

**ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DAS EXCRETAS
BOVINAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

JORGE MAURINO DA SILVA

**ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DAS EXCRETAS
BOVINAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

JORGE MAURINO DA SILVA

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia

Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

631.42
S585a

Silva, Jorge Maurino da

Atributos do solo em função da distribuição das excretas bovinas em sistema silvipastoril / Jorge Maurino da Silva. – Presidente Prudente, 2012.

70 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2012.

Bibliografia.

Orientador: Carlos Sérgio Tiritan

1. Sistemas silvipastoril. 2. Solos manejo. 3. Penetrômetro. I. Título.

JORGE MAURINO DA SILVA

**ATRIBUTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DAS EXCRETAS
BOVINAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Presidente Prudente, 28 junho de 2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Edemar Moro
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Reges Heinrinchs
Universidade Estadual Paulista - Unesp
Dracena - SP

DEDICATÓRIA

A minha família fonte de minha perseverança, principalmente a minha esposa Cleusa Aparecida Silva, pelo exemplo de dedicação, retidão e amor incondicional que nunca deixou de acreditar em apoiar. Também a meu filho, Gustavo Alberto Silva, sinônimo de parceria e compreensão, que nunca deixou de acreditar e me apoiar... E muito menos se preocupa com o “tempo” dos homens.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) pela oportunidade para o desenvolvimento dos estudos e pesquisa.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Departamento de Pós Graduação em Agronomia (Mestrado), meus parabéns e muito obrigado pela condição diferenciada de integração e respeito mútuos.

Ao orientador Eng^o Agr^o Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan, pela parceria, apoio, ensinamentos e orientações transmitidas.

Ao pesquisador da Embrapa Florestas Eng^o Agr^o Msc Vanderley Porfírio da Silva, pela disposição na co-orientação deste trabalho.

Aos meus colegas de turma, pela parceria, cumplicidade e apoio durante o curso, principalmente aos meus companheiros de jornada: Erni Limberger, Antônio C. Rebeschini, Ricardo A. da Silva e Ailton D. Silvério.

Ao meu amigo e companheiro do EMATER PR, Eng^o Agr^o Msc. Eduardo Augustinho dos Santos, pelo incentivo, parceria e apoio dispendidos sempre que precisei.

Aos colegas do EMATER PR, Eng^o Agr^o Msc. Anízio Menarim Filho e o Eng^o Agr^o Rômulo de Assis Lima, pelo incentivo, parceria e confiança depositadas em mim.

A família Penasso, por terem cedido sua propriedade para a condução da pesquisa.

Aos amigos Eng^o Agr^o Dr. Marcelo Gonçalves Balan e o Eng^o Agr^o Dr. Genildo Manoel Pequeno, pela confiança depositadas em mim.

RESUMO

Atributos do solo em função da distribuição das excretas bovinas em sistema silvipastoril

O cultivo de espécies florestais arbóreas integradas à pastagens tem despertado cada vez mais o interesse dos produtores brasileiros. Com a adesão aos sistemas agroflorestais (SAF's), há uma racionalização do uso dos recursos naturais, buscando-se aumentar o equilíbrio ecológico, minimizando os impactos ambientais e reduzindo a degradação ambiental. O objetivo da pesquisa foi avaliar os atributos do solo em função da distribuição de bolos fecais bovinos. A pesquisa foi conduzida no município de Tapejara, Noroeste do Estado do Paraná, em áreas com pastagem arborizada (PA), com *Grevillea robusta* A., cultivadas em renques nivelados, outra áreas com pastagem a pleno sol (PS). O delineamento experimental foi constituído de dois tratamentos: a PA composta de 95 parcelas e a PS com 120 parcelas, em ambos os casos com 0,04 ha cada. Colocou-se 65 (UA) unidade animal alternadamente nos dois sistemas. Após a saída dos animais, contou-se os bolos fecais depositada em cada parcela, repetindo-se o procedimento a cada trinta dias, por seis vezes. Agrupou-se a deposição dos bolos fecais em cinco faixas de deposições – 1: até 1,9; 2: 2,0-3,9; 3: 4,0-5,9; 4: 6,0-7,9; 5: igual e/ou superior a 8,0. Para os níveis de fertilidade e compactação do solo, observou-se o agrupamento de deposição de bolos fecais nas parcelas. A coleta das amostras de solo para análise química foi realizada em três profundidades: 0,0–2,5; 2,5–5,0 e 5,0–20 cm, em três repetições. Para os níveis de compactação do solo, em ambos sistemas ficou evidenciado que a concentração acima de 7,9 deposições de bolos fecais, há maior compactação nas camadas entre 15 a 35 cm de profundidade do solo. Para a fertilidade do solo, a pastagem sombreada propiciou maiores valores de pH, M.O. e teores de macronutrientes, principalmente nas camadas superficiais do solo. Para os teores de micronutrientes, a pastagem a pleno sol, foi superior a arborizada. Constatou-se que para o sistema arborizado a distribuição de bolos fecais foram concentrados, e para o sistema não arborizado, a distribuição foi uniforme.

Palavras-chave: Silvipastoril; Integração; Excretas; Penetrômetro.

ABSTRACT

Attributes of the soil fertility due to the distribution of cattle excreta in silvopastoral system.

The cultivation of forest trees integrated into the pasture has attracted increasing interest from Brazilian producers. With the accession to agroforestry (SAF's), there is a rational use of natural resources, trying to increase the ecological balance, minimizing environmental impacts and reducing environmental degradation. The objective of this research was to evaluate the soil characteristics depending on the distribution of cattle dung pats. The survey was conducted in the municipality of Tapejara, Northwest of Paraná State, in areas with wooded pasture (PA), with *A. Grevillea robusta*, grown in rows level, other areas with grassland in full sun (PS). The experiment consisted of two treatments: a PA composed of 95 plots and plots with 120 PS, in both cases with 0.04 ha each. He put up 65 (AU) animal unit alternately in the two systems. After removal of the animals, told that the dung pats deposited in each plot, repeating the procedure every thirty days, six times. Grouped to the deposition of dung pats in five bands depositions - 1: up to 1.9, 2: 2.0 to 3.9, 3: 4.0-5.9; 4: 6.0 to 7.9 , 5: equal and / or greater than 8.0. For fertility and compaction, it was observed grouping pats deposition in the plots. The collection of soil samples for chemical analysis was performed at three depths: 0.0 to 2.5, 2.5 to 5.0 and from 5.0 to 20 cm in three replications. For levels of soil compaction in both systems was evident that the concentration above 7.9 deposition of dung pats, there is greater compaction in layers 15 to 35 cm soil depth. For soil fertility, pasture shaded led to higher pH, MO and macronutrients, mainly in the topsoil. For contents of micronutrients, grazing in full sun, was more than trees. It was found that the system for the distribution of woody pats were concentrated, and the system does not woody, the distribution was uniform.

Keywords: Silvopastoral; Integration; Excretions; Penetrometer.

SIGLAS E ABREVIACOES

PA	Pastagem arborizada
PS	Pastagem a pleno sol
SSP's	Sistemas Silvipastoris
SAF's	Sistemas Agroflorestais
N	Nitrogênio
MO	Matéria Orgânica
C Org.	Carbono Orgânico
ID	Índice de Dispersão
Mpa	Mega pascal
Kgf cm ⁻²	Quilograma força por centímetro quadrado
Mm	Milímetro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ganho ou perda de rendimento dos animais e/ou, gramíneas durante o pastejo em função da lotação	19
Figura 2	Mapa do Estado do Paraná e projeção do Município de Tapejara, local de desenvolvimento da pesquisa	30
Figura 3	Média mensal da precipitação, umidade relativa do ar e das temperaturas máximas e mínimas, no município de Tapejara – PR, para o período 1999-2011	31
Figura 4	Índices de precipitações pluviométrica para a área experimental, durante a condução da pesquisa, comparativo à série histórica	32
Figura 5	Índices de umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas ocorridas durante a condução da pesquisa	32
Figura 6	Projeção dos espaçamentos do componente arbóreo na pastagem, espaçamento entre renques e árvores	35
Figura 7	Resistência à penetração do solo (MPa) em função deposição de bolos fecais por bovinos de leite. Tapejara, PR	42
Figura 8	Mosaico da distribuição de bolos fecais na unidade arborizada (PA), após seis ocupações, mostrando a distribuição de bolos fecais e o arboredo que compõe o sistema	56
Figura 9	Mosaico demonstrando a deposição de bolos fecais na pastagem a pleno sol, evidenciando uma maior uniformidade na distribuição de bolos fecais.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Relação dos tipos de textura do solo com Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murcha Permanente (PMP) e Água Disponível Total (ADT)	33
Tabela 2	Composição granulométrica do solo predominante no experimento....	33
Tabela 3	Composição do esterco bovino nos dois sistemas de produção PA e PS	38
Tabela 4	Volume de nutrientes que retornam anualmente ao solo nos dois sistemas de produção PA e PS, proveniente dos bolos fecais	38
Tabela 5	Umidade do solo em três profundidade na área de pesquisa durante a condução do experimento	39
Tabela 6	Índice de pH, em três profundidades de coleta de solo em pastagem arborizada e a pleno sol, e para 5 grupos de frequência dos bolos fecais	44
Tabela 7	Níveis de M.O. em três profundidades de ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos	45
Tabela 8	Níveis de P, em três profundidades para os sistemas (PA e PS), e os 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos	46
Tabela 9	Resultados dos teores de P da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade de 5,0-20 cm...	47
Tabela 10	Níveis de K, em três profundidades de ambos sistemas, e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos	47
Tabela 11	Resultados dos teores de K da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade de 0,0 a 2,5 cm.....	48
Tabela 12	Teor de Ca, em três profundidades de coleta de solo ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos	49
Tabela 13	Teor de Mg, em três profundidades de coleta de solo ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos	49
Tabela 14	Níveis de V%, em três profundidades de coleta de solo ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos	50
Tabela 15	Saturação por bases V% da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade de 0,0 a 2,5 cm.....	51

Tabela 16	Teores de micronutrientes, na profundidade 1, correspondente a de 0,0 a 2,5 cm, em ambos sistemas (PA e PS).....	51
Tabela 17	Resultados dos teores de Fe, da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade 1, de 0,0 a 2,5 cm	52
Tabela 18	Teores de micronutrientes, na profundidade 2, correspondente a profundidade de 2,5 a 5,0 cm, em ambos sistemas (PA e PS)	53
Tabela 19	Resultados dos teores de Fe ²⁺ , da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade de 2,5 a 5,0 cm	53
Tabela 20	Resultados dos teores de Micronutrientes, na profundidade 3, correspondente a de 5,0 a 20 cm, em ambos sistemas (PA e PS).	54
Tabela 21	Índices de Dispersão (ID) do sistema arborizado (PA), e pastagem não arborizada (PS), nas seis ocupações dos animais em cada piquete e do total acumulado após as seis ocupações	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Caracterização de Forrageiras.....	17
2.2	Sistemas Silvopastoris	19
2.3	Fertilidade de Solos em Sistemas Agroflorestais	21
2.4	Caracterização de Solos e Fertilidade	23
2.4.1	Solos predominantes na região Noroeste do Paraná	23
2.4.2	Conservação de solos	23
2.4.3	Adubação de pastagens	24
2.4.4	Acidez do solo	24
2.5	Componentes Ambientais	25
2.6	Distribuição de Bolos Fecais Bovinas em Pastagens	27
2.7	Resistencia à Penetração do Solo	28
2.7.1	Estrutura do solo	28
2.7.2	Compactação do solo	28
3	MATÉRIAL E MÉTODOS	30
3.1	Localização do Experimento	30
3.2	Clima Predominante na Região	30
3.3	Condições Climáticas Durante o Experimento	31
3.4	Classificação de Solo.....	33
3.5	Delineamento Experimental	34
3.6	Instalação e Condução do Experimento	34
3.6.1	Preparo do solo	34
3.6.2	Componente arbóreo	34
3.6.3	Semeadura e adubação da pastagem	35
3.6.4	Período de condução do experimento	35
3.7	Avaliações	36
3.7.1	Contagem de distribuição dos bolos fecais	36
3.7.2	Umidade do solo	39

3.7.3	Compactação do solo	39
3.7.4	Fertilidade do solo	40
3.8	Análise Estatística	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Resistência e Compactação do Solo	41
4.2	Fertilidade do Solo	43
4.3	Resultados da Distribuição dos Bolos Fecais e Comportamento Animal.	55
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICES	64
Apêndice A	Comportamento animal em pastagem arborizada (sob os renques)	65
Apêndice B	Comportamento animal em pastagem a pleno sol	65
Apêndice C	Mapa de precipitações pluviométricas, indicador de médias para o Estado do Paraná	66
Apêndice D	Mapa indicador de temperaturas médias para o Estado do Paraná	66
Apêndice E	Mapa indicador de Umidade Relativa do Ar (UR) médias para o Estado do Paraná	67
Apêndice F	Resultados dos valores de pH e teores de M.O., H+Al, CTC e macronutrientes, na profundidade 1, correspondente a de 0,0 a 2,5 cm	68
Apêndice G	Resultados dos valores de pH e teores de M.O., H+Al, CTC e macronutrientes, na profundidade 2, correspondente a de 2,5 a 5,0 cm	69
Apêndice H	Resultados dos valores de pH e teores de M.O., H+Al, CTC e macronutrientes, na profundidade 3, correspondente a de 5,0 a 20 cm	70

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná, possui aproximadamente 6,7 milhões de hectares destinados ao cultivo de pastagens, sendo 1,4 milhões de hectares, formados de pastagens nativas (Sul do Estado), e 5,3 milhões de hectares, de pastagens cultivadas, as quais estão divididas em: pastagens de clima tropical e clima temperado (MEZZADRI, 2005).

A macroregião Noroeste do Estado do Paraná possui 2.481.601,00 ha, dos quais 90,48% são áreas antropizadas, deste total 48,65% são áreas com potencial à degradação (IPARDES, 2005). A produtividade das pastagens vem decrescendo a cada ano, devido ao manejo inadequado, reduzindo-se a lotação de animais por hectare, tendo como consequência a diminuição da rentabilidade dos sistemas adotados.

Os primeiros registros científicos no Brasil do uso de sistemas agroflorestais – SAF's, datam de 1962, na região Sudeste, sendo alavancado na década de 70. Não há exatidão no número de propriedade no Paraná que praticam o sistema silvipastoril ou agrossilvipastoril. Estima-se em dez mil (MEDRADO et al., 2002).

O cultivo de espécies florestais arbóreas integradas às pastagens tem despertado cada vez mais o interesse dos produtores brasileiros. Esse modelo contrapõe-se aos modelos tradicionais, assim sendo, o uso racional de áreas cultiváveis, bem como a elevação da rentabilidade destas e a racionalização do uso dos recursos naturais, irá aumentar o equilíbrio ecológico e minimizar os impactos ambientais, reduzindo assim, a degradação ambiental.

O sistema de exploração agropecuária que se aproxima do adequado, são os Sistemas Agroflorestais (SAF's), modalidade de produção conduzidos com lavouras, pastagens e florestas. São inúmeros os sucessos deste sistema comprovado nas mais variadas situações. Neste sistema, lavouras anuais ou perenes e pastagens são intercaladas com espécies florestais arbóreas.

A modalidade preconizada para atender as áreas destinadas a pastagens é o Sistema Silvipastoril (SSP). Ao implantar o SSP, os produtores devem levar em consideração as espécies florestais, as espécies de gramíneas, os espaçamentos entre os renques e o espaçamento entre plantas.

Para ter sucesso com SSP, é necessário elencar os fatores de importância ao sistema, que é o ambiental, onde estão inseridos: solo (estrutura, fertilidade, declividade, etc), clima, luz, água, temperatura, entre outros.

Trabalhos desenvolvidos por diversos pesquisadores comprovam que dentro dos Sistemas Agroflorestais, há melhor distribuição da fertilidade do solo e reciclagem dos nutrientes percolados para camadas mais profundas do solo, melhorando o desempenho do componente arbóreo e as gramíneas que compõe o sistema.

O SSP traz diversas vantagens ambientais, porque melhora melhorando o conforto animal, além de que, há um incremento significativo na produtividade, pois os bolos fecais retornaram ao solo parte dos nutrientes exportados via animal.

