiente dos microrganismos no processo de decomposição, dado pelo ambiente redutor, que se processa em meio anaeróbico, nos solos em questão, em especial os Gleissolos, bem como às baixas temperaturas que ocorrem na região (Guaraqueçaba-SC). Uma vez que sabe-se que a alta eficiência dos microrganismos no processo de decomposição da matéria orgânica do solo ocorre em faixas ótimas de pH, temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes, dentre outras.

Diante do exposto, pode-se inferir, que apenas o tempo de uso do solo com pastagem não pode ser considerado como a única característica responsável pelo incremento de C derivado de gramínea aos solos. Neste caso, o tipo de manejo e de gramínea utilizados, bem como as características ligadas ao ambiente devem ser consideradas.

Dentre as características químicas avaliadas, a percentagem de C derivado da floresta (Cflo) mostrou ser a variável que melhor distinguiu os ambientes estudados provavelmente, pelo fato das outras características serem mascaradas pelo tipo de manejo empregado nas áreas de pastagens e pela pobreza química natural do solo presente em todas as áreas.

3.3. Característica microbiológica do solo

Os contrastes realizados para as características microbiológicas do solo (Quadro 8) não mostra uma diferenciação clara, entre os sistemas de uso ou entre camadas. Na camada de 0-5 cm, a mata não se diferencia significativamente ($p < 0,05$) apenas do pasto mal manejado com 18 anos (P18ad), que se diferencia apenas do pasto com 2 anos (P2a). Esta última área difere dos pastos com 18 anos bem e mal manejados (P18a e P18ad), que não se diferenciam entre si. O pasto com 9 anos (P9a) se diferencia apenas da mata. Na camada de 5-15 cm não há diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os sistemas avaliados e, na camada de 15-30 cm, a mata também não se mostrou diferente apenas do P18ad, o qual se mostrou diferente do P9a e do P18a que, por sua vez, não são diferentes entre si.

Quadro 8 – Probabilidade de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre ambientes – análise multivariada para as características microbiológicas do solo (teste de Wilks' Lambda) – em áreas de mata nativa e pastos com 2 (P2a), 9 (P9a) e 18 (P18a) anos de uso bem manejados e 18 anos de uso mal manejado (P18ad)

CAMADA 0 – 5cm					
Uso	Mata	P2a	P9a	P18a	P18ad
Mata	1	0,0013	0,0430	0,0011	0,2449
P2a		1	0,0782	0,0040	0,0477
P9a			1	0,0595	0,5806
P18a				1	0,1335
P18ad					1
CAMADA 5 – 15cm					
Mata	1	0,4037	0,0676	0,2835	0,9291
P2a		1	0,6338	0,7530	0,7323
P9a			1	0,1213	0,1247
P18a				1	0,7461
P18ad					1
CAMADA 15 – 30cm					
Mata	1	0,0299	0,0048	0,0025	0,0849
P2a		1	0,9060	0,0272	0,1051
P9a			1	0,0541	0,0465
P18a				1	0,0105
P18ad					1

A análise de variáveis canônicas, realizada para as características microbiológicas dos solos, nas três camadas estudadas, permitiu agrupar nas duas primeiras canônicas (Quadro 9) 80% da variância total, o que permitiu a elaboração de um gráfico bi-dimensional.

Quadro 9 – Autovalores e percentagem de variação explicada, associados às variáveis microbiológicas de solos sob diferentes sistemas de uso, em camadas de 0-5 cm, 5-15 cm, e 15- 30 cm, analisadas por variáveis canônicas (CAN)

Componente	Autovalor	% Variação total	% Acumulada
CAN1	4,50	54,28	54,28
CAN2	2,16	26,04	80,33

A figura 3 não mostra diferenças acentuadas entre os sistemas de uso do solo avaliados, observa-se apenas uma tendência da mata concentrar-se na área do gráfico ao longo dos valores negativos da variável canônica 1 e, em valores intermediários da Canônica 2, abaixo do eixo da abscissa, e do P18a se concentrar acima do eixo da abscissa. Além disso, há uma tendência da camada de 15-30 cm (triângulos) se

concentrar no lado direito do gráfico. Mas, em geral, todos os sistemas, camadas e repetições apresentam-se dispersos no gráfico mostrando a grande variabilidade dos dados obtidos com as características microbiológicas do solo.

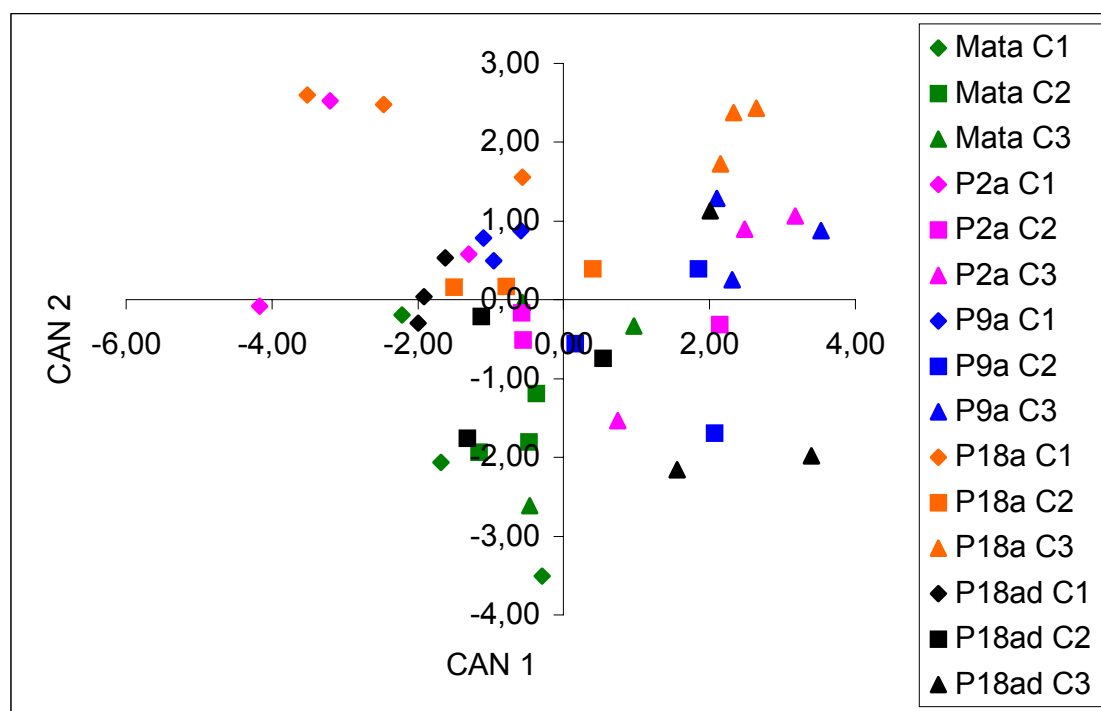


Figura 3 – Dispersão gráfica dos ambientes mata e pastos de *B. brizantha* com 2, 9 e 18 anos de uso bem e mal manejadas (P2a, P9a, P18a e P18ad, respectivamente), nas camadas de 0-5, 5-15 e 15-30 cm (C1, C2 e C3, respectivamente), segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis: carbono da biomassa microbiana, carbono mineralizável determinado em laboratório e em campo e quociente microbiano.

O teste de médias (Quadro 10) mostra que os valores de carbono da biomassa microbiana, não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de uso nas camadas de solo avaliadas, à exceção do pasto com 18 anos bem manejado, que apresentou valores mais elevados nas três camadas, provavelmente devido às pequenas alterações na dinâmica de água e nutrientes provocada pelo maior teor de argila no solo deste sistema.

Em média, até os 15 cm do solo, foram encontrados valores de C_{bio} na ordem de $0,311 \text{ g kg}^{-1}$ para a mata e $0,368 \text{ g kg}^{-1}$ para as pastagens. Em trabalho também desenvolvido na ESSUL, Cantarutti et al. (2002) encontraram valores próximos àqueles observados neste estudo para a mata ($0,248 \text{ g kg}^{-1}$) até 15 cm de profundidade. Entretanto, para pastagens de *B. humidicola* os valores encontrados por estes autores

foram menores ($0,193 \text{ g kg}^{-1}$), provavelmente devido ao menor aporte de material orgânico (pela menor produção de biomassa) e pior qualidade do litter fornecido por esta gramínea em relação à mata e a *B. brizantha*. Segundo Embrapa (1984), a *B. brizantha* possui maior produção de biomassa e qualidade superior em relação a digestibilidade e teor protéico que a *B. humidicola*. Monteiro (2000) trabalhando com a dinâmica de decomposição em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras, observou que os resíduos de *B. brizantha*, igualmente a algumas leguminosas avaliadas, apresentaram altas taxas de decomposição, medida pela evolução de C-CO₂, mostrando-se superior às taxas encontradas nas outras forrageiras avaliadas.

Quadro 10 – Características microbiológicas das amostras de solo coletadas em áreas de mata nativa, pastagens de *B. brizantha* bem manejadas com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e mal manejada com 18 anos de uso (P18ad)

Uso	Cbio ⁽¹⁾ g kg ⁻¹	CminL ⁽²⁾ g kg ⁻¹ d ⁻¹ CO ₂	qCO ₂ ⁽³⁾ g CO ₂ g bio ⁻¹ d ⁻¹	Qmic ⁽⁴⁾ %	CminC ⁽⁵⁾ gCO ₂ m ⁻² h ⁻¹	UA ⁽⁶⁾ m ³ m ⁻³
CAMADA 0 – 5 cm						
Mata	0,363b	0,040b	0,110b	1,718a	0,059b	0,10
Pasto 1	0,242b	0,092a	0,378a	0,944a	0,082ab	0,14
Pasto 2	0,352b	0,056ab	0,159b	1,659a	0,094a	0,13
Pasto 3	0,649a	0,057ab	0,088b	2,608a	0,077ab	0,20
Pasto 4	0,386b	0,054ab	0,141b	1,744a	0,071ab	0,17
CAMADA 5 – 15 cm						
Mata	0,259a	0,033a	0,128a	1,328a	0,071b	0,06
Pasto 1	0,319a	0,034a	0,108a	1,910a	0,097ab	0,17
Pasto 2	0,299a	0,029a	0,098a	1,464a	0,115a	0,21
Pasto 3	0,381a	0,047a	0,123a	2,256a	0,088ab	0,24
Pasto 4	0,312a	0,039a	0,124a	1,968a	0,077b	0,14
CAMADA 15 – 30 cm						
Mata	0,408ab	0,031a	0,075ab	3,669a	0,076b	0,08
Pasto 1	0,313b	0,024a	0,076a	2,123a	0,126a	0,21
Pasto 2	0,363b	0,024a	0,066abc	2,719a	0,138a	0,22
Pasto 3	0,786a	0,019a	0,024c	6,787a	0,120a	0,26
Pasto 4	0,641ab	0,018a	0,028bc	8,089a	0,102ab	0,18

(1) Carbono da biomassa microbiana; (2) Carbono mineralizável (laboratório); (3) Quociente metabólico; (4) Quociente microbiano; (5) Carbono mineralizável (campo); (6) Umidade Atual medida no dia da CminC. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Duncan ($p < 0,05$).

