

Thomás Lopes Ferreira

**A BRACATINGA (*MIMOSA SCABRELLA*) COMO  
COMPONENTE ARBÓREO EM PASTAGEM POLIFÍTICA SOB  
PASTOREIO RACIONAL VOISIN**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós Graduação em Agroecossistemas  
da Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau de  
Mestre em Agroecossistemas

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos  
Pinheiro Machado Filho.

Co-orientador: Dr<sup>a</sup>. Maria Izabel  
Radomsky.

Florianópolis  
2012

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

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor  
Maiores informações em:  
<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Thomás Lopes Ferreira

**A BRACATINGA (*MIMOSA SCABRELLA*) COMO  
COMPONENTE ARBÓREO EM PASTAGEM POLIFÍTICA SOB  
PASTOREIO RACIONAL VOISIN**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Agroecossistemas” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de setembro de 2012.

---

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dr.<sup>a</sup> Cibele Longo  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Abdon Luiz Schmitt Filho  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Ilyas Siddique  
Universidade Federal de Santa Catarina



Dedico aos que com suor do trabalho, com foices e enxadas nas mãos, constroem a possibilidade da esperança; aos que tombaram in memoriam; e aos que virão pelo continuar da caminhada.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe e ao meu pai, por estarem sempre ao meu lado e respeitarem minhas decisões. Minha gratidão e orgulho são eternos;

Ao meu avô pelo exemplo de vida e dignidade;

Ao Programa de Agroecossistemas - PGA da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, pela oportunidade concedida e pelo relevante trabalho em prol da pesquisa sobre agroecologia e agricultura familiar camponesa;

Aos professores e pesquisadores do PGA, em especial ao meu orientador, prof. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho, pelas portas abertas, indispensáveis para a realização deste trabalho. Sou muito grato;

Á Maria Izabel Radomski, por ter topado a empreitada desse trabalho, serei grato sempre;

Ao Laboratório de Etologia Aplicada e ao Núcleo de PRV da UFSC, seus estudantes, professores e pesquisadores, pelo apoio e dedicação ao trabalho aqui realizado, em especial à Luciana Honorato, ao Lucas Balcão, à Cibele Longo e à prof<sup>a</sup> Maria José Hotzel;

Ao Médico Veterinário José Bran, pela parceria no trabalho de campo, e pelas infinitas discussões sobre manejo de pastagem e sobre o mundo. Aprendi muito;

Á querida Janete pela atenção e competência no dia a dia do trabalho;

Á todos os estagiários envolvidos, Vanderelei (UFSC), Wiliam (UFSC), Juliana (UFSC), Luã (IFET-MG), Juliana (UFPR), Ícaro (UFSC), Vitor (UFSC), Gabriela (UFPEL) e Yohanne (UDESC), pela imensa contribuição;

Ao Centro Paranaense de Referência em Agroecologia – CPRA, em especial ao Médico Veterinário Evandro M. Richter e à Agrônoma Ana Simone Richter, pelo apoio e compromisso com o presente estudo e pela relevância do trabalho que realizam em prol da agricultura familiar camponesa e da agroecologia. Deixo aqui meu sincero respeito por vocês;

Aos companheiros e companheiras do LECERA, pela ajuda, amizade e compromisso com a reforma agrária em nosso país. Fernanda, Aline e Marina, vocês me ajudaram muito, nesse desafio, muito obrigado, estou à disposição de vocês sempre;

Ao camarada, prof. Ribas, pela orientação em trabalhos, pelas discussões e oportunidades. Seguiremos em frente, já que o mundo gira e a caravana não pode parar;

Aos trabalhadores e trabalhadoras deste país, que à custa de muito sangue e suor, possibilitam, através da CAPES e do CNPq, o financiamento público de trabalhos científicos, inclusive desse;

Aos mestres compositores populares, por deixar a vida mais agradável de viver, as coisas mais fáceis de compreender e nos ensinar todos os dias, que a beleza é necessária à vida humana;

Às trabalhadoras e trabalhadores rurais, pelo companheirismo e confiança de sempre, sem isso esse trabalho, para mim, não teria sentido de ser realizado;

Ao Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, pelo constante exemplo, por ajudar a me fazer quem sou, pelas oportunidades, pelas amizades; e pela clareza de que se estamos vivos, está em aberto a possibilidade das vitórias;

À todos que passaram por minha vida, nesses dois anos, e que de uma maneira ou outra contribuíram com esse trabalho;

Aos momentos de risos e choros que marcaram mais uma etapa na busca eterna do conhecer para transformar.



Quando o trevo inicia sua floração, está na hora. O azevém quando o faz, já passou. O tamanho pode enganar e a senescência das folhas nos indica, o que formulava um francês, que descansa na ilha dos que ainda nos dão esperança.

Teimosos se dedicam a semear a racionalidade para alimentar a humanidade, juntos aos de enxadas e calos nas mãos.

Fazendo uma agricultura com gente e transformando paisagens em xadrez.

Não nos deixam ensinar nas escolas, nas cátedras pouco se fala no assunto, mas a simples tecnologia, insistentemente, continua a ser aplicada por aqueles que não têm opção.

Será que essa possibilidade incomoda alguém? Ou seria mais apropriado dizer: Quem tem medo da busca pela verdade?"

(Thomás Lopes Ferreira, 2011)

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da espécie arbórea Bracatinga (*Mimosa scabrella*) na matéria orgânica (MO) e nitrogênio total (N<sub>total</sub>) do solo, na quantidade de matéria seca (MS) e qualidade bromatológica (proteína Bruta – PB e lignina) e na composição botânica das forrageiras herbáceas em pastagem polifítica sob pastoreio racional Voisin (PRV). A amostragem foi realizada nos períodos de verão e inverno de 2011 no município de Pinhais – PR, Brasil. O delineamento experimental foi um fatorial (3 x 2 x 2) com dez repetições. Cada bloco foi formado pelas projeções da sombra de um indivíduo de Bracatinga (leste/oeste) e dois pontos a pleno sol. Os fatores foram: a) Sombreamento: Sombra Máxima; Sombra Intermediária e Sol; b) Orientação Solar: Leste e Oeste; c) Período: Verão e Inverno. A unidade experimental consistiu em um quadrante de 0,5m x 0,5m, no qual foram coletadas as amostras. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste quadrados mínimos das médias (P=0,05). A luz incidente na pastagem modificou-se em quantidade e qualidade na medida em que se aproximou do fuste da árvore e também ao longo do dia e das estações do ano. No verão ocorreu uma concentração da sombra nos tratamentos sob a projeção da copa (*Sombra Máxima*), o que acarretou na diminuição da produção vegetal da pastagem nesses ambientes. No inverno a diminuição da radiação solar foi observada nos tratamentos *Sombra Intermediária*, mas sem a concentração observada no verão. A diferença entre a radiação solar do período matutino e do período vespertino teve consequência na quantidade de MS produzida, mas também, e em especial, na ocorrência e no volume de massa verde das plantas herbáceas presentes na pastagem. As Gramíneas e plantas C4 apresentaram uma dinâmica de adaptabilidade maior para ambientes com maior radiação solar, mas também para alguns ambientes sombreados. O uso de profundidades mais superficiais para interpretar a dinâmica da MO do solo se mostrou mais efetivo do que o uso da profundidade de rotina (0 – 20 cm). Ambientes da pastagem submetidos à sombreamento podem apresentar níveis maiores ou iguais de produção em MS do que ambientes a pleno sol..

**Palavras-chave:** silvopastoril, manejo de pastagem, composição botânica, radiação solar.



## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of tree species Bracatinga (*Mimosa scabrella*) of organic matter (OM) and total nitrogen (TN) of the soil and the amount of dry matter (DM), chemical quality (crude protein - CP and lignin ) and botanical composition of pasture forage under grazing rational Voisin. Sampling was conducted during summer and winter of 2011 in the city of Pinhais - PR, Brazil. The experimental design was a factorial (3 x 2 x 2) with ten replicates. Each block was formed by the projections of the shadow of an individual Bracatinga (east / west) and two points in full sun. The factors were: a) Shading: Maximum Shadow, Middle Shadow and Sun b) Solar Orientation: East and West; c) Period: Summer and Winter. The experimental unit consisted of one quadrant of 0.5 m x 0.5 m, in which samples were collected. The data were subjected to analysis of variance and the test of least square means ( $P = 0.05$ ). The light incident on the grazing changed in quantity and quality as it approached the trunk of the tree, as well as, if modified throughout the day and the season. In the summer there was a concentration of the treatments under the shade canopy projection (Maximum Shadow), which resulted in decreased crop of pasture in these environments. In the winter, the solar radiation decrease in the Shadow Intermediate treatment, but without the observed concentration in the summer. The difference between the solar radiation during the morning and afternoon was therefore produced in the amount of dry matter, but also and in particular in the occurrence and amount of fresh herbaceous plants present in the pasture. The C4 plants and the grasses showed a greater adaptability to dynamic environments with higher solar radiation, but also for some shaded environments. The use of shallower depths to interpret the dynamics of SOM was more effective than the use of routine depth (0-20 cm). Environments subjected to shading of the pasture may have higher or equal levels of production in MS than in full sun environments.

**Keywords:** silvopastoral, pasture management, botanical composition, solar radiation.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da localização dos tratamentos – Verão. ....	58
Figura 2 - Croqui da localização dos tratamentos - Inverno. ....	59
Figura 3 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) – Período Manhã. ....	71
Figura 4 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) – Período Meio Dia. ....	72
Figura 5 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) – Período Tarde. ....	74
Figura 6 - Nitrogênio Total do Solo (Ntotal) (%), profundidade 0 – 2,5 cm. ....	77
Figura 7 - Nitrogênio Total do Solo (N total) (%) profundidade 2,5 – 5,0 cm ..	78
Figura 8 - Matéria Orgânica do Solo (MO) (%), profundidade 0 – 2,5 cm. ....	81
Figura 9 - Matéria Orgânica do Solo (MO) (%), profundidade 0 – 20,0 cm. ....	81
Figura 10 - Matéria Seca corrigida (MSc) (g). ....	90
Figura 11 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Gramíneas. ....	96
Figura 12 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Leguminosas. ....	99
Figura 13 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Outras. ....	101
Figura 14 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Não Representativas. ....	103
Figura 15 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Plantas C3. ....	106
Figura 16 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Plantas C4. ....	108
Figura 17 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Gramíneas. ....	111
Figura 18 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Leguminosas. ....	113
Figura 19 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Outras. ....	115
Figura 20 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) classificadas como Não Representativas. ....	116
Figura 21 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Plantas C3. ....	119
Figura 22 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Plantas C4. ....	119
Figura 23 - Percentagem (%) de Proteína Bruta (PB) da Matéria Seca Vegetal. ....	122
Figura 24 - Percentagem (%) de Lignina da Matéria Seca Vegetal. ....	122
Figura 25 - Percentagem (%) de Matéria Orgânica (MO) da Matéria Seca Vegetal. ....	123

Figura 26 - Percentagem (%) de Matéria Mineral (MM) da Matéria Seca  
Vegetal. .... 123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise Termogravimétrica (ATG) do solo na profundidade de 2,5 - 5,0cm. ....	84
Tabela 2 - Análise Termogravimétrica (ATG) do solo na profundidade de rotina (0 - 20cm). ....	84
Tabela 3 - Análise Termogravimétrica (ATG) da folha da Bracatinga. ....	85
Tabela 4 - Análise Termogravimétrica (ATG) da matéria seca (MS) da pastagem. ....	85
Tabela 5 - Médias da Análise Termogravimétrica (ATG) do solo na profundidade 1 (0 - 2,5cm). ....	86

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>30</b>
2.1 SISTEMAS SILVOPASTORIL E COMPONENTE ORGÂNICO DO SOLO.....	30
2.2 TRANSFERÊNCIAS DE RECURSOS ENTRE PLANTAS .....	32
2.3 RADIAÇÃO LUMINOSA E DINÂMICA DE PASTAGEM .....	35
2.4 FATORES AMBIENTAIS E PLANTAS C3 E C4 .....	38
2.5 BRACATINGA .....	41
2.6 PASTOREIO RACIONAL VOISIN (PRV) .....	43
2.7 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (ATG) .....	49
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>52</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	52
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	52
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>53</b>
4.1 LOCAL .....	53
4.2 DADOS METEOROLÓGICOS.....	54
4.3 ESCOLHA DOS INDIVÍDUOS DE BRACATINGA .....	55
4.4 DESENHO EXPERIMENTAL .....	56
<b>4.4.1 Fatores e Níveis do Fator.....</b>	<b>56</b>
4.4.1.1 Sombreamento (Fator 1).....	56
4.4.1.2 Orientação Solar (Fator 2).....	57
4.4.1.3 Período (Fator 3).....	58
4.5 AMOSTRAGEM .....	59
<b>4.5.1 Amostragem de Luz .....</b>	<b>60</b>
<b>4.5.2 Amostragem e Análises do Solo .....</b>	<b>61</b>
4.5.2.1 Matéria Orgânica e Nitrogênio Total do solo .....	62
4.5.2.2 Análise Termogravimétrica .....	62

<b>4.5.3 Identificação e Análise da composição botânica da pastagem herbácea</b>	<b>63</b>
<b>4.5.4 Amostragem da pastagem</b>	<b>65</b>
4.5.4.1 Determinação da Matéria Seca	65
4.5.4.2 Análise Bromatológica	66
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	66
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>69</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA DA RADIAÇÃO SOLAR NO SISTEMA SILVOPASTORIL	68
5.1.1 Manhã	70
5.1.2 Meio Dia	72
5.1.3 Tarde	74
5.2 SOLOS	75
5.2.1 Nitrogênio Total e Matéria Orgânica	75
5.2.2 Análises de Termogravimétricas	81
5.3 PASTAGEM HERBÁCEA	89
5.3.1 Matéria Seca	89
5.3.2 Composição Botânica	91
5.3.2.1 Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais	91
5.3.2.2 Frequência Relativa do Volume da Massa Verde	108
5.3.2.3 Qualidade bromatológica	120
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>124</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>132</b>
<b>APÊNDICE A – ANÁLISE TERMOGRAVIMETRIA DA MATÉRIA SECA DA PASTAGEM E DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO</b>	<b>139</b>
<b>APÊNDICE B – ANÁLISE TERMOGRAVIMETRIA DA FOLHA DA BRACATINGA, DA MATÉRIA SECA DA PASTAGEM E DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO</b>	<b>145</b>
<b>APÊNDICE C – ANÁLISE TERMOGRAVIMETRIA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NA PROFUNDIDADE 0-2,5 CM</b>	<b>148</b>

<b>APÊNDICE D – ANÁLISE TERMOGRAVIMETRIA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NAS PROFUNDIDADES 0-2,5 CM; 2,5-5,0 CM E 0-20 CM .....</b>	<b>155</b>
<b>APÊNDICE E – TABELAS COM OS DADOS REFERENTES ÀS FIGURAS APRESENTADAS .....</b>	<b>161</b>
<b>APÊNDICE F – TABELA DE DADOS METEREOLÓGICOS .....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXO A – LISTA DAS ESPÉCIES ÁRBOREAS DO SISTEMA SILVOPASTORIL .....</b>	<b>169</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A incorporação de espécies arbóreas nas pastagens é uma das práticas experimentadas para melhorar a qualidade dos recursos naturais presentes no sistema de produção e prover produtos madeireiros e não - madeireiros.