Objetivou-se avaliar a fertilidade do solo em função da distribuição dos bolos fecais bovinos em dois sistemas de cultivo de pastagens, sendo um em sistema silvipastoril arborizado com *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex. R. BR. (grevílea), e outro em monocultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização de Forrageiras

As pastagens devem ser conduzidas como lavouras perenes, não apenas como uma cultura marginal, ocupando as áreas menos propícias à agricultura. Para Pupo (2000), a pastagem deve ser vista como um todo, pois faz parte de um dos pilares da atividade pecuária, sendo ela a base da sustentação para o desempenho do rebanho a ser criado, devendo-se optar por materiais de grande potencial produtivo, persistência e adaptação a fatores bióticos, climáticos, hábitos de crescimento, etc.

Ainda para Pupo (2000), alguns fatores são decisivos na instalação do cultivo, entre eles: escolha do terreno, preparo inicial do solo, escolha do material a ser cultivado (espécie forrageira adequada ao clima e solo locais), correção do solo, adubações de implantação e condução, bem como o manejo das pastagens, procurando alcançar o máximo de potencial de capa espécie/variedade.

Quando as gramíneas são pastoreadas pelos animais, ocorrem impactos em todo o sistema, podendo ser negativo ou positivo. Nesta abordagem Nascimento Jr (2001), descreve que de forma negativa, temos uma drástica redução da área foliar da planta, ocorrendo danos em função da remoção dos meristemas apicais havendo a realocação de energia e nutrientes das raízes para a parte aérea a fim de compensar as perdas de tecido fotossintético.

Contraopondo os efeitos negativos observados, Nascimento Jr (2001), descreve que o pastoreio beneficia as plantas pelo aumento na penetração de luz no dossel, aumentando a proporção de folhas novas, que são mais ativas fotossinteticamente, pois há uma remoção de folhas velhas e ativação dos meristemas dormentes basais, axilares e nos rizomas das plantas.

A pressão de pastejo é fator relevante para as pastagens, pois determinam a produção animal, recuperação e a degradação das forrageiras. Para Nascimento Jr e Tibo (1997), as pastagens raramente estão em equilíbrio. Na maioria das vezes, o ponto de pastejo encontra-se acima ou abaixo do ideal, podendo haver subpastejo ou superpastejo, comprometendo assim a longevidade da pastagem.

Soares Filho (1997), destaca três possibilidades:

a) Pastejo ótimo: a capacidade de suporte da pastagem está equilibrada com a lotação animal, pois estará compatível com o volume de pastagem disponível, maximizando a produção da área, não havendo sobra de pastagem.

b) Subpastejo: é ocasionado pela sublotação animal em relação ao volume de forragem disponível na área, sendo que a produção animal torna-se máxima pela oferta de alimento, havendo acúmulo de forragem haverá necessidade de proceder rotineiramente roçadas na área.

c) Superpastejo: para Rodrigues et al. (2000), o superpastejo esta relacionado a lotação em excesso de animais por um longo período, isso poderá acarretar danos as pastagens, podendo iniciar a degradação da área.

Para Mott (1960 apud GOMIDE; GOMIDE, 2009) o subpastejo maximiza a produção por animal, mas reduz a produção por área. Para maximizar a produção por área é necessário elevar a taxa de lotação, no entanto isso irá comprometer a produção por animal. Só irá alcançar o ótimo da produção, quando os componentes animais e pastagens estiverem em equilíbrio, maximizando assim a produção.

O superpastejo e o rebaixamento excessivo das gramínea, ocasionam a supressão da pastagem facilitando o surgimento de plantas daninhas, pois a pastagem não consegue armazenar reservas nutritivas, ocasionando uma redução no vigor de rebrota (SOARES FILHO, 1997) .

O Figura 1, representa trabalho de Mott (1960 apud GOMIDE; GOMIDE, 2009), que descreve a relações entre pressão de pastejo, ganho de peso por animal e ganho de peso por unidade de área, conforme descrito anteriormente.

A definição da intensidade de pastejo é importante quando se pretende avaliar o efeito de deposição de bolos fecais nas características químicas do solo.

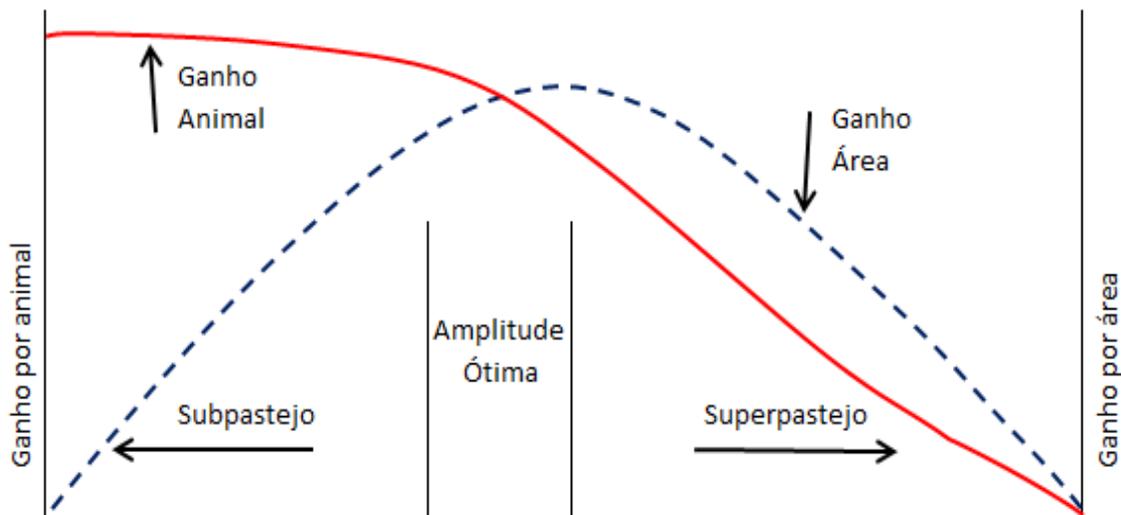


Figura 1- Ganho ou perda de rendimento dos animais e/ou, gramíneas durante o pastejo em função da lotação.

Fonte: Mott (1960 apud GOMIDE; GOMIDE, 2009)

2.2 Sistemas silvipastoris

O Sistema Silvipastoril é um conjunto de atividades integradas, em que se leva em consideração os conhecimentos, bem como as práticas dos técnicos envolvidos no processo de implantação e condução do sistema, o qual estará integrando árvores e pastagens. Porfírio-da-Silva (2009), destaca que neste sistema, a integração entre árvores, gramíneas e bovinos é intencional, pois na mesma área e ao mesmo tempo, temos um conjunto de fatores sendo manejado de forma integrada, buscando o máximo de eficiência e produtividade.

Os sistemas silvipastoris trazem vantagens tanto ambientais como econômicas, no entanto deve-se levar em consideração os componentes deste sistema. Segundo Porfírio-da-Silva (2006), os sistemas silvipastoris são multifuncionais, pois há uma intensificação na produção animal, melhor ambiência aos animais, elevando sua capacidade produtiva, integrando os recursos naturais e reduzindo a agressão ao ambiente, evitando assim sua degradação.

Os sistemas silvipastoris apresentam diversos fatores que podem contribuir positivamente com o setor pecuário. Para Porfírio-da-Silva (1994), o sistema aumenta o suporte de animais nas pastagens consorciadas ($UA\ ha^{-1}$), além

de reduzir a erosão e manter a fertilidade do solo, em função de haver deposição constante de bolos fecais e serapilheira das árvores que recicla nutrientes em diferentes profundidades do solo.

Nos sistemas silvipastoris, o componente arbóreo é responsável em grande parte, pelos benefícios ocorridos no solo e ao meio ambiente que integram o sistema, trazendo diversos benefícios, formando um círculo virtuoso dos nutrientes percolados no ecossistema, reduzindo a ação dos ventos, a variação de temperaturas, melhorando o rendimento das culturas, reduzindo o sistema erosivo dos solos mais frágeis, além de melhorar o controle biológico pela maior diversidade de espécies que compõe o sistema (SEGHESE, 2006).

O planejamento é uma das fases mais importantes na implantação do sistema silvipastoril, pois sem o devido planejamento, os resultados obtidos, poderão não ser necessariamente os melhores. Para Porfírio-da-Silva et al. (2008), alguns critérios no planejamento deverão estar bem claros, tais como: destinação da produção de árvores, declividade da área a ser explorada, face de exposição da área, proteção dos demais elementos que comporão o sistema, conservação do solo, entre outros. Só assim tem-se uma proposta autosustentável, a qual dará retorno aos investimentos propostos.

Ao analisar o conjunto sistemas silvipastoris, o componente arbóreo possui uma elevada capacidade de melhorar os solos por diferentes processos. Para Buresh e Triantafyllidis, (1997 apud RIBASKI et al., 2005), o sistema pode influenciar na quantidade e disponibilidade de nutrientes dentro da área de atuação do sistema radicular do componente arbóreo, pois reciclam nutrientes percolados em camadas profundas disponibilizando as culturas anuais ou gramíneas, estabelecendo sustentabilidade aos sistemas agroflorestais, quando comparados aos sistemas convencionais.

Entre as características relevantes nos sistemas silvipastoris, Castro e Carvalho (1999), destacam a maior resistência das espécies cultivadas no sub-bosque às adversidades climáticas: secas, ventos frios e variações de temperatura.

Para se ter sucesso na condução do sistema, é necessário conhecer as espécies forrageiras utilizadas e verificar a sua tolerância ao sombreamento.

O sombreamento das gramíneas pode trazer alguns efeitos não desejáveis, pois nem todas as espécies tem um bom desenvolvimento quando

submetidas a um sistema no qual parte da luminosidade é reduzida. (CASTRO et al., 2001). O estudo concluiu que há uma tendência geral na elevação dos teores de P, K, Ca e Mg na forragem das gramíneas sombreadas.

2.3 Fertilidade de solos em Sistemas Agroflorestais

No sistema agroflorestal o componente arbóreo é fundamental para a ciclagem de nutrientes percolados nas camadas mais profundas do solo, disponibilizando-os na superfície para as plantas com sistema radicular mais superficial. Com isso há uma elevação na fertilidade do solo em função da deposição de bolos fecais. A elevação gradativa de biomassa do componente arbóreo do sistema, além de favorecer a porosidade, atua como armazenador de água após a morte das raízes (FRANKE; FURTADO, 2001).

Os componentes do sistema não podem ser interpretados isoladamente, pois fazem parte de um conjunto mais abrangente, para isso tem-se diversos fatores interagindo, tais como: solo, árvores, pastagens, animais, clima, além dos biológicos.

A fertilidade do solo avaliado em cultivo consorciado com árvores leguminosas (baginha) e pastagens de *Brachiaria*, proporcionou elevação da fertilidade na área de influência de árvores: P, K, SB, e principalmente de MO e N, pelo volume de serrapilheira e decomposição de raízes na projeção das copas, e a fixação de N atmosférico, beneficiando assim o desempenho das pastagens, pelos níveis de nutrientes disponíveis nelas (ANDRADE et al., 2002).

Bertalot et al. (2004), avaliaram a produção de biomassa e a fertilidade de solo a partir deposição de serapilheira de espécies leguminosas arbóreas, nas quatro estações do ano. Ficou evidente a capacidade das espécies leguminosas retornarem nutrientes ao solo, havendo uma correlação positiva entre N, K e S, durante as estações do ano em que foi conduzido o experimento e as espécies arbóreas utilizadas.

Salgado et al. (2006), em experimento realizado com café e grevilea, constatou que houve um favorecimento nos incrementos, na produtividade do cafeeiro da área sombreada, porém os índices de nutrientes no substrato a pleno sol, foram maiores em relação aos índices obtidos com os SAF. Outra característica

do cultivo a pleno sol, foi à constatação das condições químicas dos solos, pois apresentaram-se, no geral, com melhores características nos monocultivos, o que pode ter ocorrido devido à demanda nutricional das árvores.

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's), surgem como uma alternativa de exploração racional entre culturas perenes/anuais ou perenes/perenes, tornando-se tecnicamente viáveis, pois as espécies arbóreas, geralmente, são de ciclo longo, e as culturas de ciclo curto proporcionam a exploração das áreas intercaladas a estas.

Para Pereira et al. (1998), o sistema composto por seringueira e café, beneficia ambas as culturas, pois a seringueira por possuir um sistema radicular bastante desenvolvido, tanto horizontalmente como verticalmente, se beneficia dos adubos não aproveitados pelo cafeeiro, favorecendo o sistema como um todo. Outro fator analisado pelos pesquisadores, é o fato da seringueira atuar como quebra vento, reduzindo assim ventos frios e geadas no inverno e também, como redutor de temperatura nos períodos de verão.

Os SAF's, trazem ao ambiente diversas vantagens, superando as desvantagens, podendo ser usados em diversos segmentos. Para Paula e Paula (2003), podem ser utilizados para recuperar áreas degradadas, recompor áreas de preservação permanente e reserva legal, além de restabelecer a diversidade de espécies vegetais, ofertando ao meio ambiente uma oportunidade de equilíbrio.

Ao avaliar os atributos que compõe o solo, é necessário levar em consideração não só a parte física, química e biológica, mas também a densidade e porosidade, além da agregação (matéria orgânica) e os níveis de compactação. Carvalho et al. (2004), enfocando estes atributos avaliou a qualidade de solo sob o sistema agroflorestal, e outro sob sistema de plantio convencional. Os solos sob sistema agroflorestal, apresentaram maior porosidade, menor compactação no perfil avaliado, maior quantidade de agregados estáveis, menor densidade aparente, quando comparado com o mesmo solo cultivado sob sistema convencional de plantio.

2.4 Caracterização de Solos e Fertilidade

2.4.1 Solos predominantes na região Noroeste do Paraná

Na região Noroeste, predominam solos de textura média a arenosa (RESENDE et al., 1998). Esses tipos de solos apresentam baixos teores de matéria orgânica, baixa capacidade de retenção de nutrientes e troca de cátions (CTC). Além desses atributos elencados, estes solos são altamente susceptíveis ao processo erosivo quando expostos a ação das chuvas. Outro atributo negativo dos solos de textura arenosa (<15% de argila), e que são excessivamente drenados, muito profundos, pouco agregados e muito porosos. Por sua característica, em períodos de estiagem, a falta de água passa a ser limitante na produção expressiva das culturas instaladas (FASOLO et al., 1988).

2.4.2 Conservação de solos

Em trabalho realizado por Ribaski et al. (2005), na região de Alegrete, RS, em solos com altos índices de fragilidade, suscetíveis a erosão, em que o caminhamento dos animais propiciava a formação de trilhas favorecendo a erosão, constatou-se que a presença de árvores no sistema foi importante na conservação dos solos, pois reduziu os índices de erosão e a degradação ambiental.

O componente arbóreo constitui uma proteção física no SSP, reduzindo a velocidade dos ventos, a evapotranspiração e o escoamento superficial das gotas da chuva sobre a superfície do solo, reduzindo assim as perdas de solo quando comparados com sistemas convencionais (FRANKE; FURTADO, 2001).

Para recuperar as áreas de pastagens degradadas é preciso implementar diversas ações, porém um dos fatores limitantes são os custos iniciais desse processo. Para Dias-Filho (2006), essa barreira inicial poderá ser ultrapassada utilizando-se o SSP, já que a utilização do componente arbóreo seria incorporado às pastagens de forma a aumentar a eficiência econômica e agrônômica.

2.4.3 Adubação de pastagens

O IAPAR (2003), recomenda adotar alguns procedimentos para realizarmos a adubação e calagem das pastagens, pois além dos resultados contidos na análise de solo, deve-se levar em consideração as espécies de gramíneas a serem cultivadas, para tanto são citados três grupos distintos:

- Grupo I - *Saccharum híbridas* e *Pennisetum purpureum*.
- Grupo II - *Panicum* e *Cynodon*.
- Grupo III - *Brachiarias*.