A biomassa microbiana representa de 1 a 5% do carbono total do solo (Jenkinson e Ladd, 1981; Rosa, 1998) sendo expressa pelo quociente microbiano (Q_{mic}). No presente estudo, os valores de Q_{mic} (Quadro 10), estão nesta faixa, com exceção dos valores encontrados nos pastos com 18 anos bem e mal manejados, na camada de 15-30 cm que suplantaram o valor máximo (7% e 8%, respectivamente), mas não foram considerados estatisticamente diferentes dos outros sistemas. Os maiores valores encontrados nesta camada, provavelmente, se devem ao menor estresse provocado por mudanças de temperatura e umidade do solo. Em geral, nas camadas superficiais, este tipo de estresse é mais acentuado devido ao contato mais próximo com a atmosfera. De acordo com Tótola e Chaer (2002), o Q_{mic} fornece uma medida da qualidade da matéria orgânica e, em circunstâncias em que a biomassa encontra-se sob algum fator de estresse, a capacidade de utilização do C é diminuída. Ao contrário, com a adição de matéria orgânica de boa qualidade ou com a mudança do fator limitante para uma condição favorável, a biomassa microbiana pode aumentar rapidamente, mesmo se os teores de C permanecerem inalterados.

As maiores taxas de atividade respiratória da biomassa microbiana (Quadro 10), medida em laboratório (C_{minL}), foram observadas na camada de 0-5 cm para todos os sistemas, sendo este fato atribuído aos, também maiores, teores de matéria orgânica. Nesta camada, o ambiente de mata apresentou a menor atividade ($0,040 \text{ g kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ CO}_2$), mas, não diferiu, estatisticamente, dos valores encontrados nos pastos com 9 e 18 anos bem e mal manejados (P9a, P18a e P18ad, respectivamente). Nas outras duas camadas (5-15 e 15-30 cm) não foram detectadas diferenças significativas entre os sistemas de uso.

Ao contrário da tendência observada anteriormente, a atividade respiratória da biomassa, medida em campo (C_{minC}), foi maior na camada mais profunda (15-30 cm), sendo este fato atribuído à influência do sistema radicular. Segundo Kelting et al. (1998), quando medida em campo, a atividade microbiana é altamente influenciada pela rizosfera, podendo atingir 20% da respiração total. Apesar disso, o ambiente de mata apresentou sempre os menores valores, provavelmente pelo fato de possuir, no momento da coleta, os menores teores de umidade do solo (média de $0,08 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) nas três camadas. Esta tendência também foi observada na superfície do solo, acima da manta orgânica, onde a mata apresentou taxa respiratória de $0,062 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Este valor foi menor, mas significativamente igual àqueles encontrados nos pastos com 2 e 18 anos bem e mal manejados ($0,077$, $0,082$ e $0,070 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, respectivamente) que, por sua vez, não diferiram do valor encontrado no pasto com 9 anos ($0,092 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$).

No presente estudo, os menores valores de quociente metabólico (qCO_2) foram observados na camada de 15-30 cm do solo, provavelmente, por se tratar de um ambiente menos sujeito a estresse. De acordo com Tótola e Chaer (2002), em geral, um baixo quociente metabólico indica economia na utilização de energia e supostamente reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio. Por outro lado, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou distúrbio.

Embora considerados bons indicadores de qualidade do solo, sensíveis a mudanças no ambiente causadas por alterações no manejo (Turco e Blume, 1998; Balota et al., 1998; Doran e Zeiss, 2000), no presente estudo, as características microbiológicas não revelaram diferenças significativas entre os ambientes de mata e pastagens, nem mesmo com o ambiente mal manejado (P18ad), nas três camadas amostradas. Algumas exceções puderam ser observadas em casos isolados, onde ora um ora outro sistema apresentou teores mais elevados de determinada característica estudada.

Esta pouca diferenciação entre os sistemas de uso do solo avaliados, pode ser explicada pelas elevadas taxas de atividade microbiana encontradas nas áreas de pastagem, inclusive naquela mal manejada (P18ad), possibilitado pelo elevado aporte de material orgânico de boa digestibilidade (Monteiro, 2000) que o *B. brizantha* fornece ao solo.

Um outro aspecto que pode ser levantado é que independentemente de se tratar de pastos de *B. brizantha*, uma série de trabalhos que têm utilizado indicadores microbiológicos para avaliar alterações nos solos devido ao seu manejo, tem mostrado não haver diferenças expressivas quando se compara ambientes de mata com pastagens (Geraldine et al., 1995; Luizão et al., 1999), muito embora possuam melhores condições se comparados às áreas de cultivo (Shan-Min et al., 1987; Grisi, 1988; Fialho et al., 1991; Aslam et al., 1999; Embrapa, 1999; Marchiori Júnior e Melo, 1999; Embrapa, 2000; Assis Júnior, 2000; Marchiori Júnior e Melo, 2000).

Em áreas de pastagem, diversos estudos têm demonstrado que, principalmente, se bem manejados, estes ambientes são mais conservadores em termos de nutrientes, material orgânico e energia do que os sistemas agrícolas convencionais e, muitas vezes, apresenta fertilidade e teores de carbono orgânico do solo iguais ou mesmo superiores aos dos ambientes de mata, em especial quando se localizam em solos quimicamente pobres.

Grisi (1988), analisando uma série de resultados de estudos comparativos sobre métodos de determinação da biomassa microbiana para diferentes solos de regiões tropicais e temperadas, sob pastagens, cultivos diversos e florestas, observou que a proporção de carbono na biomassa dos solos, em relação ao carbono orgânico total,

representa uma faixa estreita, sendo os menores valores obtidos em solos ácidos e os maiores em solos sob pastagens. Com isso o autor afirma que é possível que um manejo adequado de solos proporcione um aumento desse componente biológico.

Segundo Tótola e Chaer (2002), ao contrário do que ocorre com os indicadores químicos e físicos do solo, existe pouca informação a respeito dos indicadores de caráter microbiológico e, desta forma, a base de informações ainda é pouco consistente para permitir uma interpretação adequada e para definir valores ótimos em diferentes situações, apesar de um crescente número de trabalhos indicar que a fração microbiana do solo possui muitas das características desejáveis em um indicador de qualidade.

As considerações feitas até aqui mostram que indicadores microbiológicos de caráter quantitativo, como os mencionados anteriormente, nem sempre são os mais indicados para comparar ambientes naturais com pastagens, principalmente aquelas bem manejadas. Neste caso, indicadores microbiológicos de caráter qualitativo que avaliem a diversidade de microrganismos no solo, poderiam ser mais eficazes na tentativa de distinção entre estes dois ambientes, uma vez que se espera que na floresta haja uma maior diversidade de microhabitats dando condições para abrigar uma fauna mais diversificada do que nas pastagens.

Por outro lado, segundo Tótola e Chaer (2002), apesar do grande potencial para a utilização da análise da diversidade microbiana como indicadora de mudanças na qualidade do solo, o seu uso ainda é limitado, principalmente pelo fato de que as técnicas ainda são trabalhosas e de custo relativamente alto.

3.4. Análise da biomassa de planta e cobertura do solo

3.4.1. Áreas de Mata

A escassez de informações a respeito da produção de biomassa obtidas por inventários fitossociológicos, disponíveis na literatura, para a Mata Atlântica do Estado da Bahia, tornam difícil a avaliação da magnitude dos valores calculados para essa característica.

No presente trabalho, o valor estimado para a biomassa da parte aérea (Quadro 11) foi de 296,91 t ha⁻¹ (148,45 tC ha⁻¹). Este elevado valor provavelmente se dá em função dos fatores climáticos encontrados na região de estudo, que apresentam altas temperatura e precipitação anuais, que favorece o rápido desenvolvimento das plantas. Apesar disso, vale ressaltar que o valor encontrado para a região estudada (Extremo Sul da Bahia) foi obtido por estimativas geradas a partir de modelos para cálculos de

biomassa, gerais, desenvolvidos para regiões dos trópicos, que levam a valores aproximados. Segundo Brown (2002) a utilização de equações genéricas para o cálculo de biomassa de árvores pode não refletir um valor verdadeiro. Valores mais exatos poderão ser obtidos com o uso de métodos destrutivos, que podem detectar variações significativas nas diferentes comunidades florestais (Rezende et al., 2001). Em áreas de Mata Atlântica no Paraná, Tiepolo et al. (2002), encontraram valores de 212,38 t ha⁻¹ para a biomassa da parte aérea em floresta com estágio médio/avançado de regeneração.

Em trabalho de levantamento, sistematização e avaliação de dados de literatura referente ao estoque e incremento de carbono em florestas, pesquisadores da Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS¹) observaram que, em média, o estoque de biomassa da parte aérea, em Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), apresenta-se em torno de 152,9 t C ha⁻¹ com variação entre 73 e 338 t C ha⁻¹. Esta variação seria reflexo da heterogeneidade dos ambientes onde são encontradas (os valores de biomassa mais elevados estão, geralmente, em áreas mais planas ou em vales com maior aporte de sedimentos e nutrientes).