As funcionalidades decorrentes da integração de árvores com vegetação de gramíneas incluem alterações no solo, na profundidade e distribuição do sistema radicular das espécies vegetais que compõem a pastagem e na quantidade e qualidade de materiais orgânicos aportados ao sistema pelas espécies arbóreas (HAILE et al, 2009).

Essa associação pode melhorar a qualidade do sistema, incrementando a dinâmica da ciclagem de nutrientes e da fixação biológica de nitrogênio (DIAS et al, 2006), potencializados pelas múltiplas interações ecológicas estabelecidas. Mas ainda são poucos os estudos que avaliam a influência das espécies arbóreas na qualidade dos solos em sistemas silvopastoris (NAIR et al, 2007b).

Dentre os diferentes sistemas que utilizam o componente arbóreo em associação com espécies arbustivas e herbáceas para fins agrícolas, o sistema silvopastoril resulta da natureza de seus componentes (forrageira/animal e árvore) e da forma de uso dos recursos disponíveis. As árvores são intencionalmente utilizadas como componentes da

pastagem, em associação com forrageiras herbácea / arbustiva e com os animais, numa mesma área, de maneira simultânea ou sequencial (PORFÍRIO, 1998).

O sistema silvopastoril é uma das práticas mais utilizadas na associação de árvores com produção agrícola, na qual predominam espécies herbáceas e/ou arbustivas (NAIR et al, 2007b). Sua estrutura e funcionalidade são mais complexas do que os sistemas de monocultivo, o que possibilita maior eficiência no uso dos recursos disponíveis (nutrientes, luz e água) (NAIR et al, 2007a).

O aporte dos materiais orgânicos através das raízes, nódulos radiculares e folhas contribuem para o balanço dos ciclos do carbono e do nitrogênio no solo (MMOLOTSI & TEKLEHAIMANOT, 2007) (NAIR et al, 1999). Diversos estudos apontam que é significativa a quantidade do aporte de material orgânico, em especial oriundos do sistema radicular, nos sistemas agrícolas associados às árvores, formando um manto orgânico de acúmulo de nitrogênio no solo (MMOLOTSI & TEKLEHAIMANOT, 2007).

A sombra exercida na pastagem pelo componente arbóreo pode ocasionar diminuição da Radiação Fotossintética Ativa (RFA), que é justamente o comprimento de onda da luz capaz de ser absorvido pela planta no processo fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2009). Assim as

espécies forrageiras herbáceas podem sofrer diminuição da sua taxa fotossintética e com isso diminuir a produção vegetal (GIRALDO & VELEZ, 1993; GUEVARA-ESCOBAR, 2007; HUSSAIN, 2009).

Alguns ambientes sombreados, com menor incidência de PAR, podem não apresentar decréscimo na produção, e até mesmo, apresentar um aumento no incremento de matéria seca (ANDRADE et al, 2008; DURR & RANGEL, 2002). A capacidade de algumas espécies arbóreas de contribuir com a oferta de nutrientes disponíveis às espécies vegetais presentes no sistema (HE et al, 2009), além de contribuírem com a retenção de umidade no solo, têm despertado interesse na pesquisa agropecuária, pois estes fatos podem explicar, ao menos em parte, o aumento da produção de forragem em ambientes com menor disponibilidade luminosa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SISTEMAS SILVOPASTORIL E COMPONENTE ORGÂNICO DO SOLO

Através do processo de mineralização do conteúdo orgânico aportado pelas árvores, pode-se conferir um aumento do estoque de nutrientes disponíveis no solo para as plantas (HE et al, 2009). Outro mecanismo bastante conhecido é a capacidade que as árvores possuem de retirar nutrientes em camadas mais profundas do solo e disponibilizá-los em camadas mais superficiais, local onde está presente a maior parte das raízes das espécies forrageiras (NAIR et al, 2007b). Assim podem transferir nutrientes para outras espécies vegetais, como dentro dos do mesmo agroecossistema. Os fluxos de nutrientes podem ser incrementados pela associação de árvores com fungos micorrízicos arbusculares (DIAS et al, 2007).

A associação com fungos micorrízicos pode aumentar o crescimento vegetal e realçar a absorção de nutrientes, em especial do fósforo (P) (CARDOSO, 2002) e também contribuir na regulação do fluxo e distribuição de água na rizosfera, atuando tanto no sentido fungo-raiz

como no sentido inverso raiz-fungo (EGERTON-WARBURTON et al, 2007).

Os fungos micorrízicos são potencialmente mais eficientes que as raízes, para ocupar e explorar sítios de fertilidade, mas sua contribuição para o aumento da absorção de nutrientes pelas plantas é maior em ambientes de baixa fertilidade (HE et al, 2004). As árvores e arbustos colonizados, por fungos micorrízicos, possuindo micélio de alta atividade enzimática extracelular, que confere capacidade de explorar rapidamente sítios de nutrientes orgânicos, se beneficiam mais em solos de baixa condição de nutrientes minerais, como nos alpes, no ártico e em ambientes de savana tropical (TIBBETT & SANDERS, 2002).

Outro importante processo de transferência de nutrientes se dá entre leguminosas fixadoras de nitrogênio (N) com plantas não fixadoras. O N<sub>2</sub> fixado biologicamente pelas plantas pode fertilizar diretamente o solo e indiretamente ser absorvido por outras plantas, através do aporte de material orgânico e exudatos radiculares (HE et al, 2009).

As árvores fixadoras de N podem transferir grandes quantidades deste nutriente para outras espécies vegetais, entre elas espécies forrageiras. Essas transferências são potencializadas pela prática de poda das árvores. Forrageiras, quando associadas com árvores fixadoras de N, absorvem mais o N, através de redes comuns de micorrizas com as

árvores, do que o N disponível na solução do solo. Isso provavelmente ocorre, devido ao menor custo energético. As árvores contribuem significativamente com a nutrição de espécies de pastagem, transferindo até 56 kg de N ha<sup>-1</sup>, sendo 31 kg deste, proveniente de N<sub>2</sub> fixado biologicamente (DAUDIN & SIERRA, 2008).

## 2.2 TRANSFERÊNCIAS DE RECURSOS ENTRE PLANTAS

A transferência de recursos pode ser realizada diretamente entre plantas de espécies diferentes (interespecífica) ou entre plantas de uma mesma espécie (intraespecífica), através de “ligações” entre sistemas radiculares mediadas por microorganismos, em sua maioria fungos que possuem simbiose com ambas as plantas (PERRY et al, 1989).

As raízes de plantas em comunidades naturais estão geralmente ligadas através de redes comuns de micorrizas que constituem rotas bioquímicas de transferência de recursos entre plantas (EGERTON-WARBURTON et al, 2007). As redes comuns possibilitam a troca de recursos planta-planta sem que haja necessidade de disponibilizar tais recursos na solução do solo para posterior absorção destes pelas plantas (HE et al, 2009), configurando-se como “verdadeiras vias” de transferência de nutrientes como carbono, nitrogênio e fósforo (HE, et al, 2004).

Trata-se de associações de ajuda mútua entre plantas que ocupam o mesmo sítio, configurando um mecanismo de auto-regulação da comunidade vegetal. Quanto maior for a conexão, através dessas redes comuns mais recursos estarão disponíveis para serem re-distribuídos entre as plantas (PERRY et al, 1989).

Plantas podem exudar água para a rizosfera, onde é absorvida novamente, tanto pela mesma planta ou por planta diferente, com ou sem micorriza associada. A presença de corantes fluorescentes e marcadores com deutério enriquecido indica a transferência ou movimento de pequenas quantidades de água entre plantas associadas com fungos micorrízicos, possibilitando determinar se a transferência de água está sendo ou não realizada através dessas associações (EGERTON-WARBURTON et al, 2007).

O processo de deposição de N por uma planta e a subsequente absorção por outra planta é denominado transferência de N (JENSEN, 1996). Diversos estudos nas últimas décadas têm demonstrado que transferência de N entre plantas de um doador para um receptor não está restrito ao fluxo de massa e à difusão através do solo, mas podem ser diretamente realizadas por hifas micorrízicas, através das redes que interconectam as raízes (HE et al, 2009).

HE et al (2004) pesquisando sobre transferência de N entre plantas, mediado por microorganismos, demonstraram que a transferência desse nutriente entre plantas pode ocorrer nos dois sentidos, e que esse mecanismo é determinado pela interação entre raízes de plantas, fungos micorrízicos, fixação biológica de N, exigências de N pela planta e disponibilidade de N no ambiente. Esse duplo sentido em que pode ocorrer a transferência de N é importante, pois pode reduzir a competição entre as plantas por determinado recurso em situações específicas.

A associação micorrízica incrementa a transferência de N entre plantas, bem como a acumulação de N, a produção de biomassa, afetando com isso o desempenho da planta. Micorrizas tem menos impacto na acumulação de N em plantas não fixadoras de N do que em plantas fixadoras. Mesmo que a transferência de N possa ocorrer em ambos os sentidos entre plantas fixadoras e não fixadoras; o sentido não fixador para o fixador é responsável por menos de 10% da transferência de N entre plantas (HE et al, 2004).

O montante de N transferido é máximo quando as espécies envolvidas estão associadas com micorrizas e quando a espécie fixadora de  $N_2$  está com nódulos fixadores. A micorrização e a fixação biológica

de N em conjunto com a disponibilidade de N, desempenham um papel chave no processo de re-distribuição de N entre plantas (HE et al, 2004).

### 2.3 RADIAÇÃO LUMINOSA E DINÂMICA DE PASTAGEM

A radiação é um dos fatores determinantes do potencial de desenvolvimento de espécies vegetais (BEGNA et al, 2002). A variação da radiação pode promover alterações no metabolismo fisiológico, na morfologia (VARELLA, 2008) (MISHRA et al, 2010), na qualidade bromatológica (PERI et al, 2007), na composição botânica (HERNÁNDEZ & GUENNI, 2008) e no grau de estresse hídrico (FERNÁNDEZ et al, 2006) das espécies vegetais presentes.

Em sistemas silvopastoris, o estrato herbáceo, próximo à árvore, responde à modificação na qualidade e intensidade de luz através de mecanismos de aclimação, devido à capacidade de plasticidade (HERNÁNDEZ & GUENNI, 2008). Assim um incremento em área foliar específica e no índice de área foliar, melhoria na relação da área foliar e altura e redução na taxa respiratória (WONG Y WILSON, 1980) podem ser observados.

Exigência e utilização da luz pela planta é afetada por outros fatores que podem ocorrer simultaneamente. Estresses como seca,

inundação, disponibilidade de nutrientes, ou herbivoria variam em diferentes ecossistemas ou sob diferentes condições experimentais modificando a dinâmica do uso da luz pela planta (VALLADARES & NIINEMETS, 2008).

A radiação luminosa possui características tanto de partícula quanto de ondas. Como partícula é denominada fóton e contém uma quantidade de energia, o quantum (TAIZ & ZEIGER, 2009). Como onda, a luz é caracterizada pelo comprimento de onda, definido como distância entre dois picos, e pela frequência, definida como o número de picos que passa por um observador num dado espaço de tempo (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Como a luz solar é uma chuva de fótons de diferentes frequências e comprimentos de ondas, o espectro de absorção indica a quantidade de energia luminosa captada ou absorvida por uma molécula ou substância em função do comprimento de onda da luz. O espectro de absorção da clorofila é a porção da luz solar que é utilizada pelas plantas. (TAIZ & ZEIGER, 2009). A Radiação Fotossintética Ativa (RFA) é a porção da luz que possui um comprimento de onda entre 0,4  $\mu\text{m}$  e 0,7 $\mu\text{m}$ , e é absorvida pelos vegetais, para realizar o processo fotossintético (NASAHARA, 2009).

A radiação luminosa regula a dinâmica de vários processos do metabolismo vegetal, o principal é a fotossíntese, que necessita de luz para quebrar com a constante de equilíbrio das moléculas de água e gás carbônico (O'MALLEY-JAMES, 2012) bases para a formação da glicose.