Na calagem, recomenda-se a elevação da saturação por bases do solo dos grupos I e II para 70%, e para o grupo III à 50%. Quanto às adubações nitrogenadas em cobertura, esta deverá ser parcelada, aplicando as seguintes quantidades:

- Grupo I - 100 kg ha⁻¹
- Grupo II - 80 kg ha⁻¹
- Grupo III - 60 kg ha⁻¹

2.4.4 Acidez do solo

A acidez do solo, poderá ser causada pela água das chuvas, a qual lixívia íons em grande quantidade, removendo cátions: K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na²⁺, e aníons: NO₃⁻, Cl⁻ e SO₄²⁻, da superfície das partículas de solo, deixando H⁺, Al³⁺, Fe²⁺ e Mn²⁺, em seu lugar. Deve-se observar que há maior lixiviação de K⁺ e Na²⁺ em relação Ca²⁺ e Mg²⁺. Outro ponto importante no deslocamento de cargas é a série liotrópica: H⁺ > Al³⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺ > Na²⁺, (MALAVOLTA, 1989).

O uso de adubos nitrogenados não nítricos, geram íons H⁺ no solo, através das transformações microbianas. O uso do calcário em solos ácidos é obrigatório para permitir o efeito dos adubos minerais, reduzindo a acidez e a concentração de elementos tóxicos, e elevando a disponibilidade do N, S, P e de outros nutrientes. O fornecimento Ca²⁺ e Mg²⁺, corrigindo possíveis deficiências, melhora as propriedades físicas dos solos (MALAVOLTA, 1989).

Dentre os fertilizantes utilizados para instalação e manutenção de uma cultura (anual ou perene), há maior demanda de P e K, pois as gramíneas tem alta

demanda por N (clorofila), que na sua maioria é aplicado em cobertura. Pesquisa buscam reduzir a aplicação sistemática deste nutriente, favorecendo sua fixação por bactérias de várias estirpes, que em simbiose com o sistema radicular, retiram o elemento da atmosfera, que contem aproximadamente 78% de nitrogênio na forma de gás (N_2), transformando-o em combinações amoniacais e nítricas (NH_4^+ , NO_2 , NO_3) (MALAVOLTA, 1989), formas que a planta consegue absorver, bastando para isso inocular as sementes com a bactéria.

O P é bastante fixado no solo, óxidos e hidróxidos de Al^{3+} e Fe^{2+} , ferro e alumínio, são constituintes inorgânicos passíveis de alta fixação do P (LOPES, 2004). Em solo ácido o P reage com óxidos de Al^{3+} , Fe^{2+} e Mn^{2+} , para formar produto insolúvel, tornando-o menos disponível. Estima-se que o índice de aproveitamento do P pelas plantas seja de 20 a 40% (COSTA; OLIVEIRA, 1998).

Segundo Malavolta (1989), o K é um dos macronutrientes exigidos em maior proporção pelas culturas, sendo que as necessidades desse elemento são muito maiores que as do fósforo. O K é um elemento químico que possui carga positiva (K^+), por isso é mais facilmente perdido no solo pela lixiviação.

Lopes (2004), descreve que o K^+ é um elemento que precisa ser repostado constantemente, visando atingir 1,5 a 2% da CTC a pH 7,0, parâmetro usado para atender o conceito de adubação potássica corretiva total. Para o equilíbrio desejado no solo o K^+ tem que participar em 2,5% da CTC, e a relação $Ca^{2+} + Mg^{2+}/K^+$, deve apresentar índices entre 17 e 35. Abaixo de 17, o solo apresenta provável deficiência de Ca^{2+} e Mg^{2+} , e acima de 35, o solo apresenta provável deficiência de K^+ (COSTA; OLIVEIRA, 1998).

Estima-se que o índice de aproveitamento de K pela planta seja de 50 a 70%. Para maximizar sua eficiência deve-se considerar que o solo argiloso precisa de mais K do que o arenoso, para manter a mesma concentração da solução (COSTA; OLIVEIRA, 1998).

2.5 Componentes Ambientais

Para as gramíneas tropicais, a temperatura, dentre os fatores climáticos, é o mais importante para sua produtividade. A planta, geralmente, é tolerante a grande faixa de temperaturas, produzindo em regiões com temperatura

média de ideal oscilando entre 30°C e 35°C, faixa máxima entre 35°C a 50°C. Temperaturas mais baixas (menos de 21°C), diminuem o crescimento dos colmos e paralisam o desenvolvimento vegetal quando forem menores que 15°C. As gramíneas possuem uma maior eficiência fotossintética do que as leguminosas, em função da disposição da área foliar nas plantas, ângulo de inserção destas no colmo, idade, grupo anatômico e hábito de crescimento, variando com a idade das folhas (RODRIGUES et al., 1993).

Menarim Filho (2007), conduziu um trabalho no qual analisou a interferência do sombreamento em gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Cynodon*. Constatou que na área pesquisada não houve interferência do sombreamento no desempenho produtivo das gramíneas, pois ocorreram melhorias nutricionais nas forrageiras, além de oferecerem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento animal.

A redução do acúmulo de tecidos mortos devido ao sombreamento, ou a sua não alteração, para Castro et al. (1999a), parece estar relacionada com a menor velocidade no desenvolvimento das plantas cultivadas sob luminosidade reduzida e também às condições microclimáticas do ambiente sombreado, onde predominaram temperaturas amenas, umidade relativa do ar ligeiramente mais alta e elevado teor de umidade no solo.

A água é essencial à vida, desempenhando um papel fundamental na vida da planta. Para cada grama de matéria orgânica produzida pela planta, aproximadamente 500 g de água são absorvidos pelas raízes. Um pequeno desequilíbrio no fluxo de água, pode causar déficit hídricos e mau funcionamento nos processos metabólicos da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Nos vegetais a água é o principal constituinte. O conteúdo varia com o tipo e a idade do órgão vegetal. A necessidade de água varia entre as espécies e de acordo com as condições climáticas e edáficas. A radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento são fatores que afetam a perda de água pela planta (UEM, 2005).

2.6 Distribuição de Bolos Fecais Bovinos em Pastagem

Para Rodrigues et al. (2000), ao inserir animais nas pastagens exporta-se grande quantidade de minerais, além de ocorrer perdas de outras formas, tais como: lixiviação, volatilização e fixação. Outro ponto a ser considerado é a má distribuição dos bolos fecais pela área de pastoreio, sendo que poderá haver uma concentração em corredores, ao redor de saleiros, bebedouros e sombras. Assim sendo, a reciclagem de nutrientes não será suficiente para a manutenção da fertilidade do solo nas áreas de pastagens, portanto é recomendável proceder correções regularmente. Pesquisa desenvolvida por Aguiar et al. (2006), corrobora com resultados de Rodrigues et al. (2000).

Em trabalho conduzido por Kruschewsky (2009), este concluiu que para pastagens em sistema arborizado (PA) a distribuição dos bolos fecais foram homogêneas, e para o sistema a pleno sol (PS), as distribuições foram concentradas.

Para Nascimento Jr e Cavalcante (2001), a fertilização das pastagens a partir da deposição de bolos fecais, pode contribuir de modo eficaz, porém a má distribuição e as perdas de nutrientes por diversos fatores, reduzem a eficácia dessa reposição.

Em experimento conduzido por Braz et al. (2002), verificou-se que o peso médio por bolos fecais foi de 200,5 g de MS, com frequência de 9,84 defecações por animal ao dia, totalizando 1,97 kg de MS animal. Pela produção de bolos fecais estimou-se que um animal (UA), retorna diariamente à pastagem nutrientes equivalentes: 22,1 g de N, 10,06 g de P, 6,12 g de K, 21,7 de Ca e 9,47 g de Mg.

Para Campos et al. (2006), a análise de ciclagem de nutrientes em sistemas compostos de florestas e pastagens devem ter critérios distintos. Para as florestas deve-se analisar a biomassa acumulada nos diferentes estratos, já para as pastagens, a análise deve levar em consideração os componentes: sistema animal, solo e forrageira.

Segundo Fonseca e Marcelino (2002), com a distribuição dos bolos fecais (fezes e urina) na pastagem, haverá um incremento nutricional, proporcionando benefícios ao sistema, no entanto, este efeito poderá ser afetado

pela distribuição dos mesmos nas pastagens. Para ter um melhor aproveitamento destes nutrientes deve-se ter um bom entendimento do sistema solo-planta-animal.

2.7 Resistência à penetração do solo

2.7.1 Estrutura do solo

A estrutura do solo, tem papel decisivo no processo erosivo, pois dela depende a infiltração das águas superficiais para as camadas mais profundas dos solos. Resende et al. (1998), comenta que o efeito da compactação também influencia na absorção da água e dos nutrientes pelas raízes das plantas, pois, em solo com camadas subsuperficial compactada, estes oferecem uma elevada resistência do solo à penetração das raízes das plantas para as camadas mais profundas, dificultando a reciclagem de água e nutrientes que estão percolados.

Segundo Foloni et al. (2006), com o aumento da compactação do solo, pode-se estimular a proliferação de raízes laterais (finas), facilitando sua penetração nos poros de menor diâmetro. A quantidade de raízes que penetram em determinado volume de solo compactado, define o potencial da cultura em formar “bioporos” e melhorar as condições físicas do solo, favorecendo assim, a porosidade e reduzindo a densidade para a cultura subsequente.

2.7.2 Compactação do solo

Para Oliveira e Nascimento Jr. (2001), a compactação do solo está relacionada ao tempo de pastejo e sua intensidade, sendo que deve-se ainda considerar outros fatores, tais como: estrutura do solo, umidade, além do sistema de exploração. Para Santos et al. (2011), a serapilheira melhora a estrutura, porosidade e retenção de umidade do solo.

Para Imhoff et al. (2000), o solo poderá ter sua densidade alterada diante de alguns fatores, tais como: forrageira cultivada, taxa de lotação, sendo que a umidade é fator relevante, dependendo do tipo de solo cultivado.

A umidade do solo e a cobertura vegetal tem papel importante nos níveis de compactação do solo. Segundo Sarmento et al. (2008), com o solo exposto

e a alta umidade, tem-se elevação nos níveis de compactação dos mesmos. Para reduzir os impactos danosos do pisoteio animal é fundamental manter uma boa cobertura, preservando assim, a qualidade física dos solos.

Um experimento conduzido por Bonfim-Silva et al. (2010), em áreas em recuperação, constatou que a densidade e a capacidade de retenção de água no solo, não são influenciadas pelo sistema de manejo no primeiro ano.

Os animais em sistema de pastejo podem influenciar nos níveis de compactação do solo, no entanto deve-se levar em consideração o tipo de pastagem, a altura do relvado, o tipo de solo, o período de pastejo e o teor de umidade do solo.

Para Trein et al. (1991), a ação do pisoteio bovino poderá compactar uma camada de até 7,5 cm de profundidade, porém não é transmitido para as camadas mais inferiores.

Quanto à pressão exercida pelos bovinos no sistema, de acordo com Cohron (1972) citado por Collares (2005), está poderá ser de 0,17 MPa por casco, além do que, dependendo das condições das pastagens expostas anteriormente, os cascos podem se aprofundar até 12 cm no solo.

Em trabalho conduzido por Collares (2005), observou-se que o excesso de carga animal eleva a compactação do solo e reduz sua macroporosidade, reduzindo os níveis de infiltração de água e aeração do solo.

No trabalho realizado por Warren et al. (1986), citado por Costa e Nascimento Jr (2000), foram observados os efeitos deletérios do pisoteio animal no pastejo rotacional intensivo, que tendem a aumentar com a taxa de lotação, causando no solo seco a destruição dos agregados naturais e compactando a camada superficial e, em solo úmido, criação de crostas superficiais impermeáveis.

Já o trabalho realizado por Costa e Oliveira (1998), descreveu que os níveis de absorção de nutrientes disponíveis no solo pelas plantas, decresceu proporcionalmente, com a elevação dos níveis de densidade, para obter um bom desempenho das culturas, deve-se eliminar as camadas compactadas do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do Experimento

O experimento foi conduzido no Município de Tapejara, Paraná, conforme ilustra a Figura 2, a área encontra-se há 489 m de altitude, nas seguintes coordenadas: 31° 22' 54,07" L e 737° 63' 88,12" S.

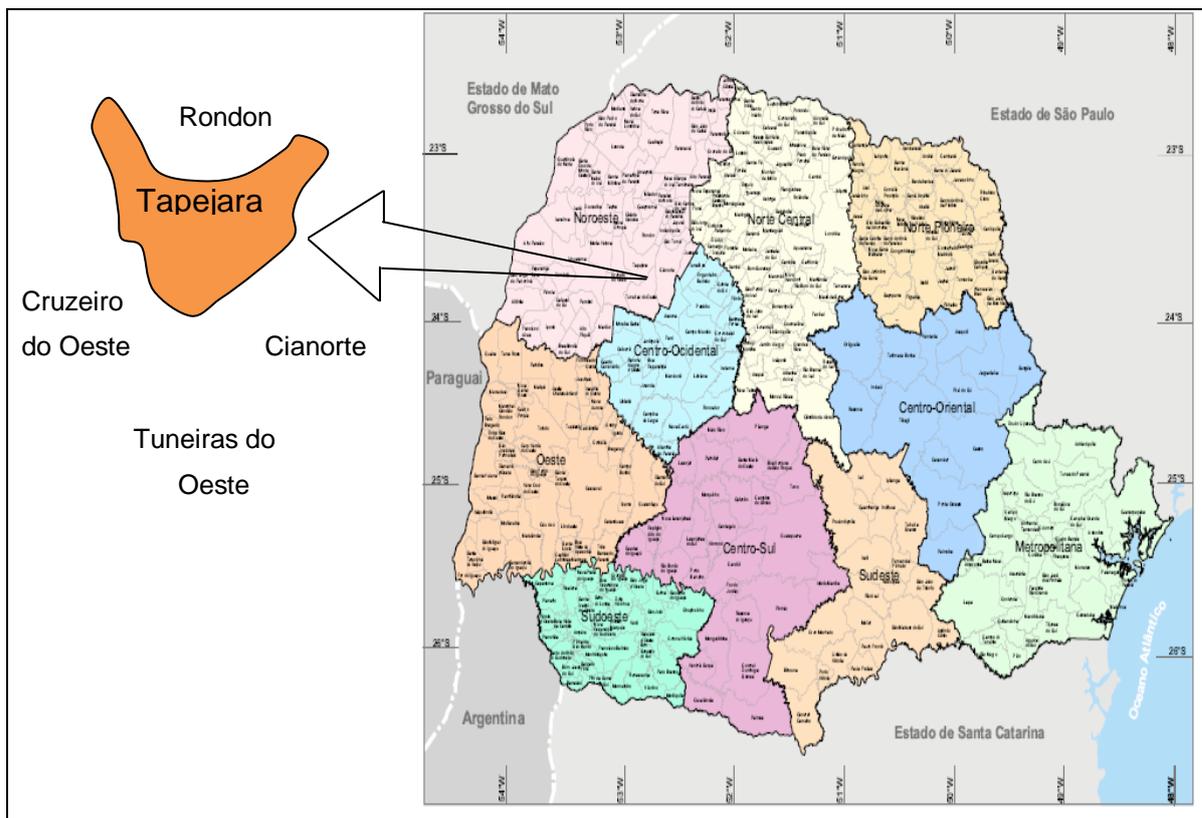


Figura 2 - Mapa do Estado do Paraná e projeção do Município de Tapejara, local de desenvolvimento da pesquisa.

Fonte: Base física e política do estado do Paraná – IPARDES (2005).

3.2 Clima Predominante na Região

O clima predominante na região Noroeste do Estado do Paraná, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa - subtropical úmido mesotérmico, com precipitação média anual entre 1.400 e 1.500 mm e evapotranspiração potencial média anual entre 1.200 e 1.400 mm. Este tipo climático caracteriza-se

pela predominância de verões quentes, com tendência a altas precipitações pluviométricas, sem estação seca definida; invernos pouco rigorosos, com baixa frequência de geadas e altitudes inferiores a 850 metros (LARACH et al., 1984).

3.3 Condições Climáticas Durante o Experimento

Os dados climáticos locais para o período de novembro de 2010 a abril de 2011, foram registrados na Usina USAÇÚCAR – Unidade de Tapejara, sendo que a estação meteorológica situa-se a 3,0 km da área do experimento.

A Figura 3, apresenta os dados climáticos correspondentes ao período de janeiro de 1999 a setembro de 2011, a qual indica os índices de regime pluviométrico, temperaturas máximas e mínimas, e umidade relativa do ar da região.