Quadro 11 – Estimativa de biomassa da parte aérea e dos teores de carbono orgânico, em função do diâmetro a altura do peito (DAP) e da densidade da madeira de plantas florestais, mensuradas em áreas de mata nativa da região Extremo Sul da Bahia

Faixa DAP	DAP	Nº de indivíduos	Biomassa	Carbono
cm	cm	un ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹
< 2,0	--	5488*	6,30*	3,15
2,1 - 5,0	5,0	1424*	9,89	4,94
5,1 - 10,0	7,5	400*	7,75	3,87
10,1 - 15,0	12,5	400*	28,21	14,11
15,1 - 20,0	17,5	118**	19,50	9,75
20,1 - 35,0	27,5	89**	46,14	23,07
35,1 - 60,0	47,5	60**	123,99	62,00
60,1 - 80,0	70,0	10**	55,12	27,56
Total		7.989	296,91	148,45

*Valores determinados por Silva (1990).

**Média dos valores determinados por Silva (1990) e CEPLAC (1976).

Os compartimentos biomassa de raízes, manta orgânica e biomassa morta mensuradas por Silva (1990) estão representados no quadro 12.

¹ Informação pessoal de pesquisadores da SPVS de trabalho ainda não publicado.

De acordo com Cairns et al. (1997), a componente raiz corresponde de 18 a 30% da biomassa da floresta e esta proporção não varia com a zona latitudinal, com a textura do solo ou o tipo de árvore (angiosperma ou gimnosperma). Utilizando a fórmula proposta pelos autores para estimar a biomassa de raízes total, em relação à biomassa da parte aérea, foi encontrado um valor de 32,92 t C ha⁻¹, representando, aproximadamente, 22% em relação à biomassa da parte aérea.

Os dados de biomassa de raiz, obtidos por Silva (1990) para áreas de Mata Atlântica do Extremo Sul da Bahia, até a camada de 20 cm do solo (Quadro 12) representa apenas 9,2% em relação à biomassa total e 42% em relação à quantidade total de raízes obtida pelo modelo proposto por Cairns et al. (1997).

A SPVS² encontrou uma variação de 2 a 9 t C ha⁻¹ para a biomassa de raízes finas em ambiente de Floresta Atlântica, enquanto Tiepolo et al. (2002) encontrou valores de 15,28 t C ha⁻¹, em floresta secundária do Paraná, considerando uma relação parte aérea/raiz de 0,20.

Quadro 12 – Conteúdo médio de biomassa e dos teores de carbono orgânico, em diferentes compartimentos da floresta determinado em áreas de Mata Atlântica da região Extremo Sul da Bahia

Compartimento	Biomassa t ha ⁻¹	Carbono t ha ⁻¹
Parte aérea	296,91	148,45
Biomassa morta *	5,50	2,75
Manta orgânica	6,76	3,38
Raízes **	27,38	13,69
Total	336,55	168,27

* folhas, frutos, ramos e galhos caídos.

** Valor medido por Silva (1990) até 20 cm do solo.

A deposição de serapilheira bem como o seu acúmulo sobre o solo depende de uma série de fatores, dentre eles pode-se destacar o clima, o solo e as diferentes características relacionadas às plantas, tais como a genética, a idade e a densidade (Correia e Andrade, 1999). Segundo estes autores, estudos específicos em ambientes tropicais reportam, anualmente grandes variações na produção de serapilheira (3,6 a 12,4 toneladas de matéria seca), sendo as maiores produções encontradas em solos com fertilidade média comparados a solos de baixa fertilidade e em áreas montanhosas.

² Informação pessoal de pesquisadores da SPVS de trabalho ainda não publicado.

De acordo com SPVS³, na Floresta Atlântica, o pico de deposição de serapilheira se dá no final da primavera e início do verão, coincidindo com o aumento da temperatura e pluviosidade e, conforme o ecossistema, atinge, no máximo, 2 a 2,5 t C ha⁻¹. Para a Floresta Atlântica do extremo Sul da Bahia, Silva (1990) observou que houve uma tendência de queda de folhas nos meses mais secos, sendo que fatores climáticos como ventos e chuvas intensas poderiam influenciar na queda. Nesse sentido, o autor registrou uma produção anual de 5,5 t ha⁻¹ (2,75 t C ha⁻¹) de material caído ao solo com um acúmulo de material (manta orgânica) de 6,76 t ha⁻¹ (3,38 t C ha⁻¹), sendo as maiores taxas registradas em dezembro (período quente e chuvoso) e as menores em junho.

O somatório dos valores de biomassa obtidos nos compartimentos parte aérea, raiz e biomassa morta revelou uma produção total de 336,55 t ha⁻¹ (168,27 t C ha⁻¹), considerando-se a produção de biomassa de raízes até os 20 cm do solo (Quadro 12). Tomando-se como base uma produção de biomassa de raízes proporcional a 22%, estes valores sobem para 375,00 t ha⁻¹ e 187,50 t C ha⁻¹, respectivamente.

3.4.2. Áreas de Pastagens

A avaliação da biomassa de planta, em termos de matéria seca total, nas áreas de pastagens (Quadro 13) mostrou diferenças significativas entre as áreas estudadas. O pasto com 2 anos de uso (P2a) apresentou o maior acúmulo de biomassa da parte aérea (5,41 t ha⁻¹) em relação aos pastos com 9 (P9a) e 18 (P18a) anos de uso com a *B. brizantha*, sendo que o pasto mal manejado (P18ad) apresentou o menor acúmulo (1,58 t ha⁻¹). Apesar de obtida de forma diferente ao que foi conduzido no presente estudo, Embrapa (1984) mostra que a *B. brizantha* cv. Marandu pode apresentar produção média entre 4 e 8 t ha⁻¹, sendo que a produção obtida no centro de pesquisa, noventa dias após a semeadura foi de 6,25 t ha⁻¹. Estes dados comprovam o baixo rendimento obtido no P18ad, devido, principalmente, a pressão de uso e a falta de adubação.

Para a vegetação de floresta, a conversão da biomassa em carbono geralmente é feita utilizando-se um fator de correção de 0,5 (50%), correspondente à concentração média de carbono nas espécies de plantas florestais, como sugerido por MacDicken (1997) e Tiepolo et al. (2002). Avaliando o estoque de C em áreas de floresta alagável, floresta de terra firme e cerrado na região amazônica, Rezende et al. (2001) encontraram proporção média de carbono, para os diferentes componentes das plantas, de 45%, considerando este valor próximo àqueles encontrados na literatura (em torno de 50%).

³ Informação pessoal de pesquisadores da SPVS de trabalho ainda não publicado.

Quadro 13 – Avaliação da matéria seca total (MS) e teor de carbono médio (C) de diferentes compartimentos da planta e da manta orgânica, em áreas de pastagens de *B. brizantha* bem manejadas com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e degradada com 18 anos de uso (P18ad), no município de Itabela – Ba

Compartimento	P2a		P9a		P18a		P18ad	
	MS	C	MS	C	MS	C	MS	C
	-----t ha ⁻¹ -----							
BBT ¹	5,41a	2,21a	4,03b	2,02ab	3,37b	1,46b	1,58c	0,70c
BBS ²	2,79a	1,15a	1,88b	0,96b	1,78b	0,73b	0,43c	0,18c
BBV ³	2,61a	1,06a	1,98b	0,98ab	1,49c	0,69b	0,61d	0,28c
BBTV ⁴	1,24a	0,53a	0,89b	0,37b	0,67b	0,35b	0,16c	0,07c
BBFV ⁵	1,37a	0,58a	1,08b	0,50a	0,82c	0,37b	0,45d	0,21c
F/H ⁶	1,11b		1,21b		1,22b		2,81a	
BBI ⁷	0,01b	0,00c	0,13b	0,07b	0,02b	0,01c	0,42a	0,18a
BBL ⁸	0,00	0,00	0,05a	0,03a	0,08a	0,04a	0,08a	0,04a
BBH ⁹	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02
BMO ¹⁰	3,81a	1,63a	2,73a	1,15ab	2,78a	1,20b	0,28b	0,11c
ESTERCO	0,45b	0,23a	0,11c	0,05b	0,13c	0,06b	0,50a	0,24a
Raiz (0-5cm)	8,23a	3,64a	4,52b	2,05b	4,67b	2,03b	4,66b	1,90b
Raiz (5-15cm)	2,31a	1,02a	3,54a	1,57a	2,21a	0,91a	4,22a	1,90a
Raiz (15-30cm)	2,24ab	0,92ab	2,93a	1,27a	1,22c	0,55b	1,40bc	0,63b
Total raiz	12,78	5,58a	10,79	4,89ab	8,10	3,49c	10,28	4,43ab
Total Geral	22,46	9,65	17,84	8,19	14,48	6,27	13,18	5,73

(1) biomassa total; (2) biomassa seca da *B. brizantha*; (3) biomassa verde da *B. brizantha*; (4) talo verde; (5) folha verde; (6) relação folha/haste (BBFV/BBTV); (7) biomassa de invasoras; (8) biomassa de leguminosas; (9) biomassa de *B. humidicola*; (10) biomassa de manta orgânica.

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Duncan ($p < 0,05$).

No presente trabalho, o fator de correção para C, encontrado para as plantas presentes nos pastos (principalmente gramíneas do gênero *Brachiaria*), apresentou uma proporção média de 0,44 com uma faixa de variação de 0,41 a 0,54, não sendo encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$), entre os ambientes amostrados, para todas as características avaliadas. Monteiro (2000) avaliando a dinâmica de decomposição de espécies forrageiras de gramíneas do gênero *Brachiaria* e leguminosas, também encontrou teores médios de C de 44% para ambas as espécies.

Apesar da proporção de C encontrada no material vegetal da *B. brizantha* (44%) estar próxima da média considerada para as espécies florestais (50%), esta pequena diferença (6%) encontrada faz com que as áreas de pastagens apresentem teores de C ainda menores quando comparados com a mata, principalmente, quando se leva em consideração a magnitude dos valores encontrados.