Outro importante processo metabólico vegetal que tem seus passos regulados pela luz é o ciclo de Calvin. Nele o  $\text{CO}_2$  é reduzido a carboidrato, num processo que possui três fases distintas (Carboxilação, Redução e Regeneração) e pode ocorrer através de três grandes rotas bioquímicas: Rota C3, Rota C4 e Rota do Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC) (TAIZ & ZEIGER, 2009). Em ambas as rotas bioquímicas, a luz atua especialmente como reguladora das atividades enzimáticas, alterando o transporte através da membrana e os fluxos iônicos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Apesar da luz ser um recurso indispensável para a fotossíntese, tanto o excesso quanto a falta de radiação podem limitar o desempenho da planta (VALLADARES & NIINEMETS, 2008). A luz é um recurso fundamental, mas limitante em muitos ecossistemas, em especial em ecossistemas produtivos. As variações entre plantas quanto a exigência mínima de luz para a sua sobrevivência são fundamentais para a

dinâmica do ecossistema e ecologia de comunidades (ZAVALA et al. 2007).

## 2.4 FATORES AMBIENTAIS E PLANTAS C3 E C4

As rotas bioquímicas para as reações de carboxilação cumprem um importante papel no metabolismo vegetal. O desencadeamento de uma rota em relação à outra está intrinsecamente relacionado com o ambiente em que os vegetais evoluíram ao longo do tempo (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Plantas C3 são aquelas que possuem nas reações de carboxilação um intermediário com três átomos de carbono e as células que possuem cloroplastos estão localizadas no mesófilo. Já as plantas C4 possuem um intermediário com quatro átomos de carbono e os cloroplastos também podem ser encontrados nas células da bainha vascular (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O ciclo C4 transfere  $\text{CO}_2$  do ambiente para as células da bainha celular, mantendo uma concentração maior de  $\text{CO}_2$  nessa estrutura do que no ambiente. Para manter a concentração interna de  $\text{CO}_2$  maior do que a concentração externa, as plantas C4 requerem um maior número de quantum de luz por molécula de  $\text{CO}_2$  do que as plantas C3. Portanto

as plantas C4 necessitam mais radiação luminosa para realizar as reações do ciclo de Calvin do que as plantas C3 (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Mas o fato de precisar de mais energia luminosa, não faz com que as plantas C4 consigam se adaptar melhor em ambientes com mais radiação solar e maior temperatura. A alta afinidade enzimática com o substrato e a maior concentração de  $\text{CO}_2$  dentro da bainha vascular em relação ao ambiente são as duas características fisiológicas que permitem as plantas C4 fotossintetizar com mais eficiência do que as plantas C3 em ambientes com altas temperaturas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A alta afinidade da enzima Fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcarboxilase) com o substrato  $\text{HCO}_3^-$  possibilita, às plantas C4, realizar a redução da abertura estomática e assim não perder água para o meio, enquanto fixa  $\text{CO}_2$  em quantidade igual ou maior à das plantas C3. Essa capacidade das plantas C4 de fixarem  $\text{CO}_2$  em maior quantidade depende da temperatura. A alta concentração de  $\text{CO}_2$ , mantido dentro da bainha vascular acarreta na supressão da fotorrespiração (Ciclo Oxidativo Fotossintético) nas plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Essas características propiciam às plantas C4 fotossintetizar com maior eficiência e assim continuar o crescimento vegetal em ambientes

com temperaturas elevadas. Provavelmente por isso, as plantas C4 são relativamente mais abundantes em climas mais quentes (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A capacidade das espécies forrageiras temperadas, em sua grande maioria plantas C3, de realizar fotossíntese não aumenta quando a disponibilidade de radiação é superior a 50% da radiação observada a pleno sol. Já a atividade fotossintética das forrageiras tropicais cai bruscamente quando a radiação disponível é inferior à 80% da radiação verificada a pleno sol (VARELA et al, 2009).

Mesmo com uma maior sensibilidade às radiações inferiores à 80% do pleno sol, a atividade fotossintética das forrageiras tropicais é quase sempre superior à atividade das espécies temperadas, no intervalo entre 10 – 90 % da radiação verificada à pleno sol (VARELA, 2008).

Para a região Sul do Brasil, que se encontra, em grande parte sob clima subtropical, pode-se afirmar que o nível de sombreamento máximo de 50% pode ser considerado como parâmetro para utilização de espécies de inverno (gramíneas e leguminosas C3) e o nível de 70% para as forrageiras tropicais (gramíneas C4) em sistema silvopastoril (VARELA et al, 2009).

## 2.5 BRACATINGA

A Bracatinga (*Mimosa scabrella*) é uma espécie arbórea que pertence à família Fabaceae, Subfamília Mimosoideae. É nativa das regiões subtropicais do Brasil (LORENZI, 1992), fixadora de nitrogênio, e pode ser utilizada em consórcio com outras essências florestais ou não, para prover nitrogênio ao ambiente (COELHO et al, 2007).

Trata-se de uma espécie semidecídua, heliófita, pioneira, cuja altura pode variar entre 5 a 15 metros e o diâmetro à altura do peito (DAP) entre 30 a 40 centímetros. Sua utilização é destinada para a produção de lenha, carvão e tábuas usadas em acabamentos para a construção civil. Possui grande potencial para o uso paisagístico, devido à floração ser constante ao longo do ano e também para a produção apícola, já que suas flores são melíferas (LORENZI, 1992).

A região Sul é a maior área contínua de ocorrência dessa espécie, podendo ser facilmente encontrada em altitudes acima de 700 m, temperaturas médias anuais de 13 a 18,5° C e sem déficit hídrico (ROTTA & MENDES, 1990), clima típico da Floresta Ombrófila Mista. Na região próxima à Curitiba, é tradicionalmente cultivada em sistema

agroflorestal, cuja principal função econômica é para a produção de lenha para uso interno e comercialização (BAGGIO et al,1986).

O cultivo da bracatinga é predominantemente realizado na agricultura familiar, com poucos recursos técnicos e próximos aos grandes centros consumidores de lenha, como na Região Metropolitana de Curitiba – PR (CARPANEZZI et al., 1997).

A escolha da bracatinga para a realização do presente trabalho deve-se à sua frequente ocorrência na região sul do Brasil. O uso da bracatinga na agricultura familiar é motivado por seu rápido crescimento que propicia produtos madeireiros e não madeireiros num curto espaço de tempo, pela possibilidade de ser manejada em consórcio com espécies vegetais de interesse agrícola e também pelo fato de ser uma espécie fixadora de nitrogênio. É espécie arbórea de relevante importância ecológica e econômica para os agroecossistemas familiares de produção de leite à base de pasto na região sul do Brasil, com grande potencial de uso no sombreamento de pastagens (COELHO et al, 2007) (LORENZI, 1992) (BAGGIO et al,1986) (CARPANEZZI et al., 1997).

## 2.6 PASTOREIO RACIONAL VOISIN (PRV)

O PRV é uma técnica racional de manejo do complexo solo – planta – animal, descrito pelo pesquisador francês André Voisin, que consiste no pastoreio direto e rotacionado dos animais na pastagem, e tem como pressuposto o uso ótimo da energia solar, e da urina e esterco dos animais como fonte da fertilidade do solo, propiciada pela capacidade dos ruminantes de transformarem a matéria vegetal (MACHADO, 2010).

A base do seu fundamento está no desenvolvimento da biocenose do solo e nos tempos de repouso e ocupação dos piquetes, sempre variáveis, em função das condições edafo-climáticas, das espécies vegetais e animais e das múltiplas interações entre esses elementos (MACHADO, 2010).

Para que uma pastagem não seja degradada, se faz necessário manejá-la observando as múltiplas interações que as plantas forrageiras sob pastoreio exercem no solo e também como esse, por sua vez, modifica o desenvolvimento das plantas, seja no sistema radicular e/ou na parte aérea (VICENZI, 1994). A pastagem deve repousar, ou seja, fica sem ser pastoreada pelo animal, o tempo suficiente para que suas

raízes consigam acumular energia suficiente para promover após o corte, um rebrote vigoroso (VOISIN, 1974).

Se a pastagem é pastoreada antes de conseguir ter acumulado reservas suficientes no seu sistema radicular, essa tende a não resistir os sucessivos cortes e se degrada. Nessa lógica se faz necessário realizar a reforma da pastagem, implicando em custos econômicos e ambientais (MACHADO, 2010).

O tempo ótimo de repouso (TOR), conceito chave para o manejo da pastagem em PRV, é caracterizado pelo estágio fenológico em que a pastagem deve ser cortada pelo dente do animal ou ceifada. Nesse estágio, as plantas forrageiras já permaneceram em repouso tempo suficiente para acumular em seu sistema radicular as reservas necessárias para um novo rebrote vigoroso que irá propiciar a produção ótima em matéria seca (VOISIN, 1974).

Um ambiente natural possui sempre suas variações no tempo e no espaço. Variações que ocorrem devido às diferenças no relevo, nos níveis de fertilidade, na diversidade de espécies vegetais e, sobretudo às variações entre as diferentes estações do ano (KLAPP, 1986). Essas diferenças influenciam o desenvolvimento da pastagem, sendo assim, o tempo ótimo de repouso deve respeitar as diferenças que ocorrem na

pastagem no tempo e no espaço e, portanto, ser variável (VOISIN, 1974).

Essa característica diferencia o PRV de outros sistemas que realizam a rotação como prática de manejo da pastagem. Por não considerar as variações ambientais, diversos sistemas de manejo rotacionado, consideram o tempo de repouso como fixo. Assim realizam a reforma da pastagem periodicamente e/ou a aplicação de altas doses de adubação nitrogenada, na tentativa de compensar o erro de realizar sucessivos cortes da pastagem sem que essa esteja com reservas suficientemente acumuladas no seu sistema radicular (MACHADO, 2010).

Independentemente das variações entre estações do ano, também chamadas de flutuação estacional (VOISIN, 1974) ou de fertilidade, também denominada de machas de fertilidade (MACHADO, 2010) as espécies forrageiras herbáceas que compõem a maior parte das pastagens, possuem um comportamento de crescimento em curva sigmóide (VOISIN, 1974) ou curva em S (KLAPP, 1986).

O crescimento em sigmóide é lento no início do rebrote, momento no qual as plantas usam basicamente as reservas energéticas acumuladas no sistema radicular na forma de carboidratos (BLASER, 1990).

À medida que a planta desenvolve a parte aérea, em especial a folha, torna-se apta para realizar a fotossíntese e depois a síntese protéica, formando os tecidos necessários para o crescimento vegetal (TAIZ & ZIEGER, 2009). O intervalo do desenvolvimento vegetal no qual a planta atinge o máximo de incremento em matéria seca por unidade de tempo é denominado labareda de crescimento (VOISIN, 1974). Trata-se de um intervalo da curva de crescimento do vegetal em que sua aceleração é máxima.

Nesse intervalo de máxima aceleração, a planta adquire um saldo positivo de energia, ou seja, consegue produzir mais energia do que a necessária para manter o seu metabolismo e crescimento. É justamente essa energia “a mais”, produzida ao longo da labareda de crescimento, que será armazenada no sistema radicular e usada, posteriormente, para dar início ao rebrote, após a parte aérea da planta ser cortada pelo dente do animal (MACHADO, 2010).

No final da labareda de crescimento, que coincide com a segunda metade da curva sigmóide a aceleração decresce até atingir valor igual a zero. O tempo ótimo de repouso é, justamente, o ponto em que a aceleração da curva sigmoide é igual a zero. É nesse ponto que a pastagem possui a máxima produtividade por unidade de tempo. (MACHADO FILHO, 2011).

O tempo ótimo de repouso não é somente caracterizado pela máxima produtividade em matéria seca por unidade de tempo, mas também pela composição bromatológica que a pastagem possui. No início do processo de floração e maturação, a baixa intensidade de penetração da radiação luminosa, causada pelo sombreamento das folhas, diminui a taxa fotossintética, provocando o declínio na concentração de carboidratos não estruturais (açúcares e amidos) diminuindo a qualidade nutricional necessária para a produção animal (BLASER, 1990). Esse fenômeno ocorre quando a planta não é cortada no tempo ótimo de repouso.

Com o envelhecimento da planta, observa-se a diminuição do teor de proteína e sais minerais, o aumento do teor de fibra bruta e a diminuição de sua digestibilidade, em virtude, dá formação de lignina, razão pela qual as plantas se tornam lenhosas (KLAPP, 1986). Em estádios mais avançados do desenvolvimento vegetal, a qualidade nutricional das plantas forrageiras torna-se muito baixa para a produção animal (BLASER, 1990).

A pastagem no tempo ótimo de repouso, além de produzir mais matéria seca por área e tempo, tem sua composição nutricional mais equilibrada, com um teor de fibra melhor e com o nitrogênio sob a

forma de aminoácidos, que são fundamentais para a nutrição animal (MACHADO, 2010).

Determinar no campo o tempo ótimo de repouso requer um conhecimento fenológico sobre a determinada pastagem, que deve ser ainda maior, quando se trata de pastagem polifítica, que, portanto possui diferentes pontos ótimos de repouso. Folhas basais senescentes, porcentagens de plantas florescidas, aparecimento dos primórdios florais, ponta das folhas dobrando-se pelo seu próprio peso são alguns dos principais estádios fenológicos que caracterizam o ponto ótimo de repouso à campo para diferentes tipos de espécies forrageiras herbáceas (BERTON, 2010).

Cada indicador é usado para um tipo específico de pastagem, que irá variar de acordo com as características particulares cada espécie de planta forrageira, e não deve ser utilizado como uma regra rígida que não pode ser quebrada. Em determinadas e específicas situações, motivadas por fatores edafo-climáticos ou por fatores de exigência nutricional dos animais a pastagem pode ser pastoreada antes ou depois de um desses estádios fenológicos (BERTON, 2010), ou seja, antes ou depois do ponto ótimo de repouso.

## 2.7 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (ATG)

A Termogravimetria é uma técnica que possibilita analisar a qualidade da fração orgânica do solo, através do comportamento termolábil dos constituintes presentes na MO do solo, relacionando a intensidade de perda de massa da amostra em função do tempo e da temperatura com a natureza do constituinte da fração orgânica do solo (PLANTE et al., 2009).