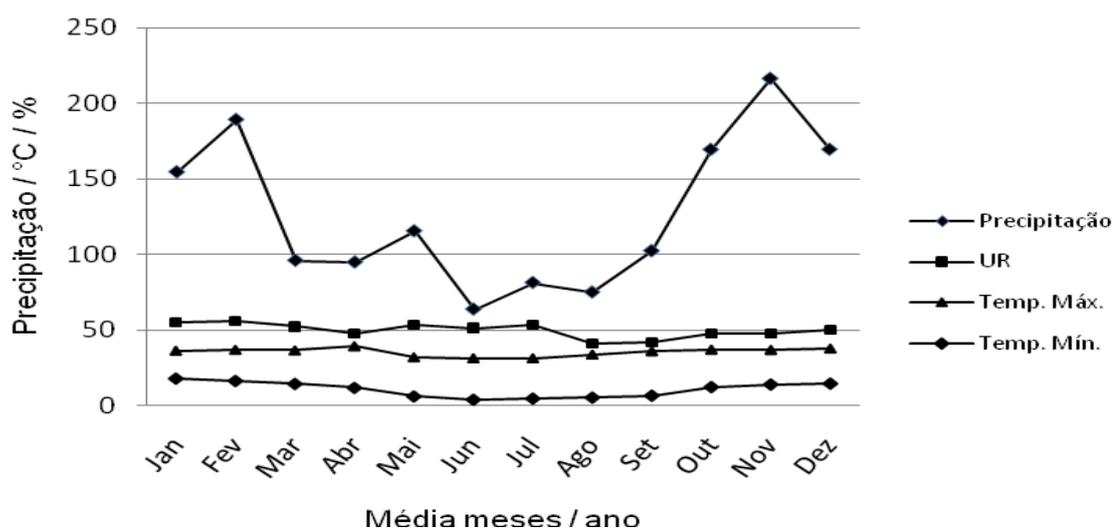


Figura 3- Média mensal da precipitação, umidade relativa do ar e das temperaturas máximas e mínimas, no município de Tapejara – PR, para o período 1999-2011.

Fonte: Usina USAÇÚCAR – Unidade Tapejara PR (2011).

O regime pluviométrico anual médio da região, no período de 12 anos (1999-2011) foi de 1.485,05 mm. Portanto, estão dentro das médias preconizadas pelas cartas do IAPAR (2000), em que os valores médios situam se entre 1.400 a 1.600 mm, conforme mostra o apêndice C.

A Figura 4, demonstra o comparativo de pluviometria entre a série histórica e o período de condução do experimento e, o Figura 5, demonstra os índices de umidade relativa do ar (UR), bem como os valores de temperatura máxima e mínima ocorridas no período de condução do experimento.

Índices Pluviométricos

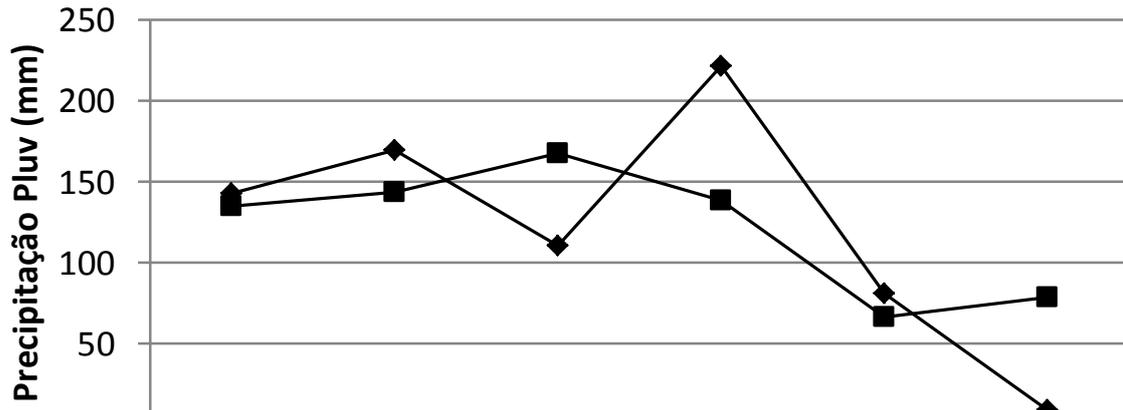


Figura 4- Índices de precipitações pluviométricas para a área experimental, durante a condução da pesquisa, comparativo à série histórica.

Fonte: Usina USAÇÚCAR – Unidade Tapejara PR (2011)

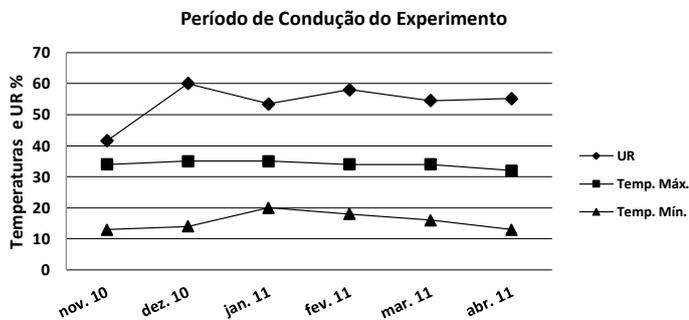


Figura 5- Índices de umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas ocorridas durante a condução da pesquisa.

Fonte: Usina USAÇÚCAR – Unidade Tapejara PR (2011)

As temperaturas observadas durante a condução do experimento foram: médias máximas: 34°C e médias mínimas: 15,67°C, sendo a média: 24,83°C, ficando levemente acima das médias anuais da carta anual para a região, que estão

entre 22 a 23°C, conforme mostra o apêndice D. Quanto à umidade relativa do ar (UA), esta ficou abaixo da média histórica para a região. Para o IAPAR (2000), a média situa-se entre 75 a 80%, e no período de condução do experimento a UR foi de 53,80%, ou seja, 30,58% abaixo da média, apêndice E. A Tabela 1, representa a capacidade de armazenamento de água em diversos tipos de solo, em função dos teores de argila.

Tabela 1- Relação dos tipos de textura do solo com Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murcha Permanente (PMP) e Água Disponível Total (ADT).

Textura Solo	CC (%)	PMP (%)	ADT (CC - PMP) (%)
Arenosa	9,0	4,0	5,0
Média	22,0	10,0	12,0
Argilosa	33,0	16,0	17,0

Adaptado: Programa Nacional de Irrigação – Brasil, (1987).

3.4 Classificação de Solo

O solo onde está localizada a área do experimento, é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). A topografia é suave ondulada, com declividade variando entre 3 a 5%.

A textura do solo é outro elemento importante no sistema. Foram coletadas amostras de solo deformadas para fins de análise granulométrica do solo (argila, silte e areia) para caracterização da classe textural. Ao analisar a Tabela 2, pode-se observar a composição granulométrica do solo da área pesquisada, composta de 88,6% de areia na camada superficial (0,0 – 20 cm), e 85,7% na camada mais profunda (20-40 cm).

Tabela 2- Composição granulométrica do solo predominante no experimento.

Profundidade da amostragem	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Classe Textural
0 – 20 cm	886	12	102	AR
21 – 40 cm	858	18	124	AR

Fonte: Análise física de solo – Laboratório solos UNOESTE

3.5 Delineamento Experimental

O experimento foi instalado em maio de 2010, quando ambas as áreas foram subdivididas em uma grade de 20 x 20 m (parcelas de 0,04 ha), sendo desenvolvido em área contínuas: uma de pastagem arborizada (PA) ou seja, em Sistema Silvipastoril, com área de 3,57 ha, e outra a pleno sol (PS) com 4,80 ha.

A pastagem arborizada (PA) tem como componente arbóreo árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex. R. BR. (grevílea), e a pastagem cultivada é composta por *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia, distribuída em 95 parcelas.

Já a pleno sol (PS) é composta por monocultivo de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça, distribuída em 120 parcelas.

A amostra de solo foi feita em três momentos. A primeira após encerrar a contagem de distribuição dos bolos fecais; a segunda 6 (seis) meses após a primeira, e a terceira 3 (três) após a segunda.

A área experimental recebeu carga animal acima da média nacional, sendo, para o sistema arborizado (PA): 18,2 UA ha⁻¹; e para o sistema a pleno sol (PS): 13,54 UA ha⁻¹.

3.6 Instalação e Condução do Experimento

3.6.1 Preparo do solo

O preparo de solo deu-se de forma convencional, com aração e gradagens, posteriormente implantou-se a pastagem.

3.6.2 Componente arbóreo

As árvores foram implantadas no ano de 2000, localizadas em cima dos terraços, com espaçamento de 6 m entre as árvores e variando entre 25 a 36 m entre renques, esta variação de distância deve-se a topografia do terreno. Este arranjo espacial proporciona um melhor aproveitamento dos espaços, fornece sombra aos bovinos, além de contribuir para reduzir o processo erosivo do solo. A orientação dos renques são no sentido Sudeste (SE) - Noroeste (NE), no entanto em

função da declividade do solo, esta orientação em alguns pontos dos renques tem outro posicionamento. Na Figura 6, está apresentado o posicionamento do componente arbóreo no sistema.



Figura 6- Projeção dos espaçamentos do componente arbóreo na pastagem, espaçamento entre renques e árvores.

Fonte: O autor

3.6.3 Semeadura e adubação da pastagem

As pastagens foram instaladas em 2004. O sistema de plantio a lanço e posteriormente as sementes foram incorporadas levemente ao solo.

Para o sistema PA, foi instalada o cultivar *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia, e para o sistema PS, o cultivar *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça.

Foram realizadas correções na área para implantação da pastagem, conforme resultados da análise de solo.

Não foram realizados adubações formuladas ou orgânicas, no pós plantio ou em cobertura, e sim, adubações nitrogenadas contínuas nas áreas, utilizando-se em média $0,25 \text{ ton ha}^{-1}$.

3.6.4 Período de condução do experimento

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2010 a abril de 2011. Os animais mensalmente foram inseridos nos dois sistemas (PA e PS), alternadamente, totalizando 6 (seis) ocupações, fazendo-se o levantamento da

distribuição dos bolos fecais logo após a saída dos animais. Para cada ocupação os animais permaneceram durante 8 (oito) horas nos sistemas.

3.7 Avaliações

3.7.1 Contagem de distribuição dos bolos fecais

Na primeira fase da pesquisa, acompanhou-se a deposição dos bolos fecais nos dois sistemas. O rebanho era composto por 65 (UA), vacas da raça holandesa e/ou girolanda em lactação. Imediatamente, após a saída dos animais em cada ocupação, percorreu-se as parcelas, delimitando-as, e em seguida contou-se todas os bolos fecais depositados no interior das mesmas. Foram observadas as seguintes variáveis:

- a) frequência de defecações por animal/amostragem, dividindo-se o total de bolos fecais registrados em cada período de amostragem pelo número de animais presentes na área (65 UA), realizou-se este processo a cada amostragem;
- b) a produção total de bolos fecais, durante as seis (6) amostragens, dividiu-se pelo número de animais chegando a média por animal;
- c) multiplicando-se o número de bolos fecais pelo peso médio conforme preconizado por Braz et al. (2002);
- d) estimou-se a quantidade de nutrientes que retornaram à pastagem pelos bolos fecais, multiplicando-se os teores médios de nutrientes nas placas de fezes pela produção total de fezes.
- e) gradiente de distribuição: os bolos fecais foram agrupados em cinco faixas, objetivando a facilitação de interpretação dos dados, para ambos sistemas: arborizado (PA) e a pleno sol (PS): 1: até 1,9; 2: 2,0–3,9; 3: 4,0–5,9; 4: 6,0–7,9; 5: igual e/ou maior que 8,0.
- f) Os dados foram submetidos a análises estatísticas descritivas, em que os ciclos de amostragem foram considerados variáveis aleatórias. A partir dos registros das distribuições das fezes em cada uma das parcelas, foram calculadas a média (\bar{x}) e a variância (S^2), com base no registro de cada ciclo de ocupação, e dos registros totais acumulados durante os seis ciclos em cada piquete, com intervalo de 30 (trinta) dias entre cada ocupação, sendo esta com duração de 08:00 hs cada. Foi calculado os

Índices de Dispersão (Krebs, *apud* Ferreira, 2004). Para conclusão do teste do Índice de Dispersão, foi utilizado o teste Qui-quadrado bilateral, através do critério proposto por Braz (2001) e Ferreira et al. (2004):

g) Se $X^2_{0,975} < X^2_{obs} < X^2_{0,025}$

→ a variância é igual a média e o índice de dispersão é 1; conclui-se que as fezes são distribuídas aleatoriamente.

h) Se $X^2_{obs} \leq X^2_{0,975}$

→ a variância é menor que a média e o índice de dispersão é próximo de zero; conclui-se que as fezes são uniformemente espaçadas na pastagem.

i) Se $X^2_{obs} \geq X^2_{0,025}$

→ a variância é maior que a média e o índice de dispersão pode ser muito maior que 1; conclui-se que as fezes são distribuídas de forma agregada na pastagem.

A segunda fase da pesquisa foi a coleta de amostras do solo, nas mesmas parcelas, sua análise e posterior interpretação das mesmas. Após esse procedimento foi feito um comparativo entre os dois sistemas.

Segundo Braz et al. (2002), o peso médio por bolo fecal bovino é de 200,5 g de MS, com frequência de 9,84 defecações por animal ao dia, totalizando 1,97 kg de MS por animal. No experimento conduzido, após 6 (seis) coletas, para os sistemas PA e PS, com ocupação de 65 UA, a frequência para o sistema PA foi de 4,32 de bolos fecais ao dia, enquanto para o sistema PS foi de 3,9 unidades dia, com uma média entre os sistemas de 4,11 unidades, inferior aos valores encontrados por Braz et al. (2002). Partindo-se dos valores encontrados por Braz et al. (2002), de 200,5 g MS por unidade, estima-se 824,05 g de MS depositada por animal dia, totalizando 53,56 kg dia⁻¹ de bolos fecais em uma área de 8,37 ha, ou seja, 6,39 kg de bolos fecais por ha, para uma lotação de 65 UA.

Com a deposição de bolos fecais nos sistemas, há um retorno ao solo de parte dos nutrientes retirados pelas gramíneas, e exportados via animal. Para determinar os valores de retorno de nutrientes ao solo via bolos fecais, procedeu-se a análise química dos bolos fecais nos dois sistemas, conforme demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição do esterco bovino nos dois sistemas de produção PA e PS.

Características químicas do solo	PA	PS
pH	7,6	8,3
N Total	22,5 g kg ⁻¹	19,7 g kg ⁻¹
MO Total	215,3 g kg ⁻¹	174,9 g kg ⁻¹
C. Org.	119,6 g kg ⁻¹	97,2 g kg ⁻¹
P	1,28 g kg ⁻¹	1,85 g kg ⁻¹
K	2,0 g kg ⁻¹	1,2 g kg ⁻¹
Ca	21,8 g kg ⁻¹	19,7 g kg ⁻¹
Mg	8,0 g kg ⁻¹	11,0 g kg ⁻¹
S	2,9 g kg ⁻¹	2,8 g kg ⁻¹
Fe	1.059,7 mg kg ⁻¹	421,7 mg kg ⁻¹
Mn	522,6 mg kg ⁻¹	169,8 mg kg ⁻¹
Zn	253,2 mg kg ⁻¹	371,4 mg kg ⁻¹
Cu	31,3 mg kg ⁻¹	24,5 mg kg ⁻¹

UNOESTE: Laboratório de Análise de Solos e Tecido Vegetal.

PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem a Pleno Sol

Fonte: O autor

Ao analisar os valores da Tabela 4, observa-se a estimativa da quantidade de nutrientes que os bolos fecais retornam à pastagem anualmente.

Tabela 4 - Volume de nutrientes que retornam anualmente ao solo nos dois sistemas de produção PA e PS, proveniente dos bolos fecais.