Os compartimentos seco (BBS) e verde (BBV) representam o total da produção de biomassa da *B. brizantha*, sendo responsáveis por mais de 95% do compartimento de

biomassa da parte aérea total (BBT), nos pastos com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e, apenas, 65% no caso do pasto mal manejado (Pasto 4). O restante é complementado pelos compartimentos invasoras (BBI), leguminosas (BBL) e *B. humidicola* (BBH). De maneira geral, houve uma tendência dos compartimentos talo e folha verdes (BBTV e BBFV, respectivamente), representam, cada um, 50% do compartimento verde (BBV), em todos os sistemas de pastagem.

Na sua maioria, a relação folha/haste, dos pastos avaliados, apresentou valores elevados (Quadro 13), sendo que o P2a apresentou a menor relação (1,11) e o P18ad (2,81) relação bastante superior àquelas encontradas nos outros pastos, apresentando diferença estatística ($p < 0,05$).

Segundo Alcântara (1986), a *B. brizantha* cv. Marandu apresenta uma relação folha/haste de 1,17, valor que destaca esta espécie como bem enfolhada. O elevado valor desta relação encontrado no P18ad, considerado degradado, pode ser explicado pelo estágio de crescimento em que a gramínea se encontrava no momento da coleta das amostras. Quando vedado para um período de descanso de 28 dias, este pasto, diferentemente dos outros, encontrava-se praticamente rente ao solo, devido ao elevado consumo da gramínea, proporcionado pelo mau manejo dos animais. Desta forma, no momento da coleta o P18ad ainda encontrava-se em estágio de crescimento vegetativo, onde o número de folhas é bastante superior ao de hastes.

Numa pastagem em crescimento vegetativo inicial, na qual aparentemente apenas folhas são produzidas (pois ainda não há alongamento dos entrenós), a morfogênese pode ser descrita pelas taxas de surgimento e alongamento das folhas e pela duração de vida das folhas. Ainda segundo este autor a desfolha severa pode provocar a diminuição da taxa de surgimento de folhas, o que determina maior demora no surgimento de novas folhas acima do cartucho. Isso pode fazer com que as pastagens mantidas em baixo índice de área foliar por desfolhação freqüente aparente ser maior do que a observada em pastejo rotativo (Nabinger, 1999).

A biomassa produzida por outras espécies de plantas (BBI, BBL e BBH), que não a gramínea dominante (*B. brizantha*), representou uma proporção muito reduzida em relação à biomassa total, sendo os maiores valores de carbono (0,190, 0,043 e 0,017 tC ha⁻¹, respectivamente) encontrados no pasto degradado (Quadro 13).

A maior incidência de invasoras e leguminosas e até mesmo o início de um processo sucessório na composição botânica, onde já se nota a presença de uma gramínea (*B. humidicola*), considerada mais resistente às condições adversas do meio, no pasto mal manejado (P18ad), provavelmente, se deve ao processo degradação em

que o mesmo se encontra, devido principalmente à falta de adubação e ao superpastejo. Neste caso, acredita-se que o poder competidor da gramínea dominante é reduzido, o que permite a maior incidência das outras espécies.

Com relação à matéria seca de raízes não foram observadas diferenças marcantes entre os pastos estudados. O pasto com 2 anos apresentou a maior produção (12,78 t ha⁻¹ - 5,58 t C ha⁻¹), não diferindo estatisticamente dos pastos com 9 (10,79 t ha⁻¹ - 4,89 t C ha⁻¹) e 18 anos de uso mal manejado (10,28 t ha⁻¹ - 4,43 t C ha⁻¹), os quais também não diferiram do pasto com 18 anos bem manejado (8,10 t ha⁻¹ - 3,49 t C ha⁻¹), que exibiu a menor produção. É interessante observar que a produção de biomassa de raízes em termos de matéria seca superou a produção da parte aérea em mais de duas vezes em todos os pastos. No pasto mal manejado (P18ad) esta diferença chegou a seis vezes e meia, devido à baixíssima produção da parte aérea nesta pastagem.

Em termos de massa verde (Quadro 14) as produções de biomassa de parte aérea e raiz praticamente se equivaleram em todos os pastos, à exceção do pasto degradado, por razões já discutidas. A discrepância entre os valores encontrados para a matéria seca e verde pode ser explicada pelo elevado teor de água encontrado na parte aérea da planta (média de 65%) em relação às raízes (média de 19%), evidenciada pela alta proporção de matéria observadas nas raízes.

Quadro 14 – Produção média de biomassa da parte aérea e de raízes, em peso verde, e percentagem de matéria seca total em áreas de pastagens de *B. brizantha* bem manejadas com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e degradada com 18 anos de uso (P18ad)

Compartimento	Pasto 1	Pasto 2	Pasto 3	Pasto 4
	t ha ⁻¹ (%)			
BBT ¹	17,39a (31)	11,12b (36)	9,91b (34)	4,02c (40)
RAIZ (0-5cm)	9,58a (86)	5,61b (80)	5,45b (85)	5,92b (79)
RAIZ (5-15cm)	3,01a (77)	4,35a (81)	2,68a (83)	5,04a (82)
RAIZ (15-30cm)	2,68ab (84)	4,03a (73)	1,48b (81)	1,92b (85)
Total raízes	15,27	13,99	9,61	12,88

(1) biomassa total

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Duncan (p<0,05).

Assim como para as florestas, dados sobre biomassa de raízes e comportamento do sistema radicular em áreas de pasto ainda são escassos, mas alguns trabalhos mostram relações parte aérea:raiz de gramíneas de 0,82 (Ayarza et al., 1994) e proporções de raízes em relação à

biomassa total da planta variando de 53 a 75% em gramíneas tropicais (Kanno et al., 1999), valores que se mostram reduzidos quando comparados as produções de biomassa nas florestas.

Da forma com que foi avaliada, a quantidade de biomassa estocada no esterco animal, nas quatro áreas de pasto, mostrou apenas variações em relação à quantidade e ao tempo de permanência dos animais em cada uma. Desta forma, os maiores teores de C deste compartimento (Quadro 13) foram encontradas nos pastos com 2 anos (P2a) e no pasto degradado (P18ad), que não diferiram estatisticamente entre si. Nestes pastos, os animais (4 e 10, respectivamente) permaneciam na área 28 e 10 dias, respectivamente.

3.4.3. Cobertura do Solo

O quadro 15 apresenta os valores obtidos com o método da corda, para análise da cobertura do solo e, conseqüentemente, do grau de degradação da cobertura principal (pastagem de *B. brizhanta*). Esses aspectos serão discutidos com base na frequência dos pontos obtidos nas áreas para cada característica avaliada, expressa em termo de percentagem do número total de unidades amostrais e do coeficiente de variação, de acordo com Costa et al. (2000).

Apesar da grande diferença encontrada na produção de biomassa de planta entre a mata nativa e os sistemas pastoris, a mesma não se refletiu em relação à percentagem de cobertura de solo nestes ambientes, principalmente quando se compara a mata nativa com os sistemas de pastejo bem manejados (P2a, P9a e P18a). Neste caso, no ambiente de mata o solo apresentava-se 100% coberto e, nos pastos com 2, 9 e 18 anos bem manejados, os percentuais de cobertura (SC) encontrados foram de 99, 99 e 98%, respectivamente, não sendo encontradas diferenças significativas entre eles (Quadro 15). O pasto mal manejado com 18 anos (P18ad) apresentou um percentual de cobertura de 93%, sendo estatisticamente diferente dos demais sistemas ($p < 0,05$).

Tomando como ideal um pasto recoberto na sua maior parte pela gramínea forrageira principal, vê-se que os com 2 e 9 anos (P2a e P9a) são os de melhores condições pois 100% da sua cobertura com gramínea é composta por essa espécie, e esta recobre em média 88% das suas áreas totais analisadas, não sendo diferentes estatisticamente um do outro. Botrel et al. (1999) e Costa et al. (2000) encontraram percentagens de cobertura com braquiárias de 90% e 87% respectivamente.

Quadro 15 - Avaliação da cobertura do solo em termos de média, desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e da frequência em pastagens de 2, 9 e 18 anos de uso bem e mal manejadas (P2a, P9a, P18a e P18ad, respectivamente)

Índices	SN ⁽¹⁾	SP ⁽²⁾	BB ⁽³⁾	BH ⁽⁴⁾	I ⁽⁵⁾	T ⁽⁶⁾	E ⁽⁷⁾	F ⁽⁸⁾	L ⁽⁹⁾	C ⁽¹⁰⁾	SC ⁽¹¹⁾
P2a											
Média ⁽¹²⁾	0,8	5,3	73,3	--	0,9	0,2	0,3	0,2	--	--	79,9
DP	1,8	3,1	4,5	--	1,6	0,4	0,7	0,4	--	--	1,8
C.V. (%)	252,2	58,1	6,2	--	198,6	171,4	210,0	176,6	--	--	2,3
Percentagem	1,0b	6,6b	90,5a	--	1,1b	0,2	0,4a	0,2a	--	--	98,6a
P9a											
Média	0,6	2,6	69,6	--	5,9	--	0,3	0,1	1,9	0,1	80,3
Desvio	1,0	1,6	6,8	--	4,7	--	0,6	0,3	2,9	0,2	1,3
C.V. (%)	195,5	65,9	9,8	--	80,0	--	243,7	168,0	198,4	261,0	1,6
Percentagem	0,7b	3,2c	85,9a	--	7,3b	--	0,4a	0,1a	2,4a	0,1	99,1a
P18a											
Média	1,7	10,0	58,3	--	4,6	--	0,8	0,2	5,3	0,0	79,1
Desvio	1,9	4,2	7,9	--	5,0	--	1,1	0,4	4,1	0,1	2,0
C.V. (%)	118,9	43,1	13,8	--	102,7	--	160,8	280,4	112,4	182,6	2,6
Percentagem	2,1b	12,4a	72,0b	--	5,7b	--	1,0a	0,2a	6,6a	0,0	97,7a
P18ad											
Média	4,6	4,7	35,8	3,6	24,4	0,6	0,7	0,6	6,1	--	75,3
Desvio	4,3	3,1	10,2	8,2	9,5	2,3	1,0	1,0	5,2	--	5,5
C.V. (%)	117,9	65,9	29,2	245,8	46,4	449,5	154,1	164,5	88,2	--	7,4
Percentagem	5,7a	5,7bc	44,1c	4,5	30,2a	0,7	0,8a	0,8a	7,6a	--	92,9b

(1) Solo nu; (2) Solo coberto com palha; (3) Braquiária brizanta; (4) Braquiária humicicola; (5) Invasoras; (6) Trilho de gado; (7) Solo coberto com esterco; (8) Formigueiro; (9) Leguminosa; (10) Cupinzeiro; (11) Cobertura do solo total; (12) N° de observações (média).