As análises térmicas, nas últimas décadas, adquiriram uma importante relevância para a pesquisa sobre solos. Diferentes técnicas da calorimetria podem ser usadas para caracterizar a fração orgânica do solo, determinando possíveis impactos e ou alterações no ambiente, promovidas pelo fogo, por técnicas de manejo agrícola, aplicações de fertilizantes e outras práticas do uso do solo em ambiente naturais. (SALGADO et al, 2009A).

A Calorimetria, na qual inclui a ATG, pode contribuir para a compreensão dos efeitos que a mudança térmica exerce nos constituintes do solo. Alterações como perda de água e combustão da matéria orgânica, permitem comparar a abundância relativa de fontes de carbono mais e menos lábil presentes em solos submetidos à diferentes manejos.

Os dados são obtidos a partir da aplicação simples, barata e rápida de técnicas termoanalíticas em pequenas amostras de solo e podem fornecer informações importantes sobre o ecossistema, servindo de orientação para definir o uso da terra e práticas agrícolas (CRITTER & AIROLDI, 2006).

Trata-se de um conjunto de métodos muito úteis para o controle contínuo do solo uma vez que permite detectar alterações associadas com a biomassa e a matéria orgânica, de maneira fácil e rápida (SALGADO et al, 2009B).

Informações como temperatura inicial de degradação ( $T_i$ ), temperatura final de degradação ( $T_f$ ), intervalo de combustão (IC) e temperatura de degradação ( $T_d$ ) são parâmetros importantes nesse tipo de análise.

A  $T_i$  e  $T_f$  indicam a temperatura que iniciou e terminou, respectivamente, o processo de perda de massa da amostra de solo. Compostos com menor  $T_i$  e  $T_f$  são mais termolábeis e constituídos, basicamente, por estruturas alifáticas (celulose, holocelulose e ácidos fulvicos) e açúcares simples (ESTEVES & DUARTE, 1999). Assim, são associados aos materiais orgânicos mais frescos, que estão no início do processo de mineralização e/ou mais jovem (p. ex. folhas tenras). Já os compostos menos termolábeis apresentam  $T_i$  e  $T_f$  maiores e são

constituídos por compostos aromáticos, como ácidos húmicos e lignina, e associados aos materiais orgânicos mais maduros e/ou que se apresentam em um estágio mais avançado de degradação no processo de mineralização (SALGADO et al, 2009A).

O intervalo de combustão (IC) indica a amplitude da diferença entre a temperatura final (Tf) e a temperatura inicial (Ti). A MO com maior IC é mais complexa, justamente por conter compostos com diferentes naturezas termolábeis. A Td, por sua vez, é a temperatura na qual a perda de massa da amostra é mais intensa, indicando a natureza do composto orgânico, que em massa, mais constitui a amostra (SALGADO et al, 2009 A).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da Bracatinga na qualidade do solo e na quantidade e qualidade das forrageiras herbáceas em pastagem polifítica sob pastoreio racional.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar e avaliar a incidência de radiação solar que atinge a pastagem polifítica sob o efeito de sombreamento da Bracatinga;
- Avaliar o efeito da Bracatinga na qualidade da fração orgânica do solo;
- Avaliar a qualidade do aporte de material orgânico proveniente da Bracatinga e da pastagem polifítica;
- Avaliar o efeito da Bracatinga na composição botânica, na qualidade bromatológica e na produção de matéria seca da pastagem polifítica;

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL

O presente estudo foi realizado em uma unidade experimental silvopastoril sob pastoreio racional Voisin - PRV, localizada no Centro Paranaense de Referência em Agroecologia – CPRA, município de Pinhais – PR, região metropolitana de Curitiba. O CPRA possui aproximadamente 1.000 ha, está a 908 m acima do nível do mar e suas coordenadas geográficas são: 25° 22' 56.36" S e 49° 07' 33.49" O.

O relevo é plano com suaves inclinações e o clima, segundo Köppen (1948), é o Cfb – Clima subtropical Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente inferior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca, verão brando e geadas severas, demasiadamente frequentes. O solo da área de estudo caracteriza-se por CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico (BHERING & SANTOS, 2008).

O sistema silvopastoril possui aproximadamente 2,4 ha divididos em 22 piquetes. As árvores estão dispostas em renques localizados entre os piquetes e protegidos por dois fios de arame. Estes renques são compostos por arranjos de 14 espécies arbóreas (Anexo A), que confere

distintos comportamentos de crescimento de copas e desenvolvimento em altura e diâmetro dos troncos.

A pastagem é polifítica, no verão composta por um arranjo de espécies de gramíneas nativas C4 com pouca ocorrência de leguminosas. No inverno há predominância de espécies de gramíneas C3, em especial o azevém (*Lolium multiflorum*) e ocorrência de leguminosas, em especial trevo branco (*Trifolium repens*) e ervilhaca (*Vicia sativa L.*).

#### 4.2 DADOS METEREOLÓGICOS

As medições metereológicas foram realizadas pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR (Sistema Metereológico do Paraná) nos períodos entre 17 de janeiro e 28 de fevereiro (verão) e entre 29 de agosto e 15 de setembro (inverno) de 2011, na estação de Pinhais (Latitude: - 25.4167 e Longitude; - 49.1333), localizada na divisa entre os municípios de Pinhais e Piraquara, ambos no Estado do Paraná.

No período em que foram realizadas as amostragens de verão, que corresponde a 43 dias, foi observado 621,6 mm de precipitação, que representa uma média de 14,46 mm/dia. Dos 43 dias, em apenas 9 não foram registrados precipitações, sendo desses dias apenas três foram

consecutivos, e ocorreram justamente nos últimos três dias do período de amostragem de verão. Os dados referentes a temperaturas e precipitação nos períodos de verão e inverno, em que foram realizadas as amostragens, estão no apêndice F.

#### 4.3 ESCOLHA DOS INDIVÍDUOS DE BRACATINGA

Dez indivíduos de bracatinga foram escolhidos aleatoriamente para compor a presente pesquisa. As plantas foram sorteadas dentre aquelas com maior desenvolvimento em Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e altura (h), mas excluídos os indivíduos localizados perto de outras espécies arbóreas ou nas bordas do sistema, evitando-se as situações onde as sombras coincidiam, ou onde a projeção da sombra ocorria fora da pastagem.

As circunferências à altura do peito (CAP) foram mensuradas com o auxílio de uma fita métrica, e a partir da CAP, determinado o DAP, usando a fórmula:  $DAP = CAP/\pi$  (SOARES et al, 2006). A altura total dos indivíduos foi determinada por meio de um hipsômetro.

## 4.4 DESENHO EXPERIMENTAL

O desenho experimental da pesquisa foi um delineamento fatorial (3 x 2 x 2) com dez repetições. Cada repetição foi formada pelas projeções da sombra de um indivíduo arbóreo e dois pontos a pleno sol.

O experimento foi realizado no verão e no inverno, e como as projeções da sombra modificaram-se de uma estação do ano para outra, assim, os tratamentos no verão possuíram localizações diferentes dos tratamentos no inverno (FIGURA 1 e 2). Respeitaram-se os mesmos critérios para a determinação dos tratamentos nos períodos do verão e do inverno.

### 4.4.1 Fatores e Níveis do Fator

4.4.1.1 Sombreamento (Fator 1): Foram três níveis do fator sombreamento:

- *SOL*: área da pastagem não exposta à sombra. Está localizado mais distante do fuste da árvore em relação aos demais níveis do mesmo fator;
- *SOMBRA INTERMEDIÁRIA*: área da pastagem exposta à

sombra durante o período matutino e o período vespertino. Sua localização foi determinada pela projeção da sombra às 10h (verão), às 9h (inverno), às 16h00 (verão) e às 15h00 no inverno;

- *SOMBRA MÁXIMA*: sua localização foi determinada pela projeção da sombra às 13h00 (horário de verão), no verão e às 12h00 no inverno, nas duas faces da projeção. Está localizada mais próxima do fuste da árvore, em relação aos demais níveis do mesmo fator.

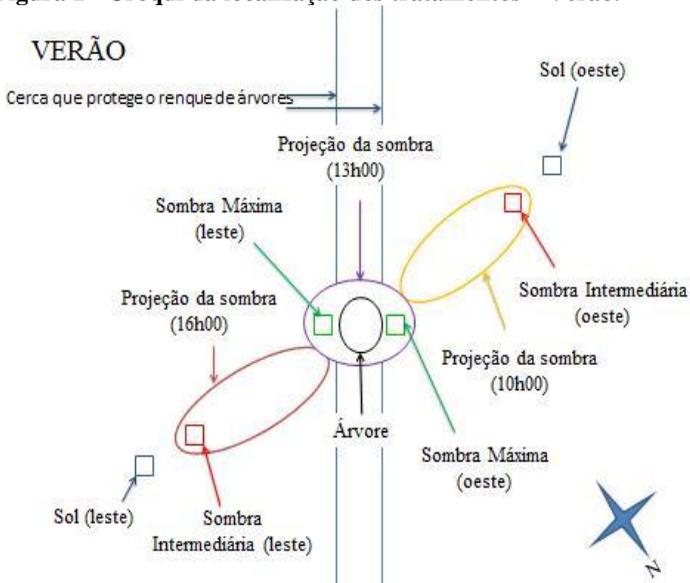
4.4.1.2 Orientação Solar (Fator 2): Foram dois níveis do fator orientação solar:

- *LESTE*: Está localizado à leste em relação ao outro nível do mesmo fator;
- *OESTE*: Está localizado à oeste em relação ao outro nível do mesmo fator.

#### 4.4.1.3 Período (Fator 3): Foram dois níveis do fator período:

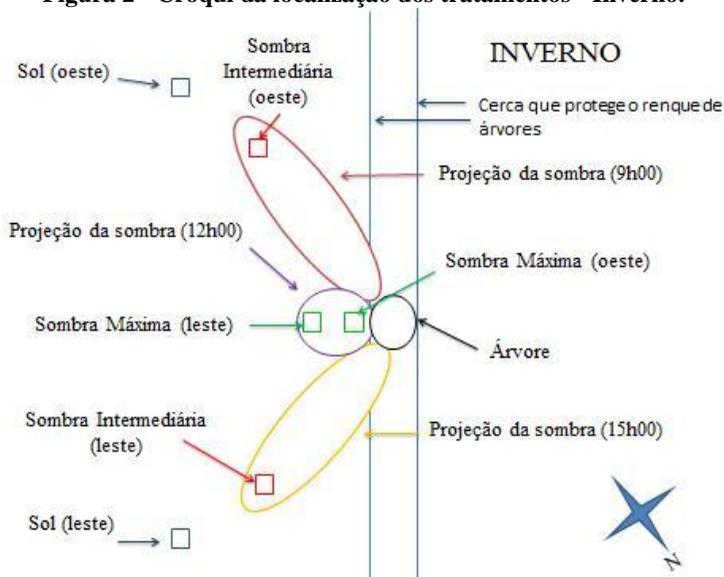
- *VERÃO*: Caracterizado pelas amostragens realizadas no período de verão;
- *INVERNO*: Caracterizado pelas amostragens realizadas no período de inverno

**Figura 1 - Croqui da localização dos tratamentos – Verão.**



Nota: Sol (leste) e Sol (oeste) são os dois tratamentos que não foram expostos à sombra. O tratamento Sombra Intermediária (leste) está sob influência da projeção da sombra às 16h e o tratamento Sombra Intermediária (oeste) está sob influência da projeção da sombra às 10h. Os tratamentos Sombra Máxima (leste) e Sombra Máxima (oeste) estão sob influência da projeção da sombra às 13h.

**Figura 2 - Croqui da localização dos tratamentos - Inverno.**



Nota: Sol (leste) e Sol (oeste) são os dois tratamentos que não foram expostos à sombra. O tratamento Sombra Tarde está sob influência da projeção da sombra às 15h e o tratamento Sombra Manhã está sob influência da projeção da sombra às 9h. Os tratamentos Sombra Meio Dia (leste) e Sombra Meio Dia (oeste) estão sob influência da projeção da sombra às 12h.

#### 4.5 AMOSTRAGEM

A amostragem do verão foi realizada entre os meses de janeiro e fevereiro de 2011 e a amostragem do inverno foi realizada entre os meses de agosto e setembro de 2011. Com exceção do solo, a amostragem dos parâmetros relacionados à radiação solar e às coletas e

identificação da pastagem foram realizadas nos dois períodos (verão e inverno).

#### 4.5.1 Amostragem de Luz

Para caracterizar os tratamentos quanto à radiação solar, foram realizadas medições da Radiação Fotossintética Ativa (RFA), medida por um equipamento digital PAR sensor instantâneo.

Para obter a caracterização RFA ao longo do dia, foram realizadas medições nos três horários coincidentes com as definições das projeções de sombra referentes aos tratamentos. No verão: 10h (1), 13h (2) e 16h (3) (horário de verão) e no inverno: 9h (1), 12h (2) e 15h (3).

Como as medições são instantâneas, para diminuir a diferença em horário e consequentemente em radiação solar entre os blocos, o tratamento *Sol (leste)* foi desconsiderado da amostragem de luz. Considerou-se o tratamento *Sol (oeste)* como referência para avaliação da incidência de radiação sem nenhum efeito de sombra, nos respectivos horários descritos. Assim os valores obtidos na amostragem de luz (RFA) para o tratamento *Sol (oeste)*, foram atribuídos para ambos os tratamentos, *Sol (oeste)* e *Sol (leste)* em todas as repetições.

No verão, devido à constante presença de nebulosidade, fez-se necessário, para conferir maior representatividade aos dados obtidos, realizar as tomadas da RFA, em quatro dias consecutivos, nos três horários já mencionados para o verão. A partir dos dados obtidos calculou-se a média da RFA dos quatro dias para os distintos horários.