Características químicas do solo	PA	PS
N Total	4,26 kg ha ⁻¹	2,77 kg ha ⁻¹
MO Total	40,75 kg ha ⁻¹	24,62 kg ha ⁻¹
C Org.	22,63 kg ha ⁻¹	13,68 kg ha ⁻¹
P	0,24 kg ha ⁻¹	0,26 kg ha ⁻¹
K	0,38 kg ha ⁻¹	0,17 kg ha ⁻¹
Ca	4,13 kg ha ⁻¹	2,77 kg ha ⁻¹
Mg	1,51 kg ha ⁻¹	1,55 kg ha ⁻¹
S	0,55 kg ha ⁻¹	0,39 kg ha ⁻¹
Fe	0,20 kg ha ⁻¹	0,06 kg ha ⁻¹
Mn	0,10 kg ha ⁻¹	0,02 kg ha ⁻¹
Zn	0,05 kg ha ⁻¹	0,05 kg ha ⁻¹
Cu	0,01 kg ha ⁻¹	0,01 kg ha ⁻¹

PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem a Pleno Sol

Fonte: O autor

3.7.2 Umidade do solo

Para determinar a porcentagem de água no solo, usou-se o método gravimétrico direto, padrão de estufa preconizado por Bernardo (1986). Coletou-se amostras deformadas em três profundidades: 0,0-20; 20-40 e 40-60 cm, em ambos os sistemas (PA e PS).

No laboratório tomou-se a massa de solo úmido (m_u), pesou-se, e, em seguida, colocou-se em estufa a 105 - 110°C por 48 h, até peso constante. Tomou-se a massa de solo seco (m_s) e com a equação abaixo, foi calculado a umidade atual à base de peso (U_p). $U (\%) = [(m_u - m_s) \times 100]/m_s$. A Tabela 5, descreve os resultados finais encontrados para cada profundidade de coleta de amostra de solo.

Tabela 5 - Umidade do solo em três profundidade na área de pesquisa durante a condução do experimento.

Sistemas	Profundidades (cm)		
	0,0 – 20	20 – 40	40 – 60
	%	%	%
PA	12,60	12,65	13,53
PS	10,11	10,42	11,95

PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem a Pleno Sol
Fonte: O autor

3.7.3 Compactação do solo

Objetivando-se determinar a resistência do solo a penetração para detectar os níveis de compactação, utilizou-se um penetrômetro automático modelo SC-60, o qual é composto por: Dinamômetro, haste/cone (comprimento 0,60 m), conjunto registrador e ábaco padronizado para registrar as leituras. Percorreu-se as parcelas dos dois sistemas PS e PA, no centro destas procedeu-se a medição. Posteriormente montou-se uma planilha com os valores aferidos, estabelecendo-se uma média, levando-se em consideração a distribuição dos bolos fecais conforme descrito no item 3.7.1, alínea e. Com os resultados expressos em kgf.cm^{-2} , foram transformados em MPa, usando-se a seguinte formula: $R(\text{MPa}) = 0,0980665 \times \text{kgf.cm}^{-2}$. A medição deu-se 48 h, após ocorrer uma chuva de 53 mm.

3.7.4 Fertilidade do solo

A coleta de amostras de solo para análise química, deu-se inicialmente abrindo-se mini trincheira com o auxílio de enxadão. Coletou-se uma fatia de solo de 20 cm de comprimento e 2 cm de espessura e largura variada. Com o auxílio da régua graduada marcou-se o solo retirado e com auxílio do facão procedeu-se a divisão do solo colocando-se em recipientes distintos. Utilizou-se três profundidades objetivando definir a influência dos bolos fecais nas camadas superficiais e mais profunda do solo, sendo: 0,0-2,5; 2,5-5,0 e 5,0-20 cm. Coletou-se em cada parcela cinco (5) subamostra, simples e deformada para cada profundidade. Posteriormente, juntou-se as subamostras correspondente ao número de bolos fecais dispostos na pastagem, obtendo-se uma amostra composta para cada faixa de deposição de bolos fecais e para cada profundidade.

3.8 Análise Estatística

Os dados originados das coletas de amostra de solo, foram submetidos à análise de variância, utilizando delineamento experimental fatorial (2X5) com três repetições. Sendo dois sistemas de pastejo e cinco gradiente de deposição de bolos fecais. As médias foram comparadas estatisticamente pelo teste Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência e Compactação do Solo

A compactação do solo é um fator determinante no desenvolvimento radicular das culturas, podendo afetar o desempenho produtivo. A Figura 7, contém os dados de compactação do solo, nos sistemas PA e PS, para os 5 (cinco) níveis de deposições de bolos fecais.

Nas áreas de maior concentração de bolos fecais e, portanto, de maior concentração de animais, houve aumento gradativo da compactação.

Em ambos sistemas (PA e PS), a distribuição dos bolos fecais de 1,9 até 10 cm de profundidade, os níveis de compactação ficaram abaixo de 2MPa e, portanto, sem restrições para o desenvolvimento do sistema radicular corroborando com Debiasi et al. (2008). Entre 10 a 25 cm houve maior compactação, acima dos valores ideais, porém não alcançando nível crítico (>3,5 MPa) para o desenvolvimento de raízes. Com o aumento da profundidade, a resistência à penetração regrediu para menos de 2 MPa.

Para a distribuição entre 2,0-3,9 unidades sugere uma leve compactação para o sistema PS entre 10 a 18 cm, e para o sistema PA, entre 15 a 20 cm, regredindo nas camadas mais profundas.

Para a distribuição entre 4,0-5,9, e, entre 6,0-7,9, os primeiros 10 cm apresentam uma leve compactação (>2MPa), principalmente para o sistema PS, sendo que entre 10 a 25 cm, houve um acréscimo desta compactação, no entanto na distribuição entre 4,0-5,9, a partir dos 25 cm, a compactação reduziu gradativamente. Já para a distribuição entre 6,0-7,9, (com maior número de bolos fecais), a compactação foi menor no PS, enquanto que no PA a compactação aumentou gradativamente até os 35 cm de profundidade. Isso pode ter acontecido em função da lotação de animais na área, sendo que nos períodos mais quentes do dia os mesmos se concentram sob a copa das árvores para se protegerem do sol (Figura 10), esses resultados corroboram com Oliveira e Nascimento Jr (2001).

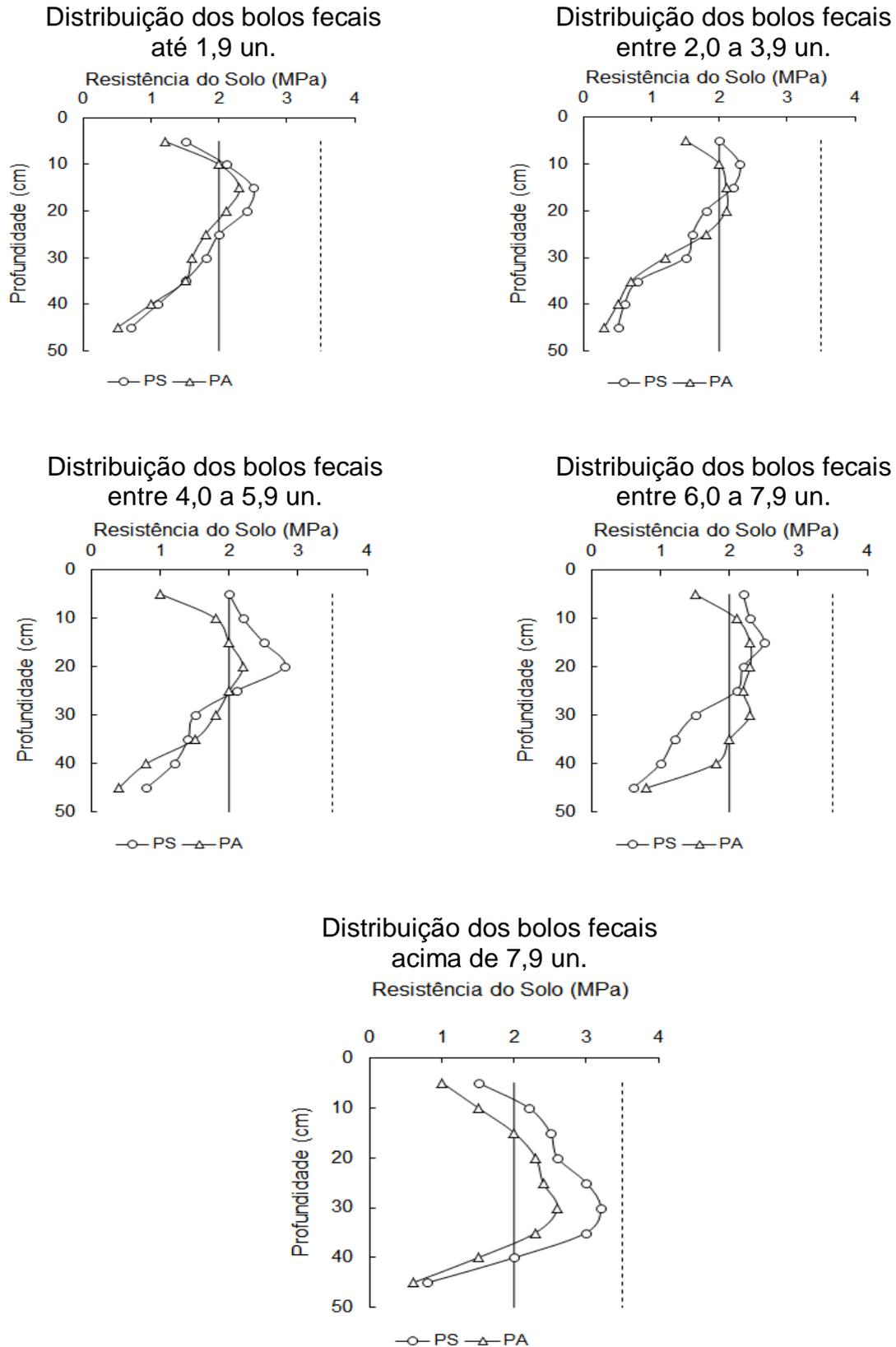


Figura 7- Resistência à penetração do solo (MPa) em função da deposição de bolos fecais por bovinos de leite Tapejara, PR. 2012.

Fonte: O autor

Para a distribuição acima de 7,9, aconteceu o inverso. Até os 10 cm não havia restrição ao desenvolvimento radicular, a partir desta profundidade, até 30 cm, os valores aumentam aproximando-se ao limite de 3,5 MPa no sistema PS, e 2,7 MPa para o sistema PA. Estes valores podem ter sido ocasionados pela concentração dos animais, pois os pontos de maiores índices de distribuição dos bolos fecais são os localizados próximo a bebedouro, saleiro e porteira.

No entanto, essas hipóteses contrapõe as descrições observadas por Trein et al. (1991), em que ele cita que a profundidade máxima de compactação pelos bovinos seria 7,5 cm de profundidades e, que em pastagens expostas poderia chegar até 12 cm de profundidade. Para Collares (2005), a força exercida pelos bovinos, poderá ser de até 0,17 MPa por casco. Diante dos valores encontrados em ambas as áreas (PA e PS), seria recomendável um estudo mais aprofundado para determinar a causa destas discrepâncias.

4.2 Fertilidade do Solo

Consórcios de plantas perenes, como as gramíneas tropicais e arboredo, possuem alta eficiência na utilização dos nutrientes, produzindo serapilheira pobres em teores de nutrientes, principalmente aqueles de alta mobilidade, aliados a solos com baixos teores de argila.

Conforme pode ser observado na Tabela 6, a acidez do solo para os dois sistemas (PA e PS) estão altos, no entanto, os valores são favoráveis nas três profundidades analisadas ao sistema PA, em relação ao sistema PS, porém diferindo estatisticamente somente para a profundidade até 2,5 cm.

Por ser um solo com baixo teor de argila, entre 102 a 124 g kg⁻¹, aliado ao uso frequente de adubos nitrogenados não nítricos, os resultados corroboram com Malavolta (1989), que afirma que o uso excessivo destes adubos geram íons H⁺ no solo, removendo cátions K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na²⁺, e anions: NO₃⁻, Cl⁻ e SO₄²⁻, da superfície das partículas de solo, deixando H⁺, Al³⁺, Fe²⁺ e Mn²⁺ em seu lugar.

Para a distribuição de bolos fecais nas cinco faixas de deposições, na profundidade até 2,5 cm, houve diferenças, sendo que as deposições 3, 4 e 5 foram superiores a 2, pois apresentou maior acidez.

Para as demais distribuições de bolos fecais nas cinco faixas de deposições, entre profundidades 2,5-5,0 e 5,0-20 cm, não houve diferenças estatísticas.

Tabela 6- Índice de pH, em três profundidades de coleta de solo em pastagem arborizada e a pleno sol, e para 5 grupos de frequência dos bolos fecais.

Sistemas	Profundidade de coleta das amostra de solo		
	Até 2,5 cm	2,5 – 5,0 cm	5,0 – 20 cm
	..... pH CaCl ₂ ^-		
PA	5,13 a	5,10	5,03
PS	4,94 b	4,92	4,86
F Sistemas	12,21 **	2,86 ns	2,65 ns
Frequência de bolos fecais			
1	4,90 bc	4,88	4,78
2	4,81 c	4,80	4,76
3	5,14 ab	5,06	5,18
4	5,25 a	5,21	5,16
5	5,08 ab	5,10	4,83
F Distribuição	8,36**	2,17 ns	3,11 *
CV %	2,97	5,59	5,89

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, na coluna não diferem entre si.

A Tabela 7, demonstra que para as três profundidades, o teor de M.O. foi maior no sistema PA do que no sistema PS. Os resultados obtidos corroboram com Andrade et al. (2002), que verificou a elevação da fertilidade em áreas de pastagens consorciadas com árvores.

A matéria orgânica é um componente importante em todo o sistema, como descreve Costa e Oliveira (1998). Contribui com até 95% ou mais do nitrogênio no solo. Isso depende de diversos fatores que influenciam na mineralização do nitrogênio orgânico, tais como os fatores climáticos. O solo da área experimental apresenta redução nos teores de M.O. conforme aumenta a profundidade, para ambos os sistemas (Tabela 7).

Os resultados corroboram também com Castro et al. (1999b), já que no sistema PA, cria-se um microclima mais ameno e mais úmido, contribuindo assim para a redução da oxidação da M.O. depositada no solo.

Para a distribuição dos bolos fecais bovinos nos cinco gradientes de concentração e nas três profundidades analisadas na coluna e linha não há diferença estatística, indicando a não influência direta da deposição dos bolos fecais bovinos.

Tabela 7 - Níveis de M.O. em três profundidades de ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência dos bolos fecais bovinos.

Sistemas	Profundidade de coleta das amostra de solo		
	Até 2,5 cm	2,5 – 5,0 cm	5,0 – 20 cm
	MO g dm ³		
PA	15,32 a	19,96 a	19,73 a
PS	12,07 b	13,38 b	13,89 b
F Sistemas	8,71 **	12,91**	18,31**
Frequência de bolos fecais			
1	14,08	16,33	16,18
2	13,78	15,70	15,97
3	14,75	17,85	15,53
4	13,45	17,40	19,04
5	12,41	16,10	17,35
F Distribuição	0,49 ns	0,19 ns	0,86 ns
CV %	21,99	30,07	22,20

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Diante dos resultados obtidos (Tabela 7), fica evidente que o volume de bolos fecais bovinos depositadas em áreas não associadas com arboredo, pouco influência nos resultados, no entanto, quando comparados aos resultados aliando à deposição de bolos fecais com o componente arbóreo, nas três camadas avaliadas, pode-se afirmar que os resultados foram favoráveis, a PA, ou seja, os teores de M.O. foram maiores.

Isso pode ter sido ocasionado pela influência do componente arbóreo, pois este oferece ao sistema temperaturas mais amenas, maior teor de umidade, além de reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas. O componente arbóreo contribui com a deposição de serapilheira (ramos, folhas, flores e sementes), fornecendo sombra ao sistema, reduzindo os níveis de oxidação da matéria orgânica, principalmente em solos com baixos teores de argila.

Os teores de fósforo (Tabela 8), não diferem entre os sistemas PA e PS, independentemente da profundidade de coleta de solo.

Para a distribuição de bolos fecais bovinos, nos cinco gradientes de concentração e nas três profundidades analisadas, não houve diferenças estatísticas para a profundidade 1 e 2. Para profundidade três (5-20 cm), a deposição 4 foi mais eficiente, diferindo da deposição 1.

Tabela 8 - Níveis de P, em três profundidades para os sistemas (PA e PS), e os 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos.