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Duncan ($p < 0,05$).

Apesar de apresentar percentagem de cobertura com braquiária menor que os P2a e P9a, sendo estatisticamente diferente ($p < 0,05$), o pasto com 18 anos bem manejado (P18a) ainda apresenta valores elevados de cobertura com esta gramínea (72%), sendo que este valor representa 85% em relação a composição botânica da área. De acordo com a escala de classificação do estágio de degradação de pastagens, proposto por Nascimento Júnior et al. (1994), é considerado como excelente a presença em campo de mais de 75% de braquiária na composição botânica.

Com base nas outras características de cobertura de solo avaliadas, pode-se observar que o pasto com 18 anos mal manejado (P18ad) apresenta as piores condições, mostrada pela menores proporções de cobertura total (93%), de cobertura com *B. brizantha* (44%) e com solo coberto com palha (6%) e maiores proporções de solo descoberto (6%), de invasoras (30%), de trilho de gado (1%) e de formigueiros (1%), sendo diferente, dos outros três pastos. Além disso, pode-se observar nesta área um processo sucessório na composição botânica, onde já se nota a presença de uma

gramínea (*B. humidicola*) considerada mais resistente às condições adversas da área (superpastejo e falta de adubação), bem como a marcante presença de invasoras.

Apesar de, no início os experimentos montados nas quatro áreas de pastagens estudadas, serem compostos pela associação de gramíneas e leguminosas, atualmente a presença de espécies de leguminosas nas áreas é bastante reduzida, apresentando cobertura média de 4%.

Os principais fatores que impedem a associação de leguminosas e gramíneas nas pastagens são a fertilidade do solo e, principalmente, a forte competição entre estes dois tipos de planta. Na área estudada, além de problemas relacionados à baixa fertilidade dos solos, o problema da competição fica evidenciado, pois no pasto com 2 anos, onde a gramínea tem mais força competitiva, não há ocorrência de leguminosas e, gradativamente, com a redução na presença da gramínea, a ocorrência de leguminosas vai aumentando. Onde esta competição é mais amenizada em razão da redução no vigor e na quantidade de cobertura por gramíneas (pasto mal manejado com 18 anos), a ocorrência é mais elevada, chegando a cobrir 8% da área estudada.

3.5. Caracterização geral

A substituição da vegetação nativa por sistemas de pastagens de *Brachiaria* causou, inicialmente, alterações drásticas tanto na diversidade de espécies de plantas quanto na quantidade de biomassa produzida pela nova cultura. De acordo com dados do Schäffer e Prochnow (2002) a Mata Atlântica abriga mais de 20.000 espécies de plantas e é a floresta mais rica do mundo em árvores por unidade área, com 454 espécies ha⁻¹ (número recorde), no sul da Bahia. No presente trabalho, a área de pastagem com maior diversidade de plantas (P18ad), apresentou apenas nove espécies ha⁻¹, sendo que destas nenhuma árvore foi encontrada. Nos pastos bem manejados (P2a, P9a e P18a) foi observada uma média de apenas 4 espécies ha⁻¹.

A maior proporção de biomassa na mata em relação às pastagens, deveu-se principalmente a maior produção de biomassa da parte aérea (83 vezes maior) e, em menor proporção, à produção de raízes, biomassa morta e manta orgânica, que em média apresentaram valores apenas quatro vezes maiores. Este quadro é ainda mais agravado quando se toma como referência o pasto considerado mal manejado (P18ad) que apresentou produção de biomassa significativamente menor, principalmente da parte aérea e manta orgânica, em relação aos pastos bem manejados.

Avaliando o quadro de comparações (Quadro 16) para as variáveis de biomassa, em relação aos teores de C, pode-se observar que a mata difere significativamente ($p < 0,0001$), das quatro pastagens estudadas. Entre as pastagens, não foi observada diferença estatística entre os pastos com 2 e 9 anos (P2a e P9a), mas os mesmos diferiram estatisticamente ($p < 0,01$), dos pastos com 18 anos de uso bem e mal manejados (P18a e P18ad), que também são diferentes entre si.

Quadro 16 – Probabilidade de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre ambientes – análise multivariada para as características referentes aos teores de carbono da parte aérea, cobertura morta, raiz e solo (teste de Wilks' Lambda) – em áreas de mata nativa e pastos com 2 (P2a), 9 (P9a) e 18 (P18a) anos de uso bem manejados e 18 anos de uso mal manejado (P18ad)

Uso	Mata	P2a	P9a	P18a	P18ad
Mata	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
P2a		1	0,2932	0,0061	0,0017
P9a			1	0,0054	0,0080
P18a				1	0,0040
P18ad					1

(1) Pasto com 2 anos; (2) Pasto com 9 anos; (3) Pasto com 18 anos bem manejado; (4) Pasto com 18 anos mal manejado.

Com a análise de variáveis canônicas, realizada para as características de produção de biomassa dos cinco ambientes estudados, foi possível agrupar nas duas primeiras canônicas (Quadro 17) 100% da variância total, que permitiu a elaboração de um gráfico bi-dimensional.

Quadro 17 – Autovalores e percentagem de variação explicada, associados às variáveis relativas a biomassa de plantas e cobertura dos solos sob diferentes sistemas de uso, analisadas por variáveis canônicas (CAN)

Componente	Autovalor	% Variação total	% Acumulada
CAN1	78787,99	99,99	99,99
CAN2	8,28	0,01	100,00

Com as duas canônicas geradas, foi possível elaborar um gráfico bidimensional, que permitiu a visualização das semelhanças entre as áreas estudadas (Figura 4). Nele, pode-se observar que existe grande divergência entre a área de mata, concentrada na região de gráfico com valores mais altos da CAN1 e médios da CAN2, e as áreas de pastagem, que

se concentraram na região do gráfico com valores mais baixos da CAN 1 e ao longo do eixo do gráfico representado pela CAN 2.

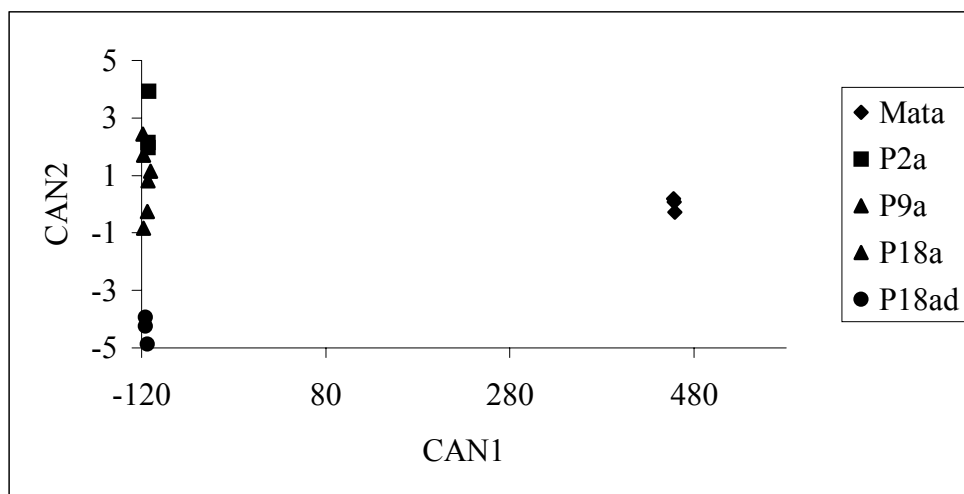


Figura 4 – Dispersão gráfica dos ambientes de mata e pastagens com 2, 9 e 18 anos de uso bem e mal manejadas (P2a, P9a, P18a e P18ad, respectivamente), segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis carbono da parte aérea, das raízes, da manta orgânica e do solo.

Para melhor visualização das semelhanças entre as áreas de pastagens, foi elaborado um novo gráfico sem a presença da mata, por causa da interferência que este ambiente provocou ao se mostrar extremamente diferente dos outros. Neste novo gráfico (Figura 5), pode-se observar uma maior semelhança entre os pastos com 2 e 9 anos (P2a e P9a), pela menor distância observada entre eles, os mesmos concentram-se na região do gráfico com valores mais elevados da CAN 1 e da CAN 2. Os pastos com 18 anos bem e mal manejados (P18a e P18ad) apresentam-se mais distantes entre si e entre os outros sistemas, sendo que o primeiro concentra-se na região do gráfico com os valores mais baixos da CAN1 e mais elevados da CAN 2 e o segundo na região com os valores intermediários da CAN 1 e mais baixos da CAN 2.