No inverno, período do ano com pouca nebulosidade, a medição de luz foi realizada em um dia, no qual não foi observado nebulosidade, não sendo, então, necessário realizar mais dias de medição para conferir maior representatividade aos dados.

As medições de luz, tanto no verão como no inverno, foram realizadas no mesmo período em que foram realizadas as amostragens dos outros parâmetros.

#### **4.5.2 Amostragem e Análises do Solo**

A amostragem do solo foi realizada apenas no período do verão uma vez que, em função do curto espaço entre as avaliações não seria possível observar variações significativas nos parâmetros de solo selecionados para o estudo. As profundidades das coletas foram: 0-2,5 cm; 2,5-5 cm e 0-20 cm. As amostras de 0-2,5 e de 2,5-5 foram coletadas com o auxílio de um cilindro de ferro e são formadas por duas

sub-amostras para cada respectiva profundidade. A amostra de 0-20 cm foi coletada com auxílio de um trado agrícola e formada por uma amostra simples.

#### 4.5.2.1 Matéria Orgânica (MO) e Nitrogênio Total (N<sub>total</sub>) do solo

A percentagem de MO do solo foi obtida por meio do Carbono Orgânico (CO) do solo ( $MO = CO \times 1,724$ ) determinado pelo método de Walkley & Black (WALKLEY & BLACK, 1934) e o N<sub>total</sub> determinado pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al, 1995).

A determinação da MO e do N<sub>total</sub> foram realizadas em todas as dez repetições, para todos os tratamentos e profundidades.

#### 4.5.2.2 Análise Termogravimétrica (ATG)

Para caracterizar o comportamento da ATG do solo, nos tratamentos e profundidades deste experimento, foi selecionado, aleatoriamente, um bloco (A) para os procedimentos de análise. No bloco (A) foi realizada a ATG da matéria vegetal coletada em cada tratamento e procedida a ATG da serrapilheira da bracinga coletada anteriormente para outro estudo no mesmo local (SCARPETTA,2010).

O intuito foi identificar possíveis relações do componente orgânico do solo, com a parte aérea da pastagem e com as folhas da bracinga depositadas no solo.

Em outros três blocos (B, C e D), também aleatoriamente selecionados, foram realizados ATG do solo em todos os tratamentos, mas somente na profundidade mais superficial (0–2,5cm). Para tal análise foram considerados quatro blocos, pois além dos blocos (B, C e D), também, foram considerados os dados obtidos com a ATG para o bloco (A).

#### **4.5.3 Identificação e Análise da composição botânica da pastagem herbácea**

A identificação da composição botânica da pastagem foi realizada em cada unidade experimental (quadrante de 0,5m X 0,5m), antes da coleta da matéria verde do pasto e no momento no qual predominava o início da senescência das folhas basais (BLASER, 1990). Valeu-se de LORENZI (2006) para auxiliar na identificação das espécies vegetais.

Após a identificação das espécies vegetais herbáceas presentes no quadrante, atribuiu-se percentagens, para a quantidade em volume de massa verde que cada espécie ocupava em relação ao volume total de

massa verde presente na unidade experimental submetida a um tratamento.

As percentagens foram atribuídas por duas pessoas, as mesmas para o período de verão e inverno, e posteriormente, calculado a média. No instante da identificação, se uma ou mais plantas possuísem um volume de massa verde inferior a 10% do volume total, eram classificadas como Não Representativas.

Para análise dos dados, as espécies vegetais herbáceas identificadas foram classificadas em grupos quanto a: família botânica e característica fisiológica (LORENZI, 2000b). Os grupos utilizados foram: a) Gramíneas / Leguminosas / Outras / Não Representativas; b) Plantas C3 / Plantas C4 / Não Representativas.

Os dados obtidos foram usados para estimar a Frequência Relativa de Ocorrência das Espécies Vegetais (FRO), possibilitando avaliar a ocorrência de cada grupo de plantas nos tratamentos; e para estimar o volume de massa verde que cada grupo ocupa em relação ao volume total presente na unidade experimental submetida a um tratamento, denominado de Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (FRV).

#### 4.5.4 Amostragem da pastagem

A amostragem da pastagem foi realizada sempre, no mesmo dia, mas anterior, à entrada dos animais em cada piquete, determinado pelo ponto ótimo de repouso (MACHADO FILHO, 2011) (VOISIN, 1974) momento no qual predominava o início da senescência das folhas basais das espécies vegetais forrageiras que compõem a pastagem (BLASER, 1990).

A coleta do pasto foi realizada com o auxílio de uma faca, respeitando a altura de 5 cm a partir da superfície do solo e delimitada por um quadrante de ferro com área de  $0,25\text{m}^2$  (0,5m X 0,5m) disposto sempre em paralelo ao renque de árvore. Após coletada as amostras foram acondicionadas separadamente em sacolas plásticas previamente identificadas.

##### 4.5.4.1 Determinação da Matéria Seca (MS)

Para determinação da matéria seca, as amostras foram secas em estufa com ventilação de ar forçado a  $65^{\circ}\text{C}$  até peso constante, posteriormente o material foi pesado em balança eletrônica com precisão de 0,01g (SILVA & QUEIROZ, 2006). As amostras foram

trituras em moinho elétrico e submetidas, em laboratório, à temperatura de 120°C e assim o peso constante da matéria seca à 65°C foi corrigido pelo percentual de matéria seca à 120°C, seguindo o método de Wendee.

#### 4.5.4.2 Análise Bromatológica

As amostras secas e pesadas foram trituradas e armazenadas em sacolas plásticas (SILVA & QUEIROZ, 2006) previamente identificadas. Para a determinação dos teores de proteína bruta (PB) foi usado o método de Wendee e para a lignina foi usado o método Van Soest (VAN SOEST, 1967).

#### 4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos para os parâmetros: matéria orgânica do solo (MO) nitrogênio total do solo (Ntotal), matéria seca da pastagem corrigida (MSc), proteína bruta (PB), lignina e RFA foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico Statistica. Os efeitos dos fatores e interações foram comparados pelo teste F, e as médias comparadas pelos quadrados mínimos das médias, adotando-se a

significância de 5 % de probabilidade para ambos os testes. Os dados foram testados quanto à homogeneidade e normalidade (SOKAL & ROHLF, 2005).

O modelo estatístico utilizado foi:  $Y_{ijkl} = \mu + R_i + \alpha_j + \beta_k + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + e_{ijkl}$  ;

onde:  $Y_{ijkl}$  é a variável dependente observada;  $\mu$  é a média geral;  $R_i$  é o efeito do bloco “I”;  $\alpha_j$  é o efeito do fator A;  $\beta_k$  é o efeito do fator B;  $\alpha\beta_{ij}$  é o efeito da interação dos fatores A e B;  $\gamma_k$  é o efeito do fator C;  $\alpha\gamma_{ik}$  é o efeito da interação dos fatores A e C;  $\beta\gamma_{jk}$  é o efeito da interação dos fatores B e C;  $\alpha\beta\gamma_{ijk}$  é a interação dos fatores A, B e C e  $e_{ijkl}$  é o erro aleatório. Os conjuntos de dados não paramétricos da composição botânica (FRO e FRV) foram transformados em percentagens e assim procedidas às análises de variância, conforme procedido para os conjuntos de dados paramétricos mencionados acima.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA DA RADIAÇÃO SOLAR NO SISTEMA SILVOPASTORIL

A dinâmica da radiação solar verificada no verão foi diferente, para a maior parte dos níveis de sombreamento, da dinâmica verificada no inverno (Figura 3, 4 e 5). Tal fato se deve ao movimento que o Planeta Terra faz relação ao Sol, que modifica ao longo do tempo, a angulação da posição do Sol sobre a superfície terrestre. Esse fenômeno alterou conseqüentemente a dinâmica da sombra exercida pelas árvores na pastagem nos diferentes períodos do ano (BERGEZ et al, 1997). Na estação mais fria, a intensidade da RFA foi maior na maioria dos níveis de sombreamentos e períodos do dia, do que a intensidade de RFA verificada na estação mais quente.

No verão, o movimento do Sol em relação à superfície terrestre promoveu duas projeções de sombra, claramente definidas, uma à leste e outra e outra à oeste, fazendo com que uma área permanecesse sombreada a maior parte do foto-período diurno, caracterizada pelos

tratamentos *Sombra Máxima*. No inverno a projeção da sombra promovida pelas árvores se modificou bastante.

A projeção da sombra ao longo do dia, no inverno não formou uma área que permaneceu sombreada na maior parte do dia. O ambiente *Sombra Máxima* de ambas as faces (leste e oeste), apresentaram diminuições significativas, em relação aos outros tratamentos, mas não em todos os períodos do dia e nem da mesma intensidade como ocorreu no verão.

### **5.1.1. Manhã**

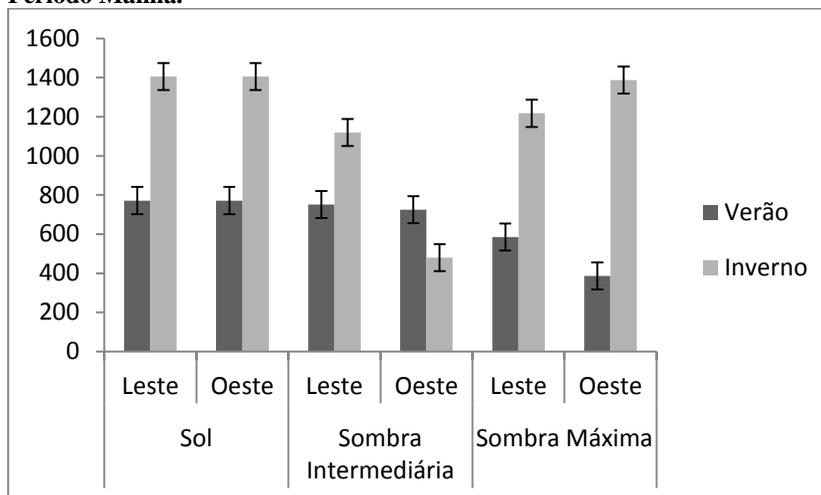
Nesse período, a RFA verificada no inverno foi maior do que a verificada no verão, com exceção do tratamento *Sombra Intermediária (oeste)*, que é caracterizado pelo sombreamento durante o período matutino.

No verão, os fatores *Sol e Sombra Intermediária* não apresentaram diferenças entre si, o que demonstra que mesmo sombreado, o nível *Sombra Intermediária* não apresentou diminuição da incidência de RFA em relação ao fator Sol. Assim ambientes sombreados não apresentaram redução de incidência de RFA em relação aos ambientes submetidos à

pleno sol. Apenas os ambientes submetidos ao nível de sombreamento denominado *Sombra Máxima* apresentaram diminuição de incidência de RFA em relação aos ambientes à pleno sol (Figura 3).

No inverno, a incidência de RFA foi menor no nível de sombreamento *Sombra Intermediária* do que nos ambientes a pleno sol, caracterizado pelo nível *Sol*. O nível *Sombra Máxima* (leste) também apresentou menor incidência de RFA do que os ambientes a pleno sol. Assim, no inverno o sombreamento exercido pela árvore se mostrou suficiente para diminuir a incidência de RFA na pastagem em dois níveis de sombreamento pastagem (*Sombra Máxima* e *Sombra Intermediária*), enquanto que no verão, ocorreu diminuição em apenas um nível (*Sombra Máxima*). Sob as condições de inverno, o sombreamento se mostrou mais eficiente na diminuição de incidência de RFA em distintos ambientes, do que o sombreamento exercido sob as condições de verão.

**Figura 3 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) – Período Manhã.**



Notas: Verão = 10h e Inverno = 9h.  $P = 0,05$ .

### 5.1.2. Meio Dia

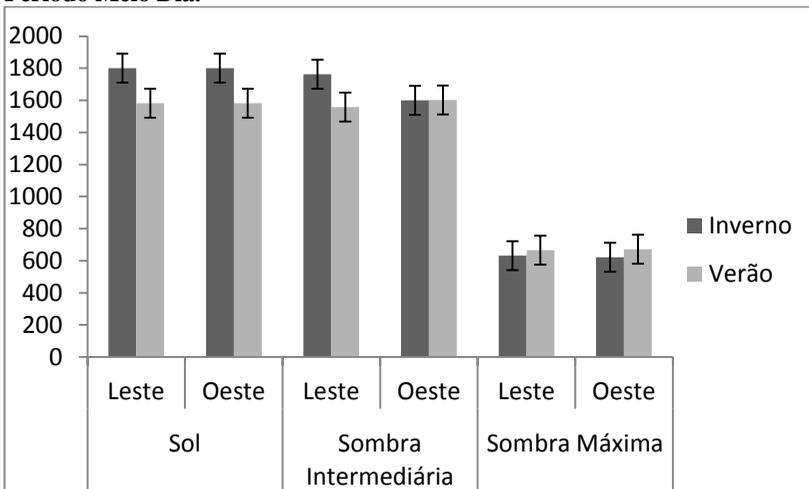
No período do meio dia a intensidade de RFA foi maior no inverno do que no verão nos ambientes *Sol* e *Sombra Intermediária* (*leste*), nos outros ambientes não ocorreram diferenças na intensidade de radiação entre as estações (Figura 4).

No verão a RFA foi menor nos ambientes que estavam submetidos ao sombreamento nesse horário, caracterizados como *Sombra Máxima*, do que nos demais ambientes. Já no inverno os ambientes de *Sombra Máxima* também se diferenciaram dos demais,

apresentando uma menor incidência de RFA na pastagem, mas o nível de sombreamento *Sombra Intermediária (oeste)* também apresentou menor incidência de radiação solar, quando comparado com os ambientes a pleno sol (Figura 4)

Assim no período de meio dia no inverno, como ocorreu no período da manhã, também foi verificado que a sombra exercida pela árvore se mostrou mais eficiente em reduzir a incidência de RFA na pastagem em mais de um nível de sombreamento do que a exercida no mesmo período na estação de verão.