Sistemas	Profundidade de coleta das amostra de solo		
	Até 2,5 cm	2,5 – 5,0 cm	5,0 – 20 cm
	..... P mg dm ⁻³ -		
PA	17,07	5,38	3,73
PS	11,24	7,92	4,22
F Sistemas	2,37 ns	3,34 ns	2,45 ns
Frequência de bolos fecais			
1	13,30	9,36	3,10 b
2	7,51	5,35	3,53 ab
3	10,51	7,08	4,33 ab
4	20,86	6,60	4,86 a
5	18,60	4,86	4,05 ab
F Distribuição	1,71 ns	1,29 ns	3,91 ns
CV %	73,12	57,05	21,41

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si. Extrator: Resina.

Os resultados da interação (P) entre os sistemas e a distribuição de bolos fecais para a profundidade três estão apresentados na Tabela 9.

Ao analisar os dois sistemas, observa-se que, para o sistema PA, o aumento da distribuição dos bolos fecais contribui para o aumento dos teores de P. Para o sistema PS, os resultados apresentam diferenças estatísticas entre si para a distribuição de bolos fecais. O maior teor foi para a distribuição 4.

Ao analisar a eficiência dos sistemas de pastejo entre os sistemas em função da distribuição de bolos fecais, verifica-se que há diferença estatística entre ambos, com exceção da deposição 4. Isso demonstra que o sistema PA apresenta vantagens em relação ao PS no solo.

Tabela 9 - Resultados dos teores de P da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade de 5,0 a 20 cm.

Sistemas	Frequência de bolos fecais				
	1	2	3	4	5
	P mg dm ⁻³				
PA	2,86 aA	3,40 aA	3,53 bA	3,73 bA	4,53 aA
PS	3,33 aB	3,06 aB	5,13 aAB	6,00 aA	3,56 aB

DMS coluna: 6,17

DMS linha: 8,87

PA : Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Para os valores de K⁺, apresentados na Tabela 10, constata-se que para a profundidade 1, há diferenças entre os dois sistemas (PA e PS). Para as outras duas profundidades, não há diferenças entre os sistemas, para a distribuição de bolos fecais nos cinco gradientes de concentração.

Tabela 10 - Níveis de K, em três profundidades de ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos.

Sistemas	Profundidade de coleta das amostra de solo		
	Até 2,5 cm	2,5 – 5,0 cm	5,0 – 20 cm
	K mmol _c dm ⁻³		
PA	2,45 a	2,72	1,75
PS	1,74 b	1,77	1,38
F Sistemas	8,40**	3,67 ns	0,89 ns
Frequência de bolos fecais			
1	1,66	1,58	1,75
2	1,89	2,11	1,28
3	2,01	2,25	1,38
4	2,31	2,26	1,55
5	2,63	3,01	1,88
F Distribuição	1,67 ns	0,86 ns	0,33 ns
CV %	32,75	60,17	67,58

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Os resultados dos teores de K no solo, na profundidade de 0,0 a 2,5 cm, resultante da interação entre os sistemas e a distribuição de bolos fecais estão contidos na Tabela 11.

No sistema PA, observa-se que com o aumento da distribuição de bolos fecais há também o aumento progressivo nos teores de K, sendo que, a deposição 4 e 5, diferiram da deposição 1. No sistema PS, os resultados não apresentaram diferenças em razão da distribuição de bolos fecais.

Na comparação dos sistemas de pastejo, em função da distribuição de bolos fecais, verifica-se que com o aumento de bolos fecais, o sistema PA é superior ao PS, porém com exceção da distribuição 1, que apresenta vantagens ao PS. As demais não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 11- Resultados dos teores de K da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade de 0,0 a 2,5 cm.

Sistemas	Frequência de bolos fecais				
	1	2	3	4	5
	K mmol _c dm ⁻³				
PA	1,05 bB	2,13 aAB	2,66 aAB	3,02 aA	3,41 aA
PS	2,26 aA	1,65 aA	1,36 bA	1,60 bA	1,77 bA

DMS coluna: 6,17

DMS linha: 8,87

PA : Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados dos teores de Cálcio no solo nas três profundidades analisadas entre os sistemas e a distribuição de bolos fecais estão apresentados na Tabela 12. Para as três profundidades avaliadas e para a distribuição de bolos fecais, não detecta-se diferenças estatística entre os dois sistemas (PA e PS).

Tabela 12 - Teor de Ca, em três profundidades de coleta de solo, ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos.

Sistemas	Profundidade de coleta das amostra de solo		
	Até 2,5 cm	2,5 – 5,0 cm	5,0 – 20 cm
	..... Ca mmol _c dm ⁻³		
PA	15,75	15,60	15,52
PS	13,29	14,40	14,04
F Sistemas	4,24 ns	0,07 ns	0,26 ns
Frequência de bolos fecais			
1	16,98	20,46	17,76
2	11,71	12,95	12,18
3	16,01	13,95	16,05
4	15,55	15,51	15,51
5	12,33	12,11	12,38
F Distribuição	3,09 *	0,44 ns	0,57 ns
CV %	22,51	80,55	53,03

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Os resultados dos teores de Mg no solo nas três profundidades analisadas entre os sistemas e a distribuição de bolos fecais estão contidos na Tabela 13. Os teores de Mg, nas três profundidades avaliadas e na distribuição de bolos fecais, não diferem entre os dois sistemas (PA e PS).

Tabela 13 - Teor de Mg, em três profundidades de coleta de solo ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos.

Sistemas	Profundidade de coleta das amostra de solo		
	Até 2,5 cm	2,5 – 5,0 cm	5,0 – 20 cm
	..... Mg mmol _c dm ⁻³		
PA	6,03	6,70	4,40
PS	5,95	4,84	4,14
F Sistemas	0,003 ns	1,32 ns	0,05 ns
Frequência de bolos fecais			
1	6,05	6,93	5,71
2	4,36	5,81	2,96
3	5,51	5,35	4,75
4	5,95	6,00	4,48
5	8,06	4,76	3,46
F Distribuição	0,64 ns	0,19 ns	0,83 ns
CV %	68,30	76,92	68,23

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Os resultados dos valores de V% no solo nas três profundidades analisadas entre os sistemas e a distribuição de bolos fecais estão apresentados na Tabela 14.

Para os valores Saturação de Base (V%), nas três profundidades avaliadas, não houve diferenças entre os dois sistemas (PA e PS). Para a distribuição de bolos fecais, nos cinco gradientes de concentração, na profundidade até 2,5 cm, há diferenças entre a deposição 2 e as deposições 3, 4 e 5.

Tabela 14- Níveis de V%, em três profundidades de coleta de solo em ambos sistemas (PA e PS), e para 5 grupos de frequência de bolos fecais bovinos.

Sistemas	Profundidade de coleta das amostra de solo		
	Até 2,5 cm	2,5 – 5,0 cm	5,0 – 20 cm
	..... V% mmol _c dm ⁻³		
PA	41,64	41,58	40,67
PS	40,09	39,82	39,89
F Sistemas	1,35 ns	0,08 ns	0,02 ns
Frequência de bolos fecais			
1	40,08 ab	39,15	42,46
2	34,90 b	37,26	33,30
3	42,68 a	39,66	43,06
4	45,39 a	45,95	44,36
5	41,28 a	41,50	38,21
F Distribuição	6,86 **	0,25 ns	0,74 ns
CV %	8,87	39,63	31,94

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Os resultados dos teores de V% no solo na profundidade de 0,0 a 2,5 cm, da interação entre os sistemas e a distribuição de bolos fecais estão apresentadas na Tabela 15. No sistema PA, observa-se que o aumento da distribuição de bolos fecais promove um aumento nos valores de V%, a deposição 3, foi superior às demais.

No sistema PS, os resultados também não apresentam diferenças estatísticas para a distribuição de bolos fecais, a deposição foi superior às demais.

Na comparação dos sistemas de pastejo, em função da distribuição de bolos fecais, verifica-se que com o aumento da deposição de bolos fecais, a partir da 3º, o sistema PA foi mais eficiente que o PS, diferindo para as distribuições 3 e 5.

Tabela 15- Saturação por bases V% da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade de 0,0 a 2,5 cm.

Sistemas	Frequência de bolos fecais				
	1	2	3	4	5
			V (%)		
PA	36,73 bBC	34,63 aC	46,47 aA	44,98 aAB	45,34 aAB
PS	43,43 aAB	35,17 aB	38,88 bAB	45,80 aA	37,15 bAB

DMS coluna: 6,17

DMS linha: 8,87

PA : Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 16, está contido os teores de micronutrientes para as três profundidades de coleta de solo em ambos os sistemas (PA e PS). Na camada entre 0,0 a 2,5 cm, verifica que os teores de Cu, Fe, Mn e Zn, apresentam diferenças para os sistemas de pastejo. Isto demonstra uma tendência de melhores condições de solo para o sistema PS, em relação ao sistema PA. Para os teores de B não há diferenças entre os sistemas de pastagens.

Para a distribuição de bolos fecais na Tabela 16, avaliou-se os componentes que compõe cada gradiente de concentração. Observa-se que o Fe e Zn apresenta diferença entre os gradientes de concentração. O gradiente de concentração 4, teve o melhor desempenho, diferenciando-se do gradiente de concentração 1, mas não de 2, 3 e 5.

Tabela 16 - Teores de micronutrientes, na profundidade 1, correspondente a de 0,0 a 2,5 cm, em ambos sistemas (PA e PS).

Sistemas	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	..... mg dm ⁻³				
PA	0,20	0,66 b	35,81 b	22,96 b	1,55 b
PS	0,23	1,25 a	59,35 a	37,99 a	3,03 a
F sistema	0,92 ns	18,22 **	30,26**	8,68 **	36,42 **
Frequência de bolos fecais					
1	0,20	0,77	34,82 b	31,72	1,62 b
2	0,21	0,97	45,79 ab	35,25	2,12 ab
3	0,22	1,17	47,49 ab	26,87	2,70 ab
4	0,26	1,00	59,47 a	30,60	2,80 a
5	0,20	0,85	50,34 ab	27,92	2,20 ab
F Distribuição	0,32 ns	0,98 ns	3,44*	0,33 ns	3,01 *
CV %	46,41	39,63	24,62	45,82	29,32

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Os resultados dos valores de Fe^{2+} no solo na profundidade de 0,0 a 2,5 cm, da interação entre os sistemas e a distribuição de bolos fecais estão apresentados na Tabela 17. No sistema PA, observa-se que o aumento da distribuição de bolos fecais não interferem nos valores de Fe^{2+} . No sistema PS, os resultados apresentam diferenças estatísticas entre si para a distribuição de bolos fecais. O maior valor foi observado para a distribuição 4, que diferiu da 1 e 2. Na comparação dos sistemas de pastejo em função da distribuição de bolos fecais, verifica-se que no sistema PS os níveis de Fe^{2+} são superiores ao sistema PA (Tabela 17).

Tabela 17 - Resultados dos teores de Fe, da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade 1, de 0,0 a 2,5 cm.

Sistemas	Frequência de bolos fecais				
	1	2	3	4	5
	..... \text{Fe^{2+} mg dm^{-3}				
PA	31,90 aA	39,88 aA	32,00 bA	32,80 bA	42,50 aA
PS	37,75 aB	51,70 aB	62,98 aAB	86,15 aA	58,18 aAB

DMS coluna: 19,95

DMS linha: 28,68

PA : Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 18, contem valores referentes aos teores de micronutrientes para a profundidade 2,5 a 5,0 cm em ambos os sistemas (PA e PS).

Os teores de micronutrientes apresentam diferenças estatísticas para os sistemas de pastejo, demonstrando uma tendência de superioridade do sistema pastejo PS, em relação ao sistema de pastejo PA (Tabela 18).

Para a distribuição de bolos fecais, avaliou-se os componentes de cada gradiente de distribuição de bolos fecais. Para o Fe há interação entre os sistemas (Tabela 19) e, para os demais componentes não há diferenças estatísticas.

Tabela 18 - Teores de micronutriente, na profundidade 2, correspondente a profundidade de 2,5 a 5,0 cm, em ambos sistemas (PA e PS).

Sistemas	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm ⁻³				
PA	0,17 b	0,69 b	35,05 b	21,74 b	0,91 b
PS	0,29 a	1,43 a	62,32 a	39,26 a	2,23 a
F Sistema	6,95 *	27,75**	26,49**	16,70**	44,00**
Frequência de bolos fecais					
1	0,26	0,97	33,80 b	33,07	1,32
2	0,22	0,97	40,87 b	35,45	1,50
3	0,19	1,22	50,25 ab	29,57	1,55
4	0,17	1,20	69,47 a	28,57	2,12
5	0,31	0,92	49,02 ab	25,82	1,35
F Distribuição	1,16 ns	0,80 ns	5,11**	0,62 ns	2,13 ns
CV %	54,38	36,29	29,80	38,49	34,71

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Os resultados dos valores de Fe^{2+} no solo, na profundidade de 2,5 a 5,0 cm, da interação entre os sistemas e a distribuição de bolos fecais estão apresentados na Tabela 19.

No sistema PA, observa-se que o aumento da distribuição de bolos fecais, interfere nos valores de Fe^{2+} , sendo que as deposições 3, 4 e 5 diferem de 1 e 2. No sistema PS os resultados não apresentam diferenças entre si para a distribuição de bolos fecais. Na comparação dos sistemas de pastejo em função da distribuição de bolos fecais, verifica-se que nos 5 gradientes de distribuição do sistema PS os teores de micronutrientes são superiores ao sistema PA.

Tabela 19 - Resultado dos teores de Fe^{2+} , da interação entre os sistemas de pastejo e frequência de bolos fecais na profundidade de 2,5 a 5,0 cm.

Sistemas	Frequência dos bolos fecais				
	1	2	3	4	5
mg dm ⁻³					
PA	30,40 aA	33,45 aA	33,95 bA	31,90 bA	45,55 aA
PS	37,20 aB	48,30 aB	66,55 aB	107,05 aB	52,50 aB

DMS coluna: 24,71

DMS linha: 35,51

PA : Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 20, representa o solo amostrado na camada mais profunda, entre 5,0 a 20 cm. Verifica-se que os teores de Cu, Fe, Mn e Z, apresentam diferenças para os sistemas de pastejo, demonstrando uma tendência superior nos níveis destes nutrientes no sistema de pastejo PS.

Para a distribuição de bolos fecais (Tabela 20) observa-se que o Cu apresenta diferença estatística entre os gradientes de concentração. O gradiente de concentração 4, foi superior aos demais, diferenciando-se dos gradientes de concentração 1, 2 e 5, mas não do 3.

Para o Ferro, observa-se que não houve diferença estatística entre os gradientes de concentração.

Para o Manganês observa-se que há diferença entre os gradientes de concentração. O gradiente de concentração 2 foi superior aos demais, diferenciando-se de 1 e 5, mas não do 3 e 4.

Para o Zinco, observa-se que este apresenta diferença estatística entre os gradientes de concentração. O gradiente de concentração 2 foi superior aos demais, diferenciando-se de 1, mas não do 3, 4 e 5.

Tabela 20 - Resultados dos teores de Micronutrientes, na profundidade 3, correspondente a de 5,0 a 20 cm, em ambos sistemas (PA e PS).

Sistemas	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	..... mg dm ⁻³				
PA	0,24	1,34 b	35,01 b	22,21 b	0,56 b
PS	0,23	2,25 a	51,95 a	38,12 a	1,43 a
F Sistema	0,01 ns	10,66 **	22,00 **	52,48 **	18,87 **
Frequência de bolos fecais					
1	0,23	1,27 b	35,47	28,62 b	0,45 b
2	0,26	1,47 b	47,32	39,75 a	1,57 a
3	0,23	1,97 ab	40,60	30,57 ab	0,82 ab
4	0,13	2,97 a	41,77	30,80 ab	0,80 ab
5	0,29	1,27 b	52,22	21,07 b	1,32 ab
F Distribuição	1,178 ns	5,32 **	2,55 ns	7,35 **	4,03 **
CV %	46,11	42,50	22,74	19,93	55,12

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

4.3 Resultados da distribuição de bolos fecais e comportamento animal

Para a avaliação do comportamento na distribuição de bolos fecais bovinos em seis ocupações, adotou-se a metodologia para determinação dos Índices de Dispersão, utilizam o teste Qui-quadrado bilateral, proposto por Braz (2001) e Ferreira et al. (2004). Para o sistema de pastejo sombreado, observou-se a partir dos testes aplicados, que a variância foi maior que a média e o índice de dispersão maior que um (1). Conclui-se, então, que para o sistema PA os bolos fecais são distribuídos de forma agregada na pastagem e, para o sistema PS, observou-se que a variância foi menor que a média e o índice de dispersão próximo de zero (0). Conclui-se, então, que para o sistema PS a distribuição de bolos fecais foi uniforme.