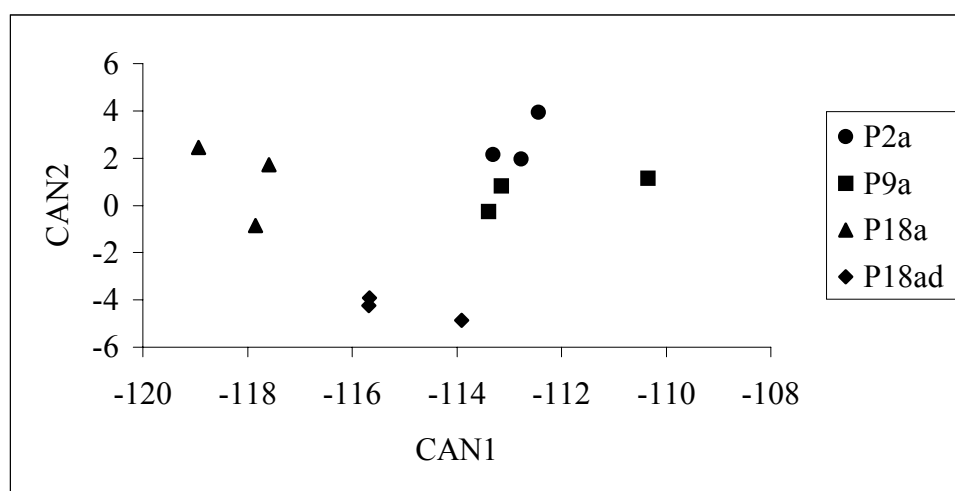


Figura 5 – Dispersão gráfica dos ambientes de pastagens com 2, 9 e 18 anos de uso bem e mal manejadas (P2a, P9a, P18a e P18ad, respectivamente), segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis carbono da parte aérea, raízes, manta orgânica e solo.

Em termos globais, foi possível observar que a área de mata possui uma quantidade de C aproximadamente, três vezes maior que áreas de pastagens bem manejadas e pode chegar a uma quantidade superior a quatro vezes àquela produzida em áreas de pasto degradado (Quadro 18). A maior parte do C estocado na mata encontra-se na biomassa da parte aérea, que chega a representar 66% do C total neste ambiente. Além deste, os compartimentos, cobertura morta e raízes da mata apresentaram valores de biomassa superiores aos encontrados nas pastagens.

Quadro 18 – Conteúdo de carbono médio ($t\ ha^{-1}$) de diferentes compartimentos do solo (até 30 cm de profundidade) e da planta em áreas de mata nativa, pastagens de *B. brizantha* bem manejadas com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e degradada com 18 anos de uso (P18ad), no município de Itabela – Ba

Uso	Parte Aérea	Esterco	Cob. Morta	Raiz	Solo	Total
Mata	148,45a	--	6,13a*	13,69a	55,14a	223,41a
P2a	2,21b	0,23a	1,63b	5,58b	60,99a	70,64b
P9a	2,02b	0,05b	1,15c	4,89bc	61,03a	69,14b
P18a	1,46c	0,06b	1,20c	3,49c	55,44a	61,65bc
P18ad	0,70d	0,24a	0,11d	4,43 bc	44,98a	50,46c

* Biomassa morta mais manta orgânica.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Duncan ($p < 0,05$).

No compartimento solo, apesar de serem estatisticamente iguais, os teores de C encontrados nas pastagens (média de 55,61 tC ha⁻¹) tenderam a ser maiores do que na mata (55,14 tC ha⁻¹). Tarré et al. (2001) encontraram teores de C no solo, também na ESSUL, da ordem de 52,04 tC ha⁻¹ em pastagens de *B. humidicola* e 50,81 tC ha⁻¹ na mata, até os 30 cm de profundidade. Nas pastagens, o teor de carbono no solo representa, em média, 88% de todo o carbono produzido, enquanto que na mata este compartimento representa, aproximadamente, 25% do total.

Levando-se em conta a magnitude dos valores de carbono, encontrados nas áreas estudadas, pode-se inferir que em média, a substituição da mata nativa por áreas de pastagens, ainda que bem manejadas, provoca uma perda de 156,27 t C ha⁻¹, sendo esta perda ainda maior em pastos considerados degradados (172,95 t C ha⁻¹). Devido a práticas de manejo que leva ao uso do fogo, tanto no processo de conversão quanto de manutenção dos sistemas pastoris, a maior parte deste C perdido, provavelmente é liberado para a atmosfera na forma de CO₂.

Fujisaka, et al. (1998) observaram, em ambiente amazônico, teores totais de C da ordem de 200 tC ha⁻¹ e 28 tC ha⁻¹ em áreas de floresta e pastagem respectivamente sendo que os teores de C orgânico do solo corresponderam a 17% e 69% do total para floresta e pastagem, respectivamente, além disso, o número de espécies de plantas reduziu de 326 para apenas 20, entre estes dois ambientes.

De acordo com dados do censo agropecuário realizado em 1996 pelo IBGE (IBGE, 2004), o município de Itabela possui uma área de 85.760 ha, sendo que destes, no período avaliado, 63% (54.146 ha) estavam ocupados por alguma atividade econômica, e deste total utilizado, apenas 13% (7.079 ha) estavam ocupados por matas e florestas naturais, enquanto que 61% (33.000 ha) estavam ocupados por pastagens naturais e plantadas.

Considerando que, segundo CEPLAC (1983), a região estudada apresenta 56% da sua área em relevo plano (áreas de tabuleiros), pode-se inferir que, no município de Itabela, aproximadamente, 18.480 há, em áreas de tabuleiro, são cultivados com pastagens. Extrapolando os teores médios de perda de carbono nas áreas estudadas (164,61 t C ha⁻¹), é possível estimar que, até o período avaliado pelo censo, somente o setor pecuário, desenvolvido em áreas de tabuleiros, do referido município, foi responsável pela liberação de pelo menos 3.041.993 t C (considerando-se um valor médio entre pastagens bem manejadas e degradadas).

Apesar da magnitude destes valores, vale ressaltar que embora altamente impactante, os sistemas pastoris, quando bem manejados, são considerados mais conservadores em termos de carbono e nutrientes que os sistemas agrícolas

convencionais, tornando-se uma opção de mecanismos alternativos para absorção de CO₂, a ser considerada, quando o uso do solo de forma intensiva for inevitável. Veldkamp (1993) mostra que a emissão cumulativa de CO₂ em áreas de pastagens pode ser bastante reduzida se espécies de gramíneas altamente produtivas forem introduzidas, aliadas evidentemente ao manejo adequado.

De acordo com a escala de classificação do estágio de degradação, baseada na produção, na composição botânica, na relação folha/caule e na densidade e altura dos pastos, bem como na presença de sinais de erosão, proposta por Nascimento Júnior et al. (1994), os pastos com 2, 9 e 18 anos de uso bem manejados (P2a, P9a e P18a), podem ser classificados como excelentes, por apresentarem produção de matéria seca verde superior a 2,5 t ha⁻¹, presença de mais de 75% de braquiária na composição botânica e relação folha/haste em torno de 1. Já o pasto mal manejado (P18ad), comparativamente às características apresentadas em relação ao melhor pasto avaliado (P2a), poderia ser classificado entre razoável e pobre, uma vez que segundo aqueles autores, os critérios de avaliação de cada estágio de degradação poderão variar em função do clima e do solo dominantes na área em estudo. Desta forma, pelos critérios avaliados em relação à biomassa de plantas e cobertura de solo, o P18ad pode, realmente, ser considerado para a região, como degradado.

No presente trabalho, a degradação das pastagens pôde ser observada tanto pela baixa produção de biomassa no ambiente mal manejado (P18ad), quanto pela mudança ocorrida na composição botânica do pasto, onde a espécie considerada principal (*B. brizantha*) foi substituída gradualmente por outras mais resistentes às condições adversas do meio e, por isso, mais competitivas, até chegar numa condição de maior incidência de plantas consideradas invasoras. Comparativamente à mata, fica evidente a distinção de ambientes devido à redução na quantidade de biomassa de planta produzida e diversidade de espécies encontradas.

Desta forma, a partir da análise das diversas características pode-se dividir, com clareza, os cinco ambientes estratificados a priori (mata e pastos com 2, 9 e 18 anos bem e mal manejados) em apenas três: Mata, pastagem produtiva (pastos com 2, 9 e 18 anos bem manejados) e pastagem degradada (pasto com 18 anos de uso mal manejado).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivos avaliar os possíveis níveis de alteração em ambientes de pasto degradado e pasto produtivo com diferentes idades de uso, em comparação a ambiente mata natural, utilizando indicadores de qualidade do solo, bem como, avaliar a quantidade de carbono estocada nestas áreas. Para isso, foram selecionadas, no município de Itabela-BA, áreas com remanescentes de Mata Atlântica, pastos produtivos com diferentes idades de uso (2, 9 e 18 anos) e pasto mal manejado com 18 anos, situadas em relevo plano e na mesma classe de solo (Argissolo Amarelo). Nestes locais, foram alocadas três parcelas, para coletas de amostras de solo e posterior análises químicas, físicas e biológicas. Além disso, buscou-se estimar e mensurar, através de métodos indiretos e diretos, os teores de biomassa produzidos e estocados nos diferentes compartimentos do solo e da planta. Com os dados obtidos, pode-se concluir que:

- Os indicadores de qualidade físicos, químicos e biológicos utilizados foram eficientes em caracterizar e distinguir os ambientes de mata nativa e pastagens degradada e produtivas (com diferentes idades de uso), sendo que alguns deles se mostraram mais eficientes que outros.

- Das variáveis utilizadas como indicadoras de qualidade apenas 19 expressaram o seu potencial em distinguir os ambientes. Dentre elas, quatro são características físicas do solo (densidade do solo, porosidade total, água disponível e umidade atual), uma química (percentagem de carbono derivado da floresta) e o restante relacionada à biomassa de planta (número de espécies, matéria seca da parte aérea, de raízes e da cobertura morta e relação folha/haste) e cobertura de solo (cobertura total do solo, solo nu, solo coberto com palha, *B. brizantha*, *B. humidicola*, invasoras, trilho de gado, formigueiro e leguminosa).

- Por avaliar apenas aspectos quantitativos do solo as características microbiológicas selecionadas não foram eficientes em distinguir os ambientes considerados neste estudo, sinalizando que o uso de indicadores microbiológicos qualitativos seria mais apropriado para distinguir ambientes de mata de pastagens.

- No município de Itabela, em áreas de tabuleiro, os remanescentes de Mata Atlântica possuem uma quantidade de C três vezes maior que áreas de pastagens de *B. brizantha* bem manejadas e pode chegar a uma quantidade superior a quatro vezes àquela produzida em áreas de pasto degradado.