**Figura 4 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) – Período Meio Dia.**



Notas: Verão = 13h e Inverno = 14h.  $P = 0,05$ .

### 5.1.3. Tarde

No período da tarde a intensidade incidente de RFA foi maior no inverno para todos os tratamentos, com exceção da *Sombra Intermediária (leste)*, ambiente caracterizado pela projeção de sombra nesse período, e que não foi verificada diferenças em intensidade de RFA entre as duas estações do ano (Figura 5)

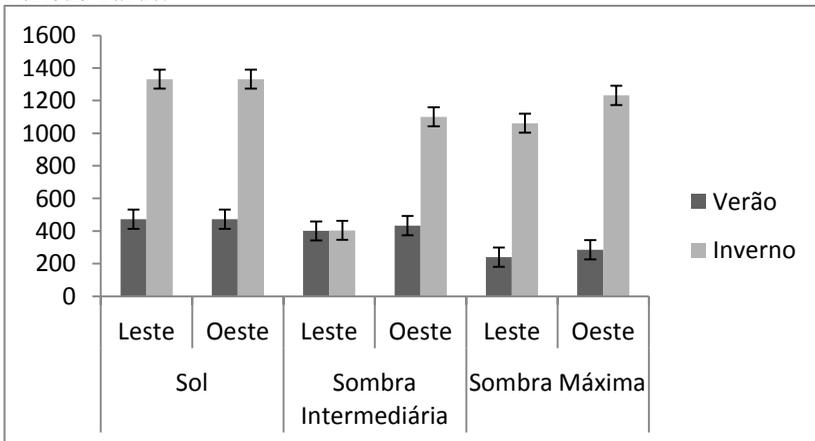
No verão, foi verificada uma menor incidência de RFA no nível de sombreamento *Sombra Máxima* em relação ao nível *Sol*, o que demonstrou, conforme outros períodos do dia, uma concentração de sombreamento nos ambientes *Sombra Máxima* ao longo de todo o fotoperíodo (Figura 5).

Em relação ao nível *Sombra Intermediária*, no verão, somente a orientação leste do nível *Sombra Máxima* apresentou menor RFA quando comparada com os dois níveis do fator orientação solar. O tratamento *Sombra Máxima (oeste)* apresentou uma menor incidência de RFA apenas com a orientação oeste do *Sombra Intermediária*, mas não com a orientação leste, com a qual não foi verificada diferença significativa. Tal resultado pode ser atribuído à diferença na intensidade de sombreamento que foi verificada entre os ambientes sombreados da

orientação leste e os ambientes sombreados da orientação oeste. (Figuras 3, 4 e 5).

No inverno, no período da tarde, a orientação leste do tratamento *Sombra Intermediária* foi o que apresentou menor incidência de RFA do que os demais tratamentos, justamente por ser o ambiente que se apresentou sombreado nesse período. A orientação oeste do nível de sombreadamento *Sombra Intermediária* e a orientação leste do nível *Sombra Máxima* apresentaram uma menor incidência de RFA em relação ao ambiente *Sol* e à orientação oeste da *Sombra Máxima*, ambientes que apresentaram as maiores incidência de RFA, no inverno para o período da tarde (Figura 5).

**Figura 5 - Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) (mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) – Período Tarde.**



Notas: Verão = 16h e Inverno = 15h.  $P = 0,05$ .

## 5.2 SOLOS

### 5.2.1 Nitrogênio Total (N<sub>total</sub>) e Matéria Orgânica (MO)

Os resultados obtidos com as análises de solos mostraram uma alta variação dos dados entre as repetições. Este comportamento, em parte, é explicado pela diversidade de fatores ambientais que influenciam a dinâmica da MO e do N<sub>total</sub> no solo, no caso, variações na composição botânica da pastagem, no material vegetal que é incorporado ao solo (pastagem e árvore) e no bosteamento dos animais ao longo do sistema. A ação conjunta desses fatores criam, nos sistemas silvopastoris, condições bem variáveis, no tempo e espaço, influenciando a dinâmica da atividade microbiana, da mineralização da matéria orgânica e consequentemente da disponibilidade nutrientes no solo (NAIR et al, 1999).

Os resultados das análises de N<sub>total</sub> e MO do solo demonstraram que nas profundidades superficiais (0 - 2,5 cm e 2,5 – 5 cm), ocorreram mais diferenças entre os fatores do que na profundidade de rotina (0 – 20 cm) (Figura 6, 7, 8 e 9). Isso se deve, possivelmente, pela maior presença de atividade biológica e acúmulo de MO que é verificado nas porções mais superficiais do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Na

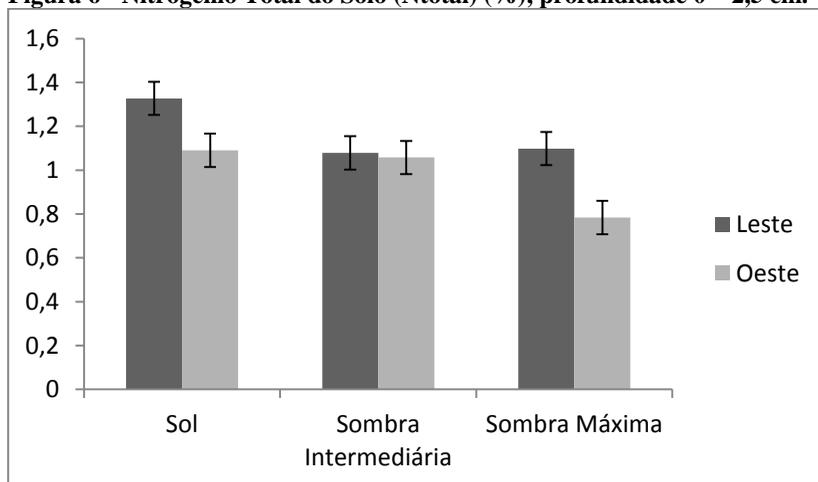
profundidade de rotina os valores desses atributos são “*diluídos*”, pois o volume de solo é maior, refletindo um comportamento mais estável ao longo dos tratamentos, mesmo assim algumas diferenças significativas entre alguns tratamentos foram verificadas na profundidade de rotina (0 – 20 cm) (Figura 9).

Na profundidade mais superficial (0 – 2,5cm) os valores verificados de  $N_{total}$  foram maiores em um ambiente mais distante do fuste da árvore, caracterizado pela orientação leste do tratamento *Sol* e os menores valores foram verificados num ambiente sob a projeção das copas das árvores, orientação oeste do tratamento *Sombra Máxima*. Valores intermediários e não diferentes entre si, foram verificados nos demais tratamentos (Figura 6). Assim, na profundidade mais superficial, na medida em que se aproximou do fuste arbóreo, diminuí os valores dessa variável. Já na profundidade de 2,5 – 5,0 cm, o  $N_{total}$  apenas apresentou diferenças entre as duas orientações (leste / oeste) do tratamento *Sombra Intermediária* com a orientação leste do tratamento *Sol*, que possuiu o maior valor de  $N_{total}$  obtido.

Apesar da Bracatinga ser uma espécie vegetal fixadora de nitrogênio (COELHO et al, 2007), os valores verificados deste elemento no solo, não expressaram uma dinâmica linear de aumento de seu teor

no solo, conforme se aproximou da árvore. O fato da pastagem ser polifítica e assim, outras espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio estavam presentes, e também devido aos indivíduos arbóreos de Bracatinga não estarem ainda na fase adulta, e com por isso, não expressarem toda a capacidade de fixação de N, foram fatores que possivelmente contribuíram para a dinâmica observada.

**Figura 6 - Nitrogênio Total do Solo (Ntotal) (%), profundidade 0 – 2,5 cm.**

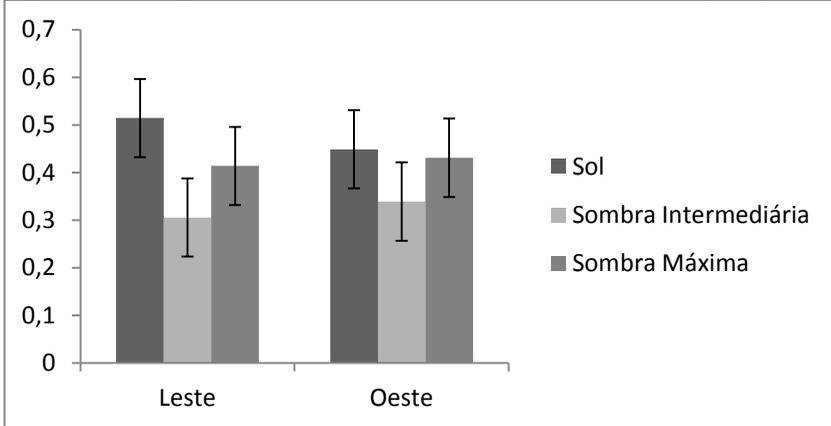


Notas:  $P = 0,05$ .

Não foram verificadas diferenças significativas nos teores de Ntotal entre os fatores, para a profundidade de rotina (0 – 20,0 cm). Esse fato pode, então, ser resultado de uma “diluição” dos valores superficiais em um volume maior de solo, demonstrando que a profundidade utilizada

na análise de rotina, pode mascarar os valores de  $N_{total}$  presentes nas camadas mais superficiais do solo.

**Figura 7 - Nitrogênio Total do Solo ( $N_{total}$ ) (%) profundidade 2,5 – 5,0 cm**



Notas:  $P = 0,05$ .

Os teores de MO na profundidade mais superficial (0 – 2,5 cm) foram influenciados tanto pelo fator sombreamento, quanto pelo fator orientação solar (Figura 8). Ambientes submetidos ao tratamento *Sombra Máxima* apresentaram teores de MO não diferentes de ambientes submetidos ao tratamento *Sol* e outros apresentaram diferenças entre as orientações solares (leste/oeste) para um mesmo nível de sombreamento. Tal dinâmica reflete por um lado uma variação não linear da MO no sistema, como também uma certa homogeneidade

de MO ao longo dos ambientes mais próximos e mais distantes do fuste da árvore.

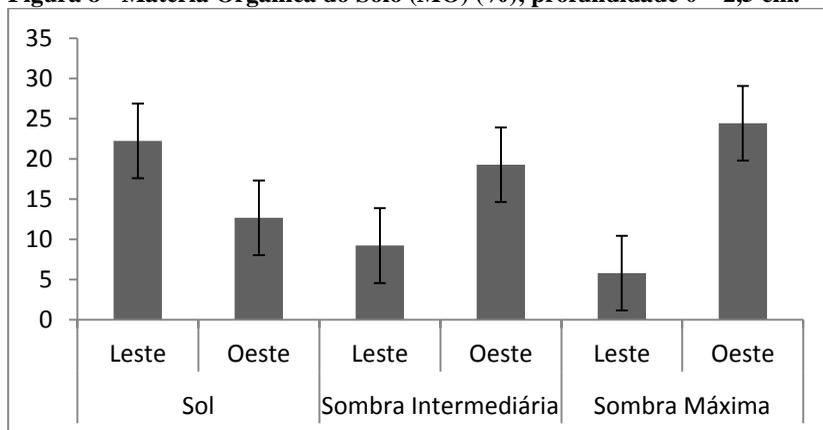
Tal dinâmica pode ter sido influenciada pela dispersão homogênea do bosteamento animal, que é verificada nos sistemas silvopastoris, e que não ocorre nas pastagens com pouca ou nenhuma árvore. Nos sistemas silvopastoris a abundância de sombra em toda área evita a concentração periódica do rebanho em um determinado espaço, diminuindo assim a concentração do bosteamento dos animais (KRUSCHEWSKY, 2009; FERREIRA et al, 2011). Outro fator importante é a própria pedogênese do local, que possui uma alta MO, que caracteriza a classificação desse tipo de solo (BHERING & SANTOS, 2008). Para que ocorra o aumento no teor de MO de um Cambissolo Húmico, é necessário um aporte muito grande de material orgânico.

Na profundidade de 2,5 – 5,0 não foram verificados nenhuma diferença significativa nos fatores, mas diferente do que ocorreu para o  $N_{total}$ , foram encontradas diferenças entre nos níveis de sombreamento na profundidade de rotina (0 – 20,0 cm). Tanto na orientação leste, como na oeste, os nível de sombreamento *Sol* foi o que apresentou os menores teores de MO, quando comparados com os outros níveis de

sombreamento. Assim, para a profundidade de rotina, os ambientes mais próximos da árvore e que possuem algum tipo de sombreamento ao longo do dia, possuíram teores maiores de MO, em relação aos ambientes mais distantes da árvore e à pleno sol (Figura 9).

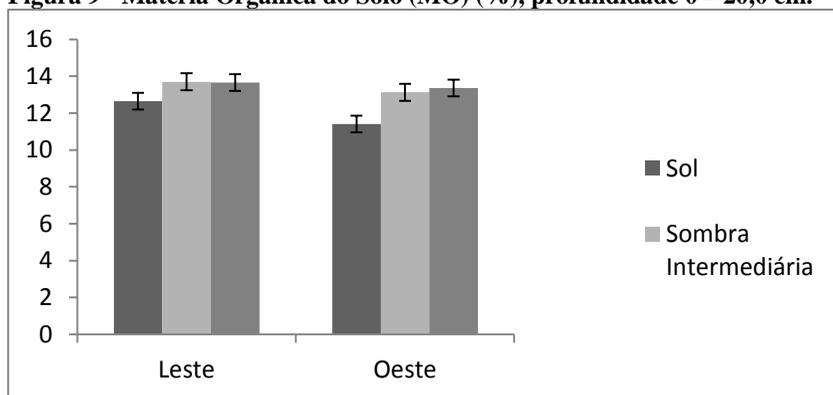
Alguns trabalhos mostram que níveis maiores de MO foram observados em locais mais próximos da árvore em pastagens, devido especialmente à deposição de matéria vegetal proveniente da árvore (HAILE et al, 2009; CHANG et al, 2002; AMATYA et al, 2002; PAUDEL et al, 2011). Essa dinâmica não foi observada, ao menos não por completa (FIGURA 8), o que pode ser explicado pelo manejo que a pastagem está submetida. Quando comparado com o manejo extensivo, executado pelos referidos trabalhos na literatura consultada, o PRV conserva mais MO no solo (MACHADO, 2010), diminuindo as diferenças de MO entre as áreas mais próximas e mais distantes do fuste das árvores.