A Tabela 21, apresenta os resultados das variâncias médias e testes do Qui-quadrado e valores dos Índices de Dispersão (ID) em cada ocupação dos animais na pastagem arborizada (PA) e no sistema não arborizado (PS).

Tabela 21- Índices de Dispersão (ID) do sistema arborizado (PA), e pastagem não arborizada (PS), nas seis ocupações dos animais em cada sistema e, do total acumulado após as seis ocupações.

Ocupações (Nº)	Variância (S ²)		Média (x)		Índice Dispersão (ID)	
	PA	PS	PA	PS	PA	PS
1º	8,843	4,854	2,663	2,498	1,030	0,871
2º	9,243	6,134	3,274	2,692	2,511	1,003
3º	5,253	3,189	2,705	2,781	0,331	0,327
4º	13,103	6,919	2,884	2,575	1,466	0,844
5º	14,334	5,227	3,558	2,825	1,383	1,097
6º	4,257	4,416	2,695	2,451	0,298	0,477
Média	3,876	2,558	3,221	2,637	1,158	0,751

Para o sistema arborizado (PA) verifica-se que somente duas ocupações, a 3º e a 6º, tiveram seus valores inferiores a um (1), demonstrando dessa forma, que a distribuição de bolos fecais foram uniformes nestas ocupações.

Para as demais, ocupações os valores foram iguais ou acima de 1 (um), apontando para a agregação das fezes.

O índice médio do ID acumulado após as seis ocupações, resultou em valores de 1,158, ou seja, mostrando dessa maneira que as distribuições foram concentradas para o tratamento PA. Esse comportamento pode ser observado na Figura 8.

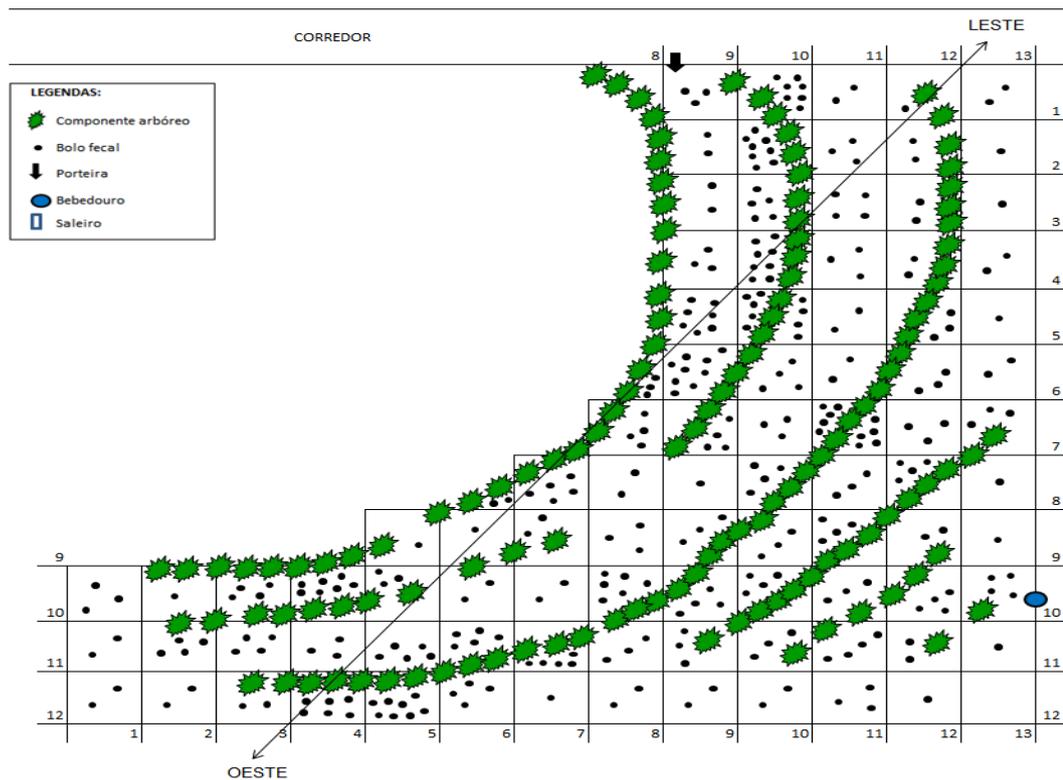


Figura 8- Mosaico da distribuição de bolos fecais na unidade arborizada (PA), após seis ocupações, mostrando a distribuição de bolos fecais e o arboredo que compõe o sistema.

Fonte: O autor

No sistema PS, verifica-se que na 2^o e 5^o ocupações, os valores do ID são iguais ou superiores a 1 (um), apontando para a agregação das fezes, e nas demais, foram inferiores a 1 (um), demonstrando que a distribuições de bolos fecais foram uniformes. As quatro ocupações com distribuições uniformes demonstram uma melhor distribuição dos bolos fecais na pastagem.

O índice médio do ID acumulado após as 6 ocupações, resulta em valores de 0,751, mostrando que as distribuições foram uniformes no pastagem PS.

A Figura 9, apresenta os resultados apontando para uma melhor distribuição dos bolos fecais em relação ao sistema PA. Em alguns pontos da pastagem houve poucas deposições, havendo uma concentração maior próxima a bebedouro, saleiros e porteira corroborando com Oliveira e Nascimento Jr (2001).

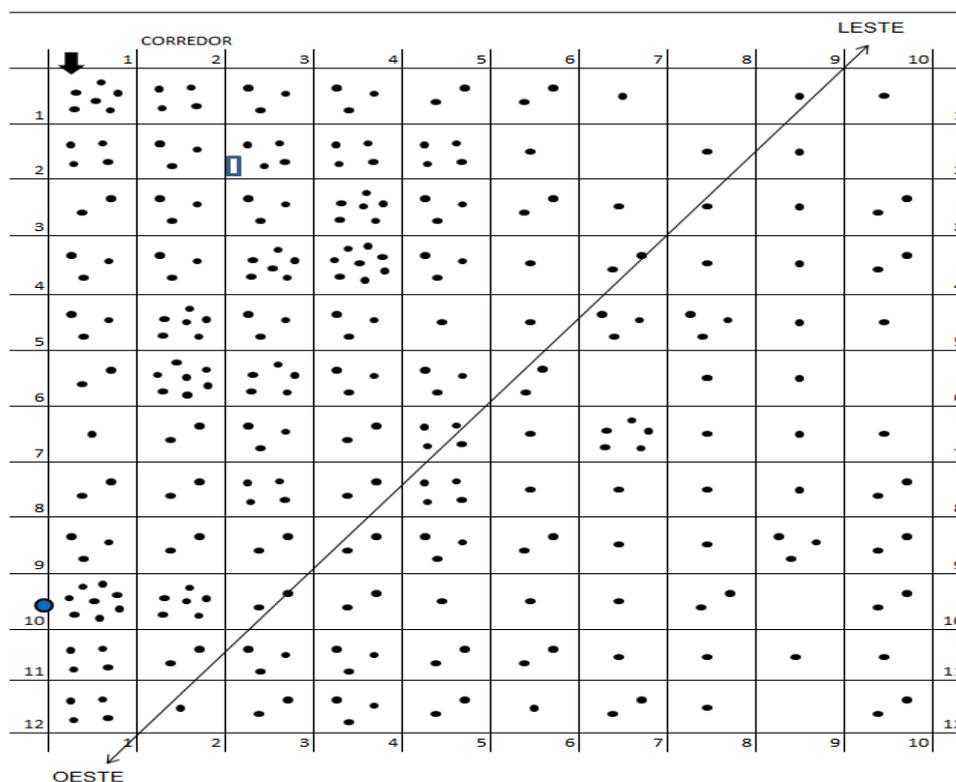


Figura 9 - Mosaico demonstrando a deposição de bolos fecais na pastagem a pleno sol, evidenciando uma maior homogeneidade na distribuição de bolos fecais.

Fonte: O autor

Os resultados obtidos do comportamento animal, corrobora com Rodrigues et al. (2000) e Aguiar et al. (2006), que descreveram a má distribuição dos bolos fecais pela área de pastoreio, sendo concentrados em corredores, ao redor de saleiros, bebedouros e sombras, fazendo com que a reciclagem de nutrientes seja insuficiente para a manutenção da fertilidade dos solos nas áreas de pastagens, havendo por isso, a necessidade de reposições periódicas para não ocorrer a degradação das gramíneas. Contrapõe porém, os resultados obtidos por Kruschewsky (2009), que constatou, que em pastagens conduzidas em sistema arborizado (PA), a distribuição de bolos fecais é homogênea, e para o sistema a pleno sol (PS), a distribuição é concentrada.

5 CONCLUSÕES

O consórcio de pastagens com renques arbóreo, associado ao componente animal, demonstrou ser uma prática vantajosa, quando comparado a pastagens em monocultivo.

O sistema arborizado melhorou os valores da fertilidade do solo, principalmente na camada mais superficial, elevando os valores de pH, reduzindo os níveis de Al^{3+} , melhorando os teores de MO, V% e macronutrientes.

Para o sistema a pleno sol, os níveis de micronutrientes foram superiores ao arborizado.

Para o comportamento animal, observou-se que:

- Em pastagem arborizada, há uma maior concentração na distribuição de bolos fecais, principalmente sob renques do componente arbóreo;
- Na pastagem a pleno sol, a distribuição de bolos fecais foi uniforme;
- Com a maior concentração de bolos fecais, há uma tendência de maior compactação do solo na camada subsuperficial e maior índice de fertilidade do solo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. P. A. et al. Dinâmica da Distribuição de Fezes Bovinas em uma Pastagem Manejada Intensivamente. In: CONGRESSO ZOOTEC. 2006. Pernambuco, 2006. **Anais Eletrônico**... Disponível em: <<http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos-cientificos/forragicultura-pastagens/3655-Dinmica-distribuio-fezes-bovinas-uma-pastagem-manejada-intensivamente.html>>. Acesso em: 10 ago. 2011.
- ANDRADE, C. M. S. A.; VALETIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. Árvores de Baginha (*Stryphnodendron guianense* (Aubl. Benth.) em Ecosistemas de Pastagens Cultivadas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.574-582, 2002.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1986. 596p.
- BERTALOT, M. J. A. et al. Retorno de Nutrientes ao Solo Via Deposição de Serapilheira de Quatro Espécies Leguminosas Arbóreas na Região de Botucatu – São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 219-227, jun. 2004.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; KAZAMA, E. H. Densidade do Solo e Água Disponível em Sistemas de Manejo de Recuperação de Pastagem. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 6, n.11, 2010.
- BRAZ, S. P. **Distribuição de Fezes de Bovinos e a Reciclagem de Nutrientes em Pastagens de *Brachiaria decumbens***. 2001. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BRAZ, S. P. et al. Aspecto Quantitativo do Processo de Reciclagem de Nutrientes pelas Fezes de Bovinos sob Pastejo em Pastagem de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.858-865, 2002.
- CAMPOS, M. L. et al. Ciclagem de Nutrientes em Florestas e Pastagens. **Boletim Agropecuário**, Lavras, n. 65, p. 1-61, 2006.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, S. A. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1153-1155, nov. 2004.
- CASTRO, C. R. T. et al. Produção Forrageira de Gramíneas Cultivadas sob Luminosidade Reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999a.
- CASTRO, C. R. T.; CARVALHO, M. M. **Sistemas Silvopastoris**: relatos de pesquisa e de seu uso no Brasil. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999b. 24p. (Circular Técnica, 53).
- CASTRO, C. R. T. et al. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n.

6, (Suppl.), nov./dec. 2001.

COLLARES, G. L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e Relação com Parâmetros de Solo e de Plantas**. 2005. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. **Fertilidade de solos e nutrição de plantas**. Campo Mourão: COAMO/COODETEC, 1998. p.7.

COSTA, O. V.; NASCIMENTO JR, D. **Impacto animal sobre o componente abiótico do solo: Ciclagem de nutrientes e compactação**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2000. Disponível em: <www.forragicultura.com.br/arquivos/IMPACTOANIMAL_COMPONENTEABIOTICO.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2011.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, C. F.; GONÇALVES, S. L. **Manejo da compactação do solo em sistema de produção de soja sob semeadura direta**. Embrapa: Londrina, 2008. 10 p. (Circular Técnica, 63).

DIAS-FILHO, M. B. **Sistemas Silvopastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas**. 2006. Disponível em: <http://www.diasfilho.com/sistemas_silvipastoris_na_recupera%C3%A7%C3%A3o_de_pastagens_tropicais_degradadas-Moacyr_Dias_Filho.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999, 412 p.

FASOLO, M. J. et al. **Erosão – inventário de áreas críticas no Noroeste do Paraná**. Londrina: 1988. 20p. (IAPAR. Boletim Técnico, 23).

FERREIRA, E. et al. Modelos estatísticos para o estudo da distribuição de excretas de bovinos em pastagens tropicais e sua importância na sustentabilidade desses sistemas. **Pesquisa Agropecuária para o Desenvolvimento Rural**, v. 16, n.9, 2004. Disponível em: <www.lrrd.org/lrrd16/9/ferr16066.htm>. Acesso em: 14 out. 2010.

FOLONI, J. S. S.; LIMA, S. L.; BÜLL, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.49-57, 2006.

FONSECA, D. M.; MARCELINO, K. R. **Reciclagem de nutrientes sob condições de pastejo**. Viçosa: [s.n.], 2002. p. 29

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. **Sistemas Silvopastoris: Fundamentos e Aplicabilidade**. Rio Branco, AC: EMBRAPA Florestas, 2001. 51p. (EMBRAPA Acre. Documentos: 74).

GOMIDE, J. A. e GOMIDE, C. A. de M. **Fundamentos e estratégias do Manejo de Pastagens**. Disponível em: <http://www.sincorte.com/index/Palestras/p_simcorte/09_gomide>. Acesso em: 05 nov. 2011.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no

controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 35, n.7, p. 1493-1500, 2000.

IAPAR - **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 30 jan. 2012

IAPAR - **Sugestão de Adubação e Calagem para Culturas de Interesse Econômico no Estado do Paraná**. Londrina, 2003. 30 p. (Circular, n° 128).

IPARDES. **Indicadores de Áreas Potenciais a Degradação do Solo em Relação a Área Total do Paraná**. 2005. Disponível em: <<http://www.ipardes.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=100>>. Acesso em: 20 out. 2011.

KRUSCHEWSKY, G. C. **Comparação da distribuição espacial de fezes de bovinos entre um sistema silvipastoril e um sistema convencional no noroeste do Estado do Paraná**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias – UFSC Florianópolis.

LARACH, J. O. et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA – SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. v. 1. p. 23.

LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo : Agronômica Ceres, 1989. Cap. 4, 5 e 6, p 40 – 85.

MEDRADO, M. J.S.; MEDRADO, R, D.; MEDRADO, M. R. D. **A implantação de sistemas agroflorestais no sul do Brasil**: uma conversa à sombra da árvore. Disponível em: <<http://www.mcagroflorestal.com.br/index.php?option=comcontent&view=article&id=58&Itemid=66>>. Acesso em: 05 maio 2012.

MENARIM FILHO, A. **Produção e Composição Química de Forragens em Sistemas Silvopastoris com Eucalyptus spp**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

MEZZADRI, F. P. **Panorama da Bovinocultura de Corte**. Departamento de Economia Rural – DERAL. Divisão de Conjuntura Agropecuária – DCA. SEAB PR. 2005. Disponível em: <www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/panorama_bovi_corte.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2010.

MOREIRA, C. F. **Caracterização de Sistemas de Café Orgânico Sombreado a Plano Sol no Sul de Minas Gerais**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

NASCIMENTO Jr, D. **Eossistemas de Pastagens Cultivadas**. Viçosa, 2001. Disponível em: <<http://www.forragicultura.com.br/arquivos/ECOSSISTEMASPASTAGENSCULTIVADAS.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2011.

NASCIMENTO Jr., D.; CAVALCANTE, M. A. B. **Reciclagem de Excreções Animais**

na **Pastagem**. 2001. Disponível em: <<http://www.forragricultura.com.br/arquivos/reciclagemexcrecoesanimaisnaspastagem.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2011.