- A exceção do compartimento solo, que se mostrou igual, para todos os ambientes avaliados, todos os outros compartimentos da mata (parte aérea, raiz e cobertura morta) apresentaram teores de C superiores aos encontrados nas áreas de pasto.

- A maior parte do C estocado na mata encontra-se na biomassa da parte aérea, chegando a representar 66% do C total, enquanto que nas pastagens a maior proporção de C foi encontrada no compartimento solo, responsável por 88% do total.

- A substituição da mata nativa por áreas de pastagens de *B. brizantha*, ainda que bem manejadas, pode provocar, em áreas de tabuleiro da região, uma perda de 156,27 tC ha⁻¹, sendo esta perda ainda maior em pastos considerados degradados (172,95 tC ha⁻¹).

- Na região estudada, apesar das alterações ocorridas com a retirada da vegetação original, nas áreas bem manejadas, a utilização racional do ambiente pastoril com o uso de técnicas de manejo conservacionistas, certamente contribuiu para que os mesmos se mostrassem produtivos, pelo menos ao longo de 28 anos de exploração, tempo de uso da parcela estudada mais antiga.

- A partir da análise das diversas características foi possível dividir, com clareza, os cinco ambientes estratificados à priori (mata e pastos com 2, 9 e 18 anos de uso bem e mal manejados) em apenas três: Mata, pastagem produtiva (pastos 2, 9 e 18 anos bem manejados) e pastagem degradada (pasto com 18 anos mal manejado).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, P.B. Origem das braquiárias e suas características morfológicas de interesse forrageiro. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*. I, Nova Odessa, 1986. **Anais....** Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1986. p. 1-14.

ANDERSON, T. H., DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quoients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biol. Biochem**, 22:251-255, 1990.

ASLAM, T., CHOUDHARY, M.A., SAGGAR, S. Tillage impacts on soil microbial biomass C, N and P, earthworms and argonomy after two years of cropping following permanet pasture in new zealand. **Soil & Tillage Research**, 51:103-111. 1999.

ASSIS JÚNIOR, S.L. **Sistemas agroflorestais versus monoculturas: coleoptera, scarabidae e microbiota do solo como bioindicadores de sustentabilidade**. Viçosa: UFV, 2000. 70p. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

AYARZA, M. A., RAO, I. M., THOMAS, R. J., FISHER, M. J., LASCANO, C. E., HERRERA, P. Standing root biomass and root distribution in *Brachiaria decumbens*-*Arachis pintoi* pastures under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, Palmerston North, 1993. **Anais...** Palmerston North, 1993. p. 1921.

BALOTA, E.L, COLOZZI-FILHO, A., ANDRADE, D.S., HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **R. Brás. Ci. Solo**, 22:641-649, 1998.

BOTREL, M. de A., ALVIM, M.J., XAVIER, D.F. Opções forrageiras para formação de pastagens em áreas montanhosas. **Glória Rural**, 19:18 – 21, 1999.

BROWN, S., GILLESPIE, A. J. R., LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applicatons to Forest inventory data. **Forest Science**, 35: 881-902, 1989.

BROWN, S. Measuring carbon in Forest: current status and future challenges. **Enviromental Pollution**, 116: 363-372, 2002.

CAIRNS, M. A., BROWN, S., HELMER, E. H., BAUMGARDNER, G. A. root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, 111: 1-11, 1997.

CANTARUTTI, R.B., NASCIMENTO Jr., D., COSTA, O.V. **Impacto animal sobre o solo: compactação e reciclagem de nutrientes**. In: MATTOS, W.R.S. (Ed.). A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba. FEALQ, 2001. p. 826 – 837.

CANTARUTTI, R. B., TARRÉ, R., MACEDO, R., CADISCH, G., REZENDE, C. P., PEREIRA, J. M., BRAGA, J. M., GOMIDE, J. A., FERREIRA, E., ALVES, B. J. R., URQUIAGA, S., BODDEY, R. M. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in Brachiaria pastures in the Atlantic Forest region of south of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 64:257-271, 2002.

CEPLAC - COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. **Recursos florestais**. Ilhéus, CEPLAC, 1976. 246p. (Diagnóstico socioeconômico da região cacaueira, 7).

CEPLAC - COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. **Levantamento de solos na estação de zootecnia do Extremo Sul da Bahia**. Ilhéus, CEPLAC, 1983. 31p. (Boletim técnico 114).

CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica em solos de pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2, 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1993. p.135-147.

CERRI, C.C., BERNOUX, M., VOLKOFF, B., MORAES, J.L. **Dinâmica do Carbono nos solos da Amazônia**. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; & FONTES, M.P.F. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e UFV, 1996. p. 61-69.

CFSEMG (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. Viçosa: UFV. 89p. 2001. Tese (Mestrado em Microbiologia Agrícola).

COLEMAN, D. C., OADES, J. M., UEHARA, G. **Dynamics of organic matter in tropical ecosystems**. Niftal Project, University Hawai Press, 1989.

CORREIA, M.E.F. Fauna de solo, microrganismos e matéria orgânica como componentes da qualidade do solo em sistema de pastejo intensivo. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. & FARIA, V.P. Fundamentos do pastejo rotacionado. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 39-53.

CORREIA, M.E.F., ANDRADE, A.G. **Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G. A., CAMARGO, F.A O. (Eds) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gêneses, 197-225p. 1999.

CORSI, M., MARTHA JÚNIOR, G.B., PAGOTTO, D.S. **Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha**. In: MATTOS, W.R.S. (Ed.). A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba. FEALQ, 2001. p. 838-852.

COSTA, L. M., COSTA, O. V., OLSZEVISKI, N., NACIF, P. G. S. **Influência das características morfológicas, estruturais e texturais do solo na definição do seu preparo**. In: GOLÇALVES, J. L. M., STAPE, J. L., ed. Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba, IPEF, 2002. p. 207-219.

COSTA, O. V. **Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de Chernossolos no sul da Bahia**. Viçosa: UFV, 2000. 133p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

- COSTA, O. V., COSTA, L. M. da, FONTES, L. E. F., ARAUJO, Q. R., KER, J. C., NACIF, P. G. S. **Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de chernossolos no sul da Bahia**. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, 24:843-856, 2000.
- CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Imp. Univ., UFV. Viçosa, 390 p. 1994.
- DADALTO, G.G., COSTA, L.M., MOURA FILHO, W. Alterações em características Químicas de solos cultivados com pastagens. **Revista Ceres**, 3:395-403, 1986.
- DANTAS, M. Pastagens da Amazônia central: ecologia e fauna do solo. **Acta Amazônica**, 9:5-51, 1979.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo: metodologia**. Viçosa, UFV, 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
- DORAN, J.W., ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, 15:3-11, 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (Campo Grande, MS). **Brachiaria brizhanta cv. Marandu**. Campo Grande, 1984. 31p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 21).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). **Biomassa microbiana como parâmetro indicador da qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo**. Dourados, 2000. 5p. (Embrapa Agropec. Oeste. Comunicado Técnico, 27).
- FERNANDES, E.C.M., MONTAVALLI, P.P., CASTILLA, C., MUKURUMBIRA, L. Management control of soli organic matter dynamics in tropical land-use systems. **Geoderma**, 79:49-67, 1997.

FIALHO, F.J., BORGES, A.C., BARROS, N.F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividade da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 15:21-28, 1991.

FUJISAKA, S., CASTILLA, C., ESCOBAR, G., RODRÍGUEZ, V., VENEKLAAS, 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 Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 69:17-26, 1998.

GARWOOD, E. A. Some effects of soil water conditions and soil temperature on the roots of grasses. **J. Br. Grassld Soc.**, 22:176-181, 1967.

GERALDES, A.P.A., CERRI, C.C., FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 19:55-60, 1995.

GRISI, B.M. Biomassa e necessidades energéticas das populações microbianas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1987. **Anais...** Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 353-363.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro, 2004. <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl>. Acesso em maio de 2004.

ISLAM, K. R., WEIL, R. R. A rapid microwave digestion method for colorimetric measurement of soil organic carbon. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29:2269-2284, 1988.

JENKINSON, D.S., LADD, J.M. **Microbial biomass in soil: measurement and turnover**. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M., eds. *Soil biochemistry*. New York, Marcel Dekker, 5:415-471, 1981.

KANNO, T., MACEDO, M.C., EUCLIDES, V.P.B., BONO, J.A., SANTOS, J.D.G., ROCHA, M.C., BERETTA, L.G.R. Root biomass of five tropical grass pastures under continuous grazing in Brazilian savannas. **Gressland Science**, 45:9-14, 1999.

KELTING, D.L., BURGER, J.A., EDWARDS, G.S. Estimating root respiration, microbial respiration in rhizosphere and root-free soil respiration in forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, 30:961-968, 1998.

KENNEDY, A.C., SMITH, K.L. Soil microbial diversity and sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, 170:75-86, 1995.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia – relações solo-planta**. São Paulo: CERES, 1979. 264p.

KOUTIKA, L. S., BARTOLI, F., ANDREUX, F., CERRI, C. C., BURTIN, G., CHONÉ, Th., PHILIPPY, R. Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the eastern Amazon Basin. **Geoderma**, 76:87-112, 1997.

LAL, R., MILLER, F. P. Soil quality and its management in humid subtropical and tropical environments. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993. **Proceedings**.1993. p. 1541-1555.

LUIZÃO, R.C.C., COSTA, E.S., LUIZÃO, F.J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, 29:43-56, 1999.

MACDICKEN, K. G. A **Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects**. Winrock International Institute for Agricultural Development, Arlington, 1997. 91p.

MANFRINATO, W., PICCOLO, M.C., CERRI, C.C., BERNOUX, M., CERRI, C.E.P. Monitoring carbon stocks in soil of a forest-pasture chronosequence and determining its origin with isotope technology in Guaraqueçaba (PR). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST CARBON SEQUESTRATION AND MONITORING. Taiwan, 2002. **Proceedings**. Taiwan, Taiwan Forest Research Institute, 2002.

MARCHIORI JÚNIOR, M., MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana, e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 23:257-263. 1999.