**Figura 8 - Matéria Orgânica do Solo (MO) (%), profundidade 0 – 2,5 cm.**



Notas:  $P = 0,05$ .

**Figura 9 - Matéria Orgânica do Solo (MO) (%), profundidade 0 – 20,0 cm.**



Notas:  $P = 0,05$ .

### 5.2.2 Análises de Termogravimétricas (ATG)

Os dados de MO e  $N_{total}$ , apresentados no capítulo anterior, refletiram dinâmicas diferentes ao longo dos tratamentos para as três

distintas profundidades. Isso evidencia que a teor de MO do solo varia de acordo com as diferentes profundidades em que foram realizadas as amostragens. Já os valores absolutos encontrados na ATG não apresentaram modificações importantes entre as distintas profundidades para os mesmos tratamentos, o que denota, não um dado quantitativo de MO, mas sim, qualitativo, de que a natureza dos compostos presentes na MO é semelhante, ao menos, ao longo do perfil de 20 cm do solo para um mesmo tratamento. A ATG contribuiu para compreensão qualitativa da natureza dos constitutivos da fração orgânica do solo (PLANTE et al, 2009).

Na profundidade de 2,5-5,0 cm, os tratamentos localizados na face leste, onde a luz da manhã atingiu a pastagem em maior intensidade do que a luz da tarde, possuem maiores  $T_i$  e  $T_f$  do que os tratamentos localizados na face oeste (TABELA 1). Esse resultado evidenciou que uma maior ou menor produção de matéria vegetal, na qual depende diretamente da luz, pode influenciar os parâmetros da ATG.

Na profundidade de rotina (0-20,0cm), os tratamentos *Sol (leste)* e *Sol (oeste)* apresentaram menores temperaturas iniciais ( $T_i$ ), o que evidenciou que os locais mais distantes do fuste da árvore apresentaram maior presença de material orgânico fresco e jovem do que os outros locais; e maiores intervalos de combustão (IC), o que evidenciou uma

maior complexidade da MO nesses tratamentos (SALGADO et al, 2009A). A menor Ti desses tratamentos pode ser decorrência da menor deposição da folha da Bracatinga, que por conter lignina tende a aumentar a Ti e Tf da ATG, conforme observado na ATG da folha da Bracatinga (TABELA 2 e 3) (SALGADO, et al, 2009B).

Os resultados da ATG para a folha da Bracatinga demonstraram dois grandes picos de perda de massa, diferente do que foi observado nas amostras da MO do solo, que apresentaram apenas um pico, mas semelhante aos resultados observados para a parte aérea da matéria seca da pastagem herbácea (TABELA 4 e 5). O segundo pico de perda de massa apresentou uma  $T_d = 444 \text{ }^\circ\text{C}$ , o que nos revela a presença de lignina nessas folhas, fator que explica o aumento da Ti nos tratamentos mais perto da árvore, diferenciando-os dos tratamentos mais distantes da árvore

**Tabela 1 - Análise Termogravimétrica (ATG) do solo na profundidade de 2,5 - 5,0cm.**

Tratamentos	Ti (°C)	Tf (°C)	IC (°C)	Td (°C)
1	342	483	141	305
2	326	483	157	299
3	259	422	163	308
4	247	393	146	297
5	256	383	127	299
6	260	369	109	301

Notas: 1= Sol (leste), 2= Sombra Intermediária (leste), 3 = Sombra Máxima (leste), 4 = Sombra Máxima (oeste), 5 = Sombra Intermediária (oeste) e 6 = Sol (oeste). Ti= Temperatura Inicial; Tf = Temperatura Final; IC= Intervalo de Combustão; Td= Temperatura de Degradação.

**Tabela 2 - Análise Termogravimétrica (ATG) do solo na profundidade de rotina (0 - 20cm).**

Profundidade de Rotina				
Tratamentos	Ti (°C)	Tf (°C)	IC (°C)	Td (°C)
1	228	499	271	301
2	259	389	130	309
3	252	374	122	331
4	315	473	158	316
5	262	308	46	300
6	241	447	206	300

Notas: 1= Sol (leste), 2= Sombra Intermediária (leste), 3 = Sombra Máxima (leste), 4 = Sombra Máxima (oeste), 5 = Sombra Intermediária (oeste) e 6 = Sol (oeste). Ti= Temperatura Inicial; Tf = Temperatura Final; IC= Intervalo de Combustão; Td= Temperatura de Degradação.

**Tabela 3 - Análise Termogravimétrica (ATG) da folha da Bracatinga.**

	Ti (°C)	Tf (°C)	IC (°C)	Td (°C)
1° Pico	220	402	182	291
2° Pico	402	520	118	444

Notas: Ti= Temperatura Inicial; Tf = Temperatura Final; IC= Intervalo de Combustão; Td= Temperatura de Degradação.

**Tabela 4 - Análise Termogravimétrica (ATG) da matéria seca (MS) da pastagem.**

Tratamento	Ti (°C)		Tf (°C)		IC (°C)		Td (°C)	
	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°
	Pico	Pico	Pico	Pico	Pico	Pico	Pico	Pico
1	256	447	388	492	132	45	310	464
2	256	431	334	464	78	33	310	450
3	256	437	327	468	71	31	314	450
4	266	444	390	503	124	59	330	472
5	257	334	317	406	60	72	311	451
6	259	448	334	486	75	38	318	466

Notas: 1= Sol (leste), 2= Sombra Intermediária (leste), 3 = Sombra Máxima (leste), 4 = Sombra Máxima (oeste), 5 = Sombra Intermediária (oeste) e 6 = Sol (oeste). Ti= Temperatura Inicial; Tf = Temperatura Final; IC= Intervalo de Combustão; Td= Temperatura de Degradação.

Na ATG do solo, na profundidade mais superficial (0-2,5cm), os valores de cada parâmetro, entre diferentes tratamentos, ficaram próximos, demonstrando que a natureza química dos constituintes da MO nos diferentes tratamentos seja similar (TABELA 5) (CRITTER & AIROLDI, 2006).

**Tabela 5 - Médias da Análise Termogravimétrica (ATG) do solo na profundidade 1 (0 – 2,5cm).**

Trat	Ti (°C)	Tf (°C)	IC (°C)	Td (°C)
	Média e Sem	Média e Sem	Média e Sem	Média e Sem
1	196,00 <sup>ab</sup> ± 1,45	477,67 <sup>bc</sup> ± 1,90	281,67 <sup>ab</sup> ± 2,55	283,67 <sup>ab</sup> ± 16,86
2	193,67 <sup>cd</sup> ± 1,17	477,00 <sup>bc</sup> ± 1,53	283,33 <sup>a</sup> ± 2,69	290,67 <sup>ab</sup> ± 20,88
3	198,33 <sup>a</sup> ± 1,64	479,67 <sup>a</sup> ± 0,38	281,33 <sup>ab</sup> ± 1,90	283,33 <sup>ab</sup> ± 12,04
4	196,00 <sup>b</sup> ± 0,33	475,00 <sup>c</sup> ± 0,88	279,00 <sup>b</sup> ± 0,58	297,67 <sup>a</sup> ± 14,70
5	196,00 <sup>b</sup> ± 0,67	477,67 <sup>b</sup> ± 0,84	281,67 <sup>a</sup> ± 1,50	253,33 <sup>c</sup> ± 3,95
6	191,00 <sup>d</sup> ± 1,53	476,67 <sup>bc</sup> ± 1,26	285,67 <sup>a</sup> ± 2,71	267,00 <sup>b</sup> ± 5,36

Notas: 1= Sol (leste), 2= Sombra Intermediária (leste), 3 = Sombra Máxima (leste), 4 = Sombra Máxima (oeste), 5 = Sombra Intermediária (oeste) e 6 = Sol (oeste). Ti= Temperatura Inicial; Tf = Temperatura Final; IC= Intervalo de Combustão; Td= Temperatura de Degradação; Sem = erro padrão da média. P = 0,05.

O nível de sombreamento mais próximos da árvore (*Sombra Máxima*) apresentou os maiores valores absolutos de Ti, mas não foi verificado diferença significativa com os demais tratamentos. Esse resultado pode ser uma evidência de que esse nível de sombreamento contém na MO compostos cujo ponto de combustão foi maior, e que podem, então, serem originários das folhas da Bracatinga, como por exemplo lignina.

Outra evidência da influência das folhas da Bracatinga na MO do solo foi que os maiores valores da Tf (479,67°C) e da Td (297,67°C) foram observados nos tratamentos localizados mais próximos do fuste, sob a projeção da copa das árvores, cuja a influencia da deposição de folhas da bracatinga é maior (TABELA 5).

Os gráficos do apêndice C mostram o comportamento das repetições por tratamento, na profundidade mais superficial (0-2,5cm). Observaram-se variações na intensidade de perda de massa entre as repetições para os mesmos tratamentos, mas o ponto de inflexão da curva de perda de massa foi comum para todas as repetições em cada tratamento, o que mostra que as repetições possuem uma  $T_d$  similar para os mesmos tratamentos, ou seja, os compostos que formaram a MO das repetições possuem natureza similar (CRITTER & AIROLDI, 2006).

O apêndice D apresenta os gráficos que descreveram o comportamento da ATG de uma repetição nas diferentes profundidades de um mesmo tratamento. Pôde-se observar que a dinâmica da ATG entre as diferentes profundidades também apresentou apenas um ponto de inflexão para todas as curvas, que apresento similaridade em intensidade de perda de massa e temperatura em que ocorrem essas perdas. Tal resultado evidencia que a natureza de constituintes da MO do solo ao longo das diferentes profundidades é comum, ou ao menos muito próximo, para um mesmo tratamento.

Quando adicionamos a curva de ATG da matéria seca da parte área vegetal da pastagem herbácea coletada em cada tratamento, observou-se que essa apresentou uma dinâmica distinta das curvas da MO do solo (APÊNDICE A). A curva da ATG da matéria vegetal da pastagem

possui dois pontos de inflexão, demonstrando dois picos de perda de massa, um pico se dá em temperaturas baixas e outro em temperatura mais elevadas.

A primeira inflexão da curva de ATG da matéria seca vegetal se aproximou bastante, apesar da diferença em intensidade, com as curvas da MO do solo, para os mesmos tratamentos, nas diferentes profundidades. O segundo pico já não correspondeu, o que mostra que parte da natureza dos constituintes da parte aérea da pastagem herbácea foi similar a natureza dos constituintes da MO do solo e que uma parte não. A diferença pode ser resultado do processo de degradação dos componentes orgânicos pela ação microbiana do solo e agentes ambientais que juntos transformam o material vegetal no processo de mineralização (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os compostos que constituem a parte aérea da pastagem herbácea foram semelhantes aos compostos que constituem a folha da Bracatinga (APÊNDICE B). A folha da árvore, conforme já descrito, também tem dois pontos de inflexão na curva de ATG, e mesmo com algumas diferenças em intensidade de perda de massa em relação a parte aérea da pastagem, apresentaram pontos de inflexão da curva coincidentes em temperatura, evidencia da similaridade entre os constituintes de ambos materiais.

## 5.3 PASTAGEM HERBÁCEA

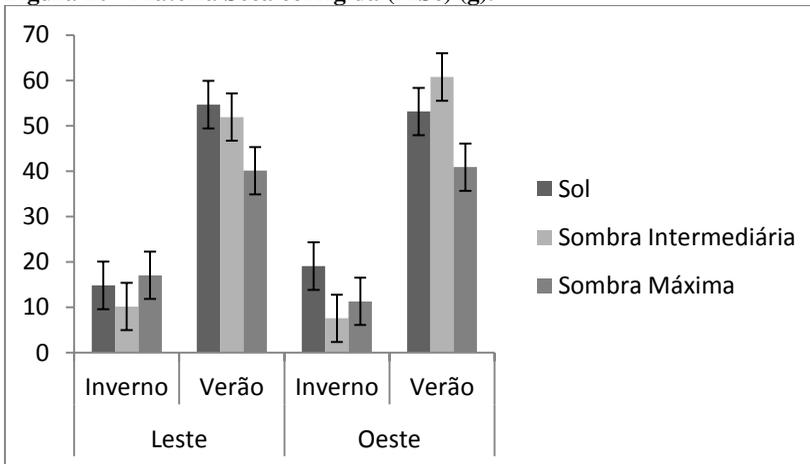
### 5.3.1 Matéria Seca (MS)

O comportamento da produção de MS corrigida (MSc) se modificou de acordo com a estação do ano (verão / inverno), corroborando assim com as modificações observadas entre as estações no comportamento dos dados de radiação solar (RFA), fator que influencia diretamente o crescimento e o desenvolvimento vegetal (FIGURA 3, 4 e 5). No inverno foi verificado uma produção vegetal bem inferior em relação a produção verificada no verão, e tal fato tem decorrência da diferença climática entre as duas estações. A variação, entre o verão e inverno, da composição botânica pode ter influenciado tal resultado (HERNÁNDEZ & GUENNI, 2008).

Os dados, obtidos no verão, demonstraram uma diminuição de incidência da RFA nas duas orientações solar do nível de sombreamento mais próximo do fuste da árvore (*Sombra Máxima*) ao longo de todo o foto-período diurno. Esse comportamento também foi verificado nos resultados de MSc, o que demonstra que, no verão, os ambientes, que possuíram menor incidência luminosa, possuíram também menor produção vegetal em matéria seca (Figura 10).