NASCIMENTO Jr. D.; TIBO, G. C. **Influência da taxa de lotação na produção de bovinos em regime de pasto**. VIÇOSA - MG, Julho – 1997.

OLIVEIRA, R. L.; NASCIMENTO Jr. D. **Aspectos sobre a avaliação das pastagens com animais**. Viçosa, 2001. Disponível em: <<http://www.tdnet.com.br/domicio/avalia.htm> 20/06/2001>. Acesso em: 14 out. 2011.

PAULA, R.C.; PAULA, N.F. **Sistemas agroflorestais**. Disponível em: <Cmq.esalq.usp.br/wiki/exe/fetch.php?media=publico:.syllabvs:lcf0130:recusos:valeri-eal-2003-saf.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2011.

PEREIRA, A. V. et al. **Sistemas agroflorestais de seringueira com cafeeiro**. Planaltina DF. Embrapa-CPAC. 1998. 77 p. (Embrapa-CPAC. Documento 70),

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril (grevílea + pastagem): uma proposição para o aumento da produção no arenito caiué. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 1., 1994. Colombo. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. p.139-146. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 26).

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Arborização de Pastagens: I - Procedimentos para Introdução de Árvores em Pastagens Convencionais**. Embrapa Florestas. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 155). Colombo, PR. Dezembro, 2006. , 8 p

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAIS, A.; MEDRADO, M. J. S. **Planejamento do número de árvores na composição de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 2109).

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema Silvipastoril e seus Benefícios para a Sustentabilidade da Pecuária. In: SIMPÓSIO ABCZ-CNPC PECUÁRIA SUSTENTÁVEL. Uberaba, MG. 2009. **Anais...** Uberaba, 2009.

PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forrageiras**. Ed. Instituto Campineiro de Ensino agrícola. Campinas SP. 2000.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba, 1998.

RIBASKI, J. et al. **Sistemas Silvipastoris: estratégias para o desenvolvimento Rural sustentável para a metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul**. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2005. 8p. (EMBRAPA Florestas. Comunicado Técnico 150).

RODRIGUES, L. R. A.; QUADROS, D. G.; RAMOS, A. K. B. Recuperação de Pastagens Degradadas. In: SÍMPOSIO PECUÁRIA 2000 – PERSPECTIVA PARA O III MILÊNIO. 1., Pirassununga. 2000. **Anais...** Pirassununga, 2000.

RODRIGUES, T. J. D.; RODRIGUES, L. R. A.; REIS, R.A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DE

PASTAGENS. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.17-61.

SALGADO, B. G. et al. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Rev. Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p. 343-349, 2006.

SANTOS, M. V. et al. **Sistemas agroflorestais**: potencialidades para produção de forrageiras no Norte de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.ilpf.com.br/artigos/sistemas.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2011.

SARMENTO, P. et al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.183-193, 2008.

SEGHESE, M. A. **Sistemas agroflorestais**: Sistema de Produção Agrossilvipastoril, diversificando, Integrando, Sustentável e Orgânico. Sete Barras – São Paulo. 2006.

SOARES FILHO, C. V. **Curso de manejo de pastagens**. Araçatuba: USP 1997. p. 41.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 722.

TREIN, C.R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.105-111, 1991.

UEM – Universidade Estadual de Maringá. **Relações Hídricas na Planta - Fisiologia Vegetal**. 2005. Disponível em: <www.dbi.uem.br/graduação/arquivos/rhfv_seg_parte1.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2010.

APÊNDICES

Apêndice A- Comportamento animal em pastagem arborizada (sob os renques).



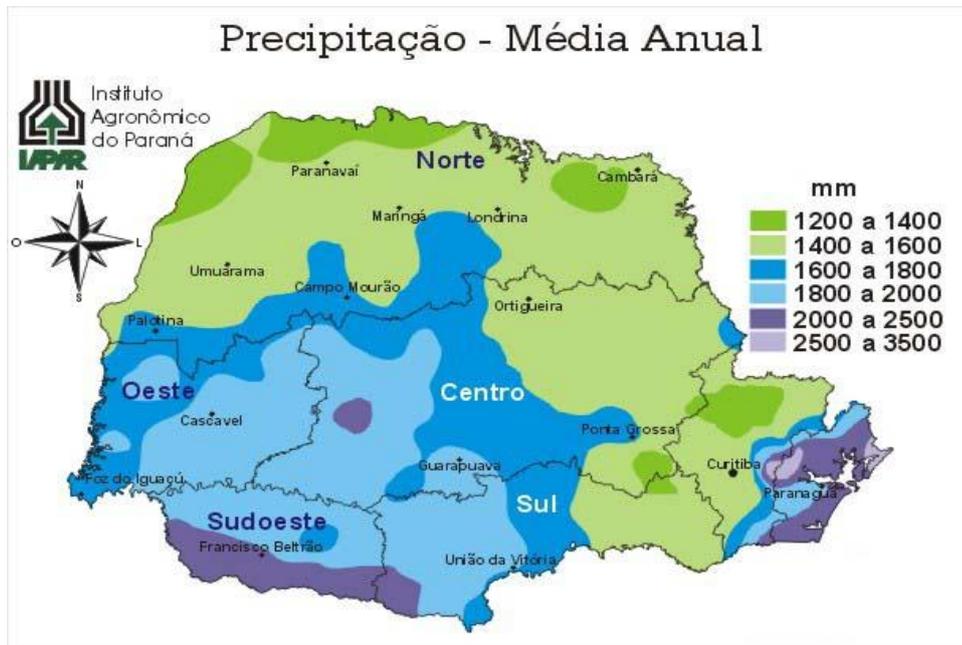
Foto: Maurino Silva

Apêndice B- Comportamento animal em pastagem a pleno sol.



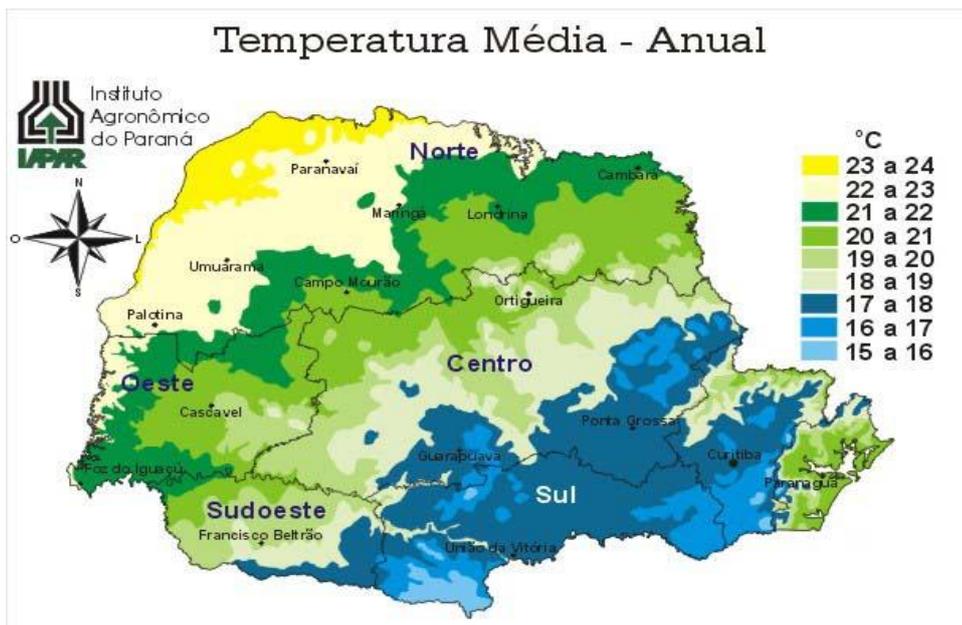
Foto: Maurino Silva

Apêndice C- Mapa de precipitações pluviométricas, indicador de médias para o Estado do Paraná.



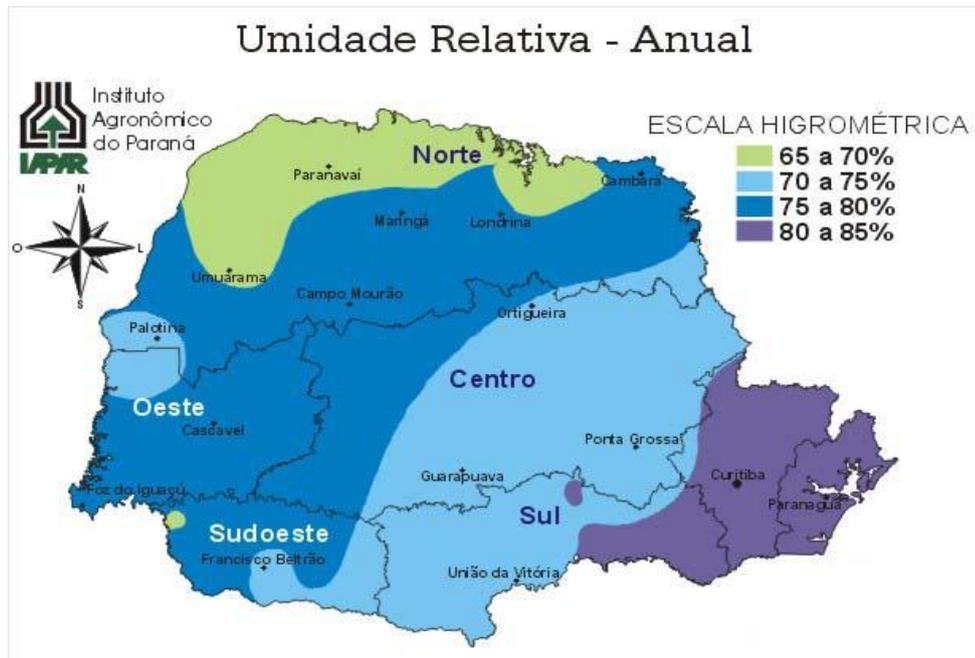
Fonte: Cartas do IAPAR, (2.000)

Apêndice D- Mapa indicador de temperaturas médias para o Estado do Paraná.



Fonte: Cartas do IAPAR, (2.000)

Apêndice E- Mapa indicador de Umidade Relativa do Ar (UR) médias para o Estado do Paraná.



Fonte: Cartas do IAPAR, (2.000)

Apêndice F - Resultados dos valores de pH e teores de M.O., H+Al, CTC e macronutrientes, na profundidade 1, correspondente a de 0,0 a 2,5 cm.

Sistemas	pH	MO	P	S	H+AL	AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %
	CaCl ₂	g dm ⁻³	..... mg dm ⁻³ .....	.....	.....	.....	.....	mmol _c dm ⁻³ .....	.....	.....	.....	.....
PA	5,13 a	19,73 a	17,07	11,72 a	31,52 a	0,84	2,45 a	15,75	6,03	24,23 a	55,77 a	41,64
PS	4,94 b	13,89 b	11,24	4,09 b	27,15 b	0,55	1,74 b	13,29	5,95	19,57 b	46,72 b	40,09
F Sistema	12,21 **	18,31**	2,37 ns	29,45 **	26,61 **	1,44 ns	8,40**	4,24 ns	0,00 ns	8,01*	19,42 **	1,35 ns
Frequência de bolos fecais												
1	4,90 bc	16,18	13,3	7,36	31,92 a	0,83 ab	1,66	16,98	6,05	24,68	56,56 a	40,08ab
2	4,81 c	15,97	7,51	4,82	31,59 a	1,40 a	1,89	11,71	4,36	17,97	49,66ab	34,90 b
3	5,14 ab	15,53	10,51	8,06	30,10ab	0,51 ab	2,01	16,01	5,51	23,54	53,67ab	42,68 a
4	5,25 a	19,04	20,86	10,97	26,76 b	0,26 b	2,31	15,55	5,95	23,80	50,62ab	45,39 a
5	5,08 ab	17,35	18,60	8 33	26,29 b	0,47 ab	2,63	12,33	8,06	19,52	45,71 b	41,28 a
F Distribuição	8,36**	0,86 ns	1,71 ns	1,97 ns	7,87 **	2,79 ns	1,67 ns	3,09 *	0,64 ns	2,57 ns	3,21 *	6,86 **
CV %	2,97	22,20	73,12	48,64	7,92	94,18	32,75	22,51	68,30	21,40	10,97	8,87

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Apêndice G - Resultados dos valores de pH e teores de M.O., H+Al, CTC e macronutrientes, na profundidade 2, correspondente a de 2,5 a 5,0 cm.

Sistemas	pH	MO	P⁺	S	H+Al³⁺	Al³⁺	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	SB	CTC	V %
	CaCl ₂	g dm ⁻³	..... mg dm ⁻³	.....	.....	.....	.....	mmol _c dm ⁻³	.....	.....	.....	.....
PA	5,10	19,96 a	5,38	10,78 a	32,68	0,63	2,72	15,60	6,70	25,03	57,76	41,58
PS	4,92	13,38 b	7,92	4,84 b	27,41	0,65	1,77	14,40	4,84	21,00	48,43	39,82
F Sistema	2,86 ns	12,91**	3,34 ns	15,25**	3,84 ns	0,06 ns	3,67 ns	0,07 ns	1,32 ns	0,42 ns	2,43 ns	0,08 ns
Frequência de bolos fecais												
1	4,88	16,33	9,36	7,32	33,03	0,97 ab	1,58	20,46	6,93	28,98	62,06	39,15
2	4,80	15,70	5,35	5,00	32,51	1,35 a	2,11	12,95	5,81	20,90	53,55	37,26
3	5,06	17,85	7,08	9,90	31,16	0,87 ab	2,25	13,95	5,35	21,53	52,68	39,66
4	5,21	17,40	6,60	10,65	27,08	0,00 b	2,26	15,51	6,00	23,80	50,90	45,95
5	5,10	16,10	4,86	6,17	26,43	0,00 b	3,01	12,11	4,76	19,88	46,28	41,50
F Distribuição	2,17 ns	0,19 ns	1,29 ns	2,01 ns	1,05 ns	4,60 **	0,86 ns	0,44 ns	0,19 ns	0,27 ns	0,73 ns	0,25 ns
CV %	5,59	30,07	57,05	53,32	24,47	108,87	60,17	80,55	76,92	73,08	30,84	39,63

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.

Apêndice H - Resultados dos valores de pH e teores de M.O., H+Al, CTC e macronutrientes, na profundidade 3, correspondente a de 5,0 a 20 cm

Sistemas	pH	MO	P ⁺	S	H+Al ³⁺	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V %
	CaCl ₂	g dm ⁻³	..... mg dm ⁻³	.....	.....			mmol _c dm ⁻³				
PA	5,03	15,32 a	3,73	11,82 a	30,25	1,41	1,75	15,52	4,40	21,68	51,97	40,67
PS	4,86	12,07 b	4,22	3,17 b	27,00	0,91	1,38	14,04	4,14	19,56	46,56	39,89
F Sistema	2,65 ns	8,71 **	2,45 ns	15,87**	1,71 ns	2,50 ns	0,89 ns	0,26 ns	0,05 ns	0,31 ns	1,46 ns	0,02 ns
Frequência de bolos fecais												
1	4,78	14,08	3,10 b	9,67	31,61	1,30 ab	1,75	17,76	5,71	25,23	56,86	42,46
2	4,76	13,78	3,53 ab	4,55	31,56	1,90 a	1,28	12,18	2,96	16,45	48,10	33,30
3	5,18	14,75	4,33 ab	7,12	27,75	0,42 b	1,38	16,05	4,75	22,18	49,93	43,06
4	5,16	13,45	4,86 a	11,77	24,90	0,77 b	1,55	15,51	4,48	21,53	46,45	44,36
5	4,83	12,41	4,05 ab	4,35	27,30	1,40 ab	1,88	12,38	3,46	17,71	45,00	38,21
F Distribuição	3,11 *	0,49 ns	3,91 ns	1,77 ns	1,10 ns	2,63 ns	0,33 ns	0,57 ns	0,83 ns	0,68 ns	0,85 ns	0,74 ns
CV %	5,89	21,99	21,41	79,32	23,74	74,58	67,58	53,03	68,23	51,03	24,84	31,94

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); PA: Pastagem Arborizada; PS: Pastagem à Pleno Sol; Valores seguidos da mesma letra, não diferem entre si.