MARCHIORI JÚNIOR, M., MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesq. Agropec. Bras.** 35:1-9. 2000.

MARSTORP, H. Interactions in the microbial use of soluble plant components in soil. **Biology and Fertility of Soils, Berlin**, 59:45-52, 1996.

MIELNICZUK, J., BAYER, C., VEZZANI, F. M., LOVATO, P., FERNANDES, F. F., DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo**. In: NOVAES, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. Tópicos em ciências do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 3:209-245.

MONTEIRO, H.C.F. **Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio, em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras**. Viçosa, UFV, 2000. 41p. (Dissertação de Mestrado).

MONTEIRO, F. A., WERNER, J. C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. Fundamentos do pastejo rotacionado. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.55-84.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. & FARIA, V.P. Fundamentos do pastejo rotacionado. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.213-251.

NASCIMENTO Jr., D., QUEIROZ, D.S., SANTOS, M.V.F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11, Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p.107 – 151.

NEILL, C., FRY, B., MELILLO, J., STEUDLER, P., MORAES, F. L., CERRI, C. C. forest-and pasture-derived carbon contributions to carbon stocks and microbial respiration of tropical pasture soils. **Oecologia**, 107:113-119, 1996.

NOORDWIJK, M.V., CERRI, C.C., WOOMER, P.L., NUGROHO, K., BERNOUX, M. Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. **Geoderma**, 79:187-225, 1997.

PEREIRA, J.M., SANTANA, J.R. **Produtividade de pastagens de *Brachiaria decumbens* com introdução de leguminosas e fertilização nitrogenada**. In: REUNIÓN INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES – RIEPT, Lima, 1990, Documento de trabajo nº 75, 2:581-585, 1990.

REGAZZI, A.J. **Análise multivariada**. 3ed.Setor de Estatística, DPI/UFV. Viçosa, 2000. (Apostila da disciplina INR 766 – Análise multivariada).

REZENDE, D., MERLIN, S., SANTOS, M. **Seqüestro de carbono – uma experiência completa**. 2. ed. Palmas, Instituto Ecológica, 2001. 178p.

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S. B., CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa, NEPUT, 2002.

ROSA, M.E.C. da. **Formas de carbono e características físicas, químicas e mineralógicas de um Latossolo Roxo sob plantio direto e mata no sistema biogeográfico do Cerrado**. Viçosa, UFV, 1998. (Dissertação de mestrado)

RUIZ, H. A., FERREIRA, G.B., PEREIRA, J.B.M. Estimativa da capacidade de campo de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 27:389-393. 2003.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT. **User's Guide. Release 6.03**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 1028p. 1988.

SCHÄFFER, W.B., PROCHNOW, M. Mata Atlântica. In: SCHÄFFER, W.B. & PROCHNOW, M. eds. **A Mata Atlântica e você: Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília: APREMAVI, 2002. p.12-45.

SEI. **Informações básicas dos municípios baianos - Região Litoral Sul**. Salvador: SEI, 1993. v.2. 700p.

SHAN-MIN, S., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S. Soil respiration and the measurement of microbial biomass C by the fumigation technique in fresh and in air-dried soil. **Soil Biol. Biochem.** 19:153-158. 1987.

SILVA, L. F. Interação solo-vegetação em floresta primária e capoeira do ecossistema de tabuleiro do sudeste da Bahia. **Agrotrópica**, 2:96-104. 1990.

SILVA, I. F., MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilidade de agregados do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:113-117, 1997.

SINGER, M. J., EWING, S. **Soil quality**. In: SUMNER, M. E. ed., Handbook of soil science. Boca Raton: CRC PRESS, 1999. p.271-298.

SODRÉ, G. A. **Qualidade da manta orgânica de mata natural, capoeira, pastagem e plantios de eucalipto no sudeste da Bahia**. Viçosa: UFV. 80p. 1999. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

SPAIN, J.M., SALINAS, J.G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA – CEPLAC. Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO. **Anais...** Ilhéus, 1985. p. 259-299.

TARRÉ, R., MACEDO, R., CANTARUTTI, R.B., REZENDE, C.P., PEREIRA, J.M., FERREIRA, E., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, 234:15-26. 2001.

TIEPOLO, G., CALMON, M., FERETTI, A.R. **Measuring and monitoring carbon stocks at the Guaraqueçaba climate action project, Paraná, Brazil**. In: Internacional Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring. Taiwan Forestry Research Institut. 2002, Taiwan. 2002. p.98-115. (Extension Serie, 153).

TÓTOLA, M.R., CHAER, G.M. **Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. In: Tópicos em ciência do solo. Viçosa, SBCS, 2:195-275. 2002.

TROUGHTON, A. Studies on the roots and storage organs of herbage plants. **J. Br. Grassld Soc.**, 6:197-206, 1951.

TURCO, R. F., BLUME, H. **Indicators of soil quality**. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 23., Lavras. 1998, Resumo-CD, Lavras, Sociedade brasileira de ciência do solo/Sociedade brasileira de microbiologia, 1998.

VELDKAMP, E. **Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica**. Wageningen, 1993. 117p. Dissertação (Doutorado) – van de Landbouwniversiteit, 1993.

YEOMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Comm. **Soil Sci. Plant Anal.** , 19:1467-1476, 1988.

APÊNDICE

Quadro 1– Valores médios de biomassa em peso verde ($t\ ha^{-1}$) e suas respectivas proporções (%) em matéria seca total e conteúdo de carbono, em diferentes compartimentos de planta, da manta orgânica e de fezes bovina, em áreas de pastagens de *B. brizantha* bem manejadas com 2, 9 e 18 anos de uso (P2a, P9a e P18a, respectivamente) e degradada com 18 anos de uso (P18ad), no município de Itabela – Ba

Compartimento	P2a	P9a	P18a	P18ad
PESO VERDE - $t\ ha^{-1}$				
BBT ¹	17,39a	11,12b	9,91b	4,02c
BBS ²	4,71a	2,77b	2,74b	0,65c
BBV ³	12,66a	7,70b	6,80b	2,10c
BBTV ⁴	5,78a	3,49b	3,08b	0,61c
BBFV ⁵	6,87a	4,21b	3,71b	1,49c
BBI ⁶	0,02c	0,47b	0,07c	0,97a
BBL ⁷	0,00	0,18a	0,29a	0,20a
BBH ⁸	0,00	0,00	0,00	0,11
BMO ⁹	5,32a	3,47ab	3,92b	0,34c
FEZES	2,83b	0,91c	0,91c	3,16a
RAIZ (0-5cm)	9,58a	5,61b	5,45b	5,92b
RAIZ (5-15cm)	3,01a	4,35a	2,68a	5,04a
RAIZ (15-30cm)	2,68ab	4,03a	1,48b	1,92b
MATÉRIA SECA TOTAL - $t\ ha^{-1}$ (%)				
BBT	5,41a(31c)	4,03b(36ab)	3,37b(34bc)	1,58c(40a)
BBS	2,79a(68b)	1,88b(73a)	1,78b(63c)	0,43c(68b)
BBV	2,61a(24b)	1,98b(28ab)	1,49c(22b)	0,61d(31a)
BBTV	1,24a(26a)	0,89b(28a)	0,67b(24a)	0,16c(29a)
BBFV	1,37a(25b)	1,08b(28a)	0,82c(25b)	0,45d(33a)
BBI	0,01b(33b)	0,13b(28b)	0,02b(26b)	0,42a(45a)
BBL	0,00	0,05a(30b)	0,08a(29b)	0,08a(43a)
BBH	0,00	0,00	0,00	0,04(36)
BMO	3,81a (72b)	2,73a(79a)	2,78a(71b)	0,28b(82a)
FEZES	0,45b (16a)	0,11c(12b)	0,13c(14a)	0,50a(16a)
RAIZ (0-5cm)	8,23a (86a)	4,52b(80a)	4,67b(85a)	4,66b(79a)
RAIZ (5-15cm)	2,31a (77a)	3,54a(81a)	2,21a(83a)	4,22a(82a)
RAIZ (15-30cm)	2,24ab(84a)	2,93a(73a)	1,22c(81a)	1,40bc(85a)
Total raiz	12,78	10,79	8,10	10,28
Total Geral	22,46	17,84	14,48	13,18
CARBONO ORGÂNICO TOTAL - $t\ ha^{-1}$ (%)				
BBT	2,209a (41a)	2,024ab (50a)	1,464b (43a)	0,701c (45a)
BBS	1,148a (43a)	0,957b (45a)	0,726b (44a)	0,181c (44a)
BBV	1,059a (43a)	0,975ab (44a)	0,692b (51a)	0,277c (47a)
BBTV	0,529a (43a)	0,372b (42a)	0,354b (54a)	0,070c (44a)
BBFV	0,583a (43a)	0,498a (46a)	0,365b (45a)	0,209c (47a)
BBI	0,003c (45a)	0,067b (47a)	0,008c (45a)	0,184a (46a)
BBL	0,000 (0)	0,025a (49a)	0,039a (49a)	0,042a (53a)
BBH	0,000 (0)	0,000 (0)	0,000 (0)	0,017 (43)
BMO	1,634a (43a)	1,146ab (43a)	1,203b (44a)	0,105c (36a)
FEZES	0,225a (50a)	0,046b (43a)	0,059b (46a)	0,242a (48a)
RAIZ (0-5cm)	3,64a (44a)	2,05b (45a)	2,03b (43a)	1,90b (41b)
RAIZ (5-15cm)	1,02a (44a)	1,57a (45a)	0,91a (41b)	1,90a (45a)
RAIZ (15-30cm)	0,92ab (41b)	1,27a (43ab)	0,55b (45a)	0,63b (45a)
Total raiz	5,58a	4,89ab	3,49c	4,43ab
Total Geral	9,65	8,19	6,27	5,73

(1) biomassa total; (2) biomassa seca da *B. brizantha*; (3) biomassa verde da *B. brizantha*; (4) talo verde; (5) folha verde; (6) biomassa de invasoras; (7) biomassa de leguminosas; (8) biomassa de *B. humidicola*; (9) biomassa de manta orgânica. Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Duncan ($p<0,05$).