Por outro lado, o nível de sombreamento *Sombra Intermediária* de ambas as orientações solares (leste / oeste) não apresentaram, no verão, diferenças significativas em MSc, com o nível de sombreamento *Sol*, resultado que corrobora com os dados de RFA obtidos para a mesma estação. Tal comportamento evidência que níveis maiores de sombreamento não, necessariamente, diminui a produção da pastagem, uma vez que outros atributos que as árvores promovem no ambiente podem conferir aumento na produção vegetal. (ANDRADE et al, 2008; DURR & RANGEL, 2002)

**Figura 10 - Matéria Seca corrigida (MSc) (g).**



Notas:  $P = 0,05$ .

No inverno, diferente do que ocorreu no verão, o nível de sombreamento *Sombra Máxima* não apresentou um decréscimo significativo na produção de MS quando comparados com os outros

níveis deste mesmo fator. O que demonstra que mesmo esse ambiente sendo sombreado, tal fato não interferiu na quantidade de MS vegetal produzida.

Na orientação oeste, foi verificado diferença significativa na MSc entre o nível de sombreamento *Sombra Intermediária* e o nível *Sol*. Tal fato decorre da menor incidência de RFA que o nível de sombreamento *Sombra Intermediária* teve, em pelo menos em uma das duas orientações solares, em todos os horários do foto-período em relação aos ambientes com pleno sol.

### **5.3.2 Composição Botânica**

#### **5.3.2.1 Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (FRO)**

A Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais indica o padrão da distribuição de ocorrência das espécies vegetais de porte herbáceo nas unidades experimentais, para os períodos de verão e inverno.

No verão foram identificadas 19 espécies vegetais diferentes, dessas, 26,32% ocorreram em todos os tratamentos em pelo menos uma repetição; 47,37% ocorreram em um tratamento de uma única repetição, ou seja, em apenas uma unidade experimental; e as espécies classificadas como Não Representativas (conforme descrito no item materiais e métodos), ocorreram em pelo menos 6 repetições de cada tratamento, o que representou 78,33% das unidades experimentais. As espécies que mais ocorreram, nesse período, foram: Capim arame (*Paspalum paniculatum*) presente em 88,33% das unidades experimental, Capim forquilha (*Paspalum conjugatum*) presente em 68%, Trevo branco (*Trifolium repens*) e Grama comprida (*Paspalum dilatatum*) presente em 30%, e a Tansagem (*Plantago sp.*) presente em 28,33% das unidades experimentais.

Já no período de inverno, foram identificadas 15 espécies diferentes, dessas 33,33% estiveram presente em todos os tratamentos de pelo menos uma repetição; 46,66% ocorreram em apenas um tratamento de uma única repetição; e as espécies do grupo Não Representativas ocorreram em pelo menos 4 repetições de cada tratamento que representam 60% das unidades experimentais. As espécies que mais ocorreram, nesse período, foram: Azevém (*Lolium multiflorum*) presente

em 90% das unidades experimentais, Grama sempre-verde (*Axonopus repens*) presente em 65%, Trevo-branco (*Trifolium repens*) presente em 55% e Capim arame (*Paspalum paniculatum*) e a tansagem (*Plantago sp.*) que estavam presentes em 50% das unidades experimentais (LORENZI, 2006).

Na classificação botânica (Gramíneas, Leguminosa, Outras e Não Representativas), os grupos Gramíneas e Leguminosas foram formados em sua totalidade por espécies de plantas forrageiras. As espécies, classificadas como Outras foram identificadas como pertencentes à variadas famílias botânicas que não sejam gramíneas (*Poaceae*) e leguminosas (*Fabaceae*) e não são plantas consideradas forrageiras.

Para o grupo de plantas Gramíneas as duas maiores ocorrências de plantas foram verificadas em diferentes níveis de sombreamento, dependendo da orientação solar. Na orientação solar leste, a maior ocorrência foi verificada nos ambientes com maior exposição de radiação solar, caracterizado pelo nível de sombreamento *Sol*. Isso se deve à característica fisiológica das gramíneas de verão nos trópicos e sub-trópicos (Figura 11). Esse grupo de plantas pertence ao tipo fotossintético C4, ou seja, são plantas que possuem maior capacidade de

manter o seu metabolismo e crescimento vegetal em ambientes com elevadas temperaturas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Já na orientação oeste, também no verão, a maior ocorrência de plantas gramíneas foi verificada no nível de sombreamento *Sombra Intermediária*, o que denota que mesmo as gramíneas de verão, sendo espécies C4, elas podem ocorrer mais em ambientes sombreados do que em ambientes a pleno sol (Figura 11). O período de verão é caracterizado por elevadas temperaturas que podem ser verificadas, mesmo em ambientes submetidos a níveis intermediários de sombreamento, isso explica ao menos em parte, a maior ocorrência de plantas C4 em ambientes sombreados.

A menor ocorrência das Gramíneas de verão foi verificada nos ambientes mais sombreados, caracterizados pelo nível de sombreamento *Sombra Máxima*. Esses ambientes apresentaram um sombreamento que reduziu significativamente no verão a incidência de radiação solar (RFA) o que afetou a ocorrência de espécies de plantas C4. Nesses ambientes a redução da RFA criou condições ambientais menos propícias para o desenvolvimento de plantas C4, do que os ambientais em que tal redução não foi verificada (Figura 11).

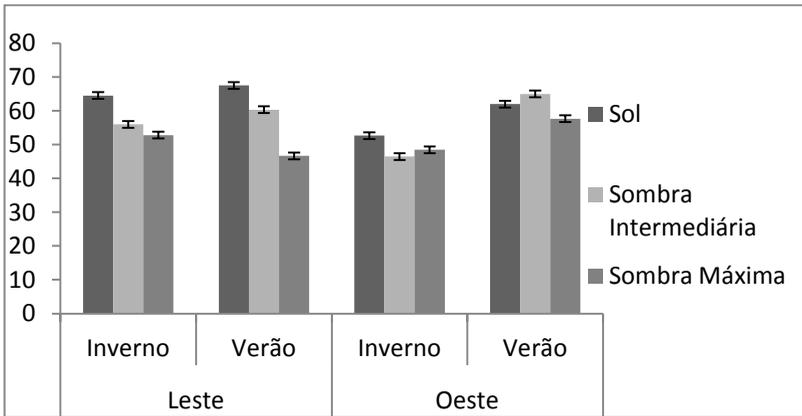
Já no inverno, foi verificado que as Gramíneas apresentaram maior ocorrência nos ambientes com nível de orientação solar leste do que em relação aos ambientes com orientação oeste. Os ambientes sombreados dispostos na orientação leste receberam mais radiação solar no período matutino do que vespertino, já os dispostos na orientação oeste receberam mais radiação solar no período vespertino (Figura 11).

As gramíneas presentes na pastagem no inverno, eram formadas predominantemente por espécies C3, mas ainda assim, algumas espécies de gramíneas C4 estavam presentes na pastagem. Nessa época do ano, as temperaturas são bem menores do no verão e assim as espécies C4 necessitam de maiores intensidades de radiação solar, que foram encontradas no período matutino (Figura 3 e 5).

Nos dois níveis de orientação solar (leste / oeste) o nível de sombreamento *Sol* foi o que apresentou as maiores frequências de ocorrência de plantas gramíneas, corroborando mais uma vez com a ideia de que as espécies gramíneas, mesmo no inverno apresentam uma demanda por luz que é encontrada nos ambientes mais expostos à incidência de RFA. O nível de sombreamento *Sombra Máxima* apresentou na orientação leste a menor ocorrência de gramíneas, sendo menor que o nível *Sombra Intermediária* para a estação de inverno. Já

na orientação oeste o nível de sombreamento *Sombra Máxima* apresentou ocorrência de gramíneas não diferente do nível *Sombra Intermediária* (Figura 11).

**Figura 11 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Gramíneas**



Notas:  $P = 0,05$ .

O grupo de plantas Leguminosas apresentou, no verão, a maior frequência de ocorrência nos ambientes com níveis intermediários de sombra, caracterizado pelo nível de sombreamento *Sombra Intermediária*. Tal nível de sombreamento, apesar de no verão, apresentar uma incidência de radiação solar não diferente dos ambientes à pleno sol, estava submetido ao sombreamento e portanto apresentava condições ambientais mais favoráveis, sob altas temperaturas, para a

ocorrência e o desenvolvimento de espécies C3 (TAIZ & ZEIGER, 2009), tipo fotossintético a qual pertence as plantas classificadas como leguminosas.

Esse padrão de distribuição da ocorrência das Leguminosas refletiu a característica de adaptabilidade das plantas C3 à ambientes com radiação solar intermediária, ao menos no verão e maior disponibilidade de água. Ambientes sombreados possuem menor perda de água por evaporação do que ambientes de pleno sol, quando submetidos às mesmas condições ambientais (FERNÁNDEZ et al, 2006).

Os ambientes *Sombra Máxima* foram os que apresentaram os menores valores de frequência de ocorrência de plantas leguminosas, demonstrando que mesmo sendo espécies de plantas C3, as leguminosas estão mais adaptadas para se desenvolver em ambientes com incidência de radiação solar (RFA) maiores do que as verificadas nos ambiente *Sombra Máxima*, uma vez que tais ambientes apresentaram diminuição da incidência de RFA ao longo dos três foto-períodos em que foram realizadas medições.

No inverno, a frequência de leguminosas foi maior que no verão em todos os ambientes amostrados da pastagem. Tal fato decorre das

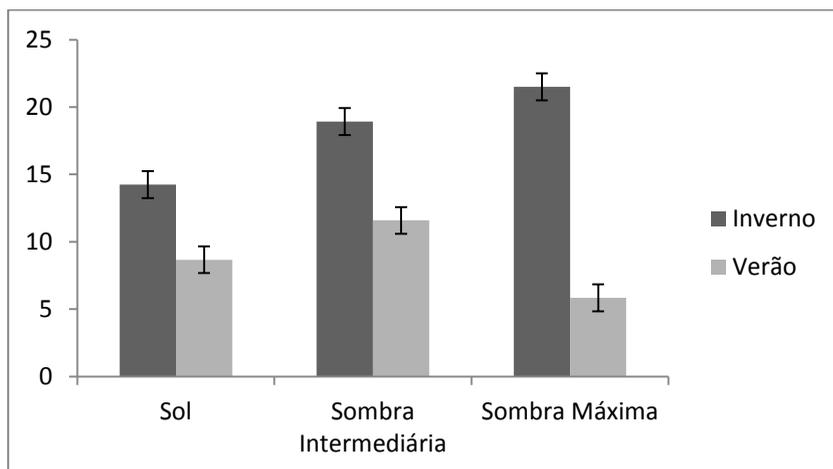
características e do melhoramento que é realizado no sistema, que propicia maior ocorrência de espécies de leguminosas na estação mais fria.

O padrão de ocorrência das leguminosas, nessa estação, não se modifica em relação ao verão, e continua sendo maior nos ambientes em que apresentaram uma radiação solar nem tão baixa e nem tão alta. A maior frequência de ocorrência foi verificada no ambiente *Sombra Máxima*, nível de sombreamento que no inverno, apresentou incidência de radiação menor do que os ambientes à pleno sol, mas maior do que os ambientes caracterizados como *Sombra Intermediária*. Mas diferente do verão, as menores frequência de ocorrência de plantas foram observadas nos ambientes à pleno sol.

Assim, para o grupo de leguminosas, verificou-se que tanto no verão, como no inverno, a frequência de ocorrência de plantas é maior nos ambientes como algum nível de sombreamento, do que nos ambientes à pleno sol, cuja incidência de RFA é mais alta e também maior do que nos ambientes cuja incidência de RFA é muito baixa, portanto ambientes com um sombreamento mediado foram os que apresentaram maiores frequência de plantas leguminosas, que possuem a

característica bromatológica de conter proteína, elemento fundamental para a nutrição de gado leiteiro.

**Figura 12 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Leguminosas.**



Notas:  $P = 0,05$ .

No verão, as espécies classificadas como Outras apresentaram maior ocorrência no ambiente *Sombra Máxima* (Figura 13), demonstrando que tais ambientes possuem condições ambientais mais favoráveis para a ocorrência do grupo de plantas Outras, que é formado por espécies de plantas não forrageiras.

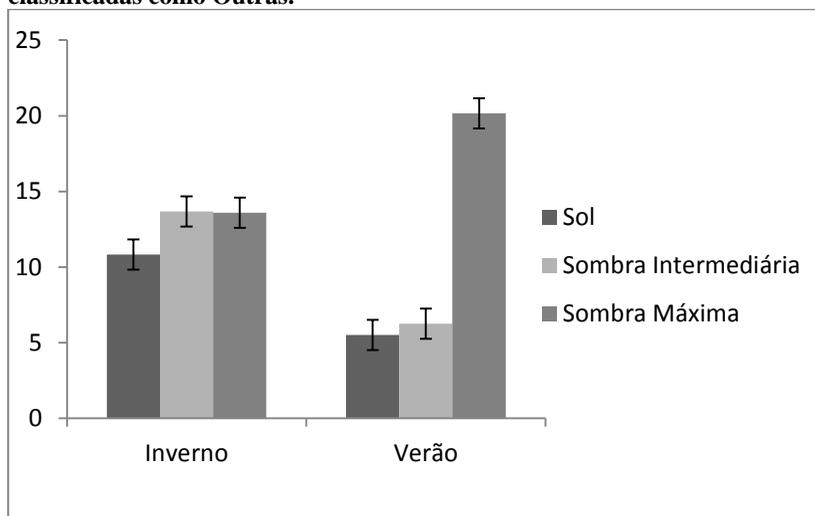
Assim, os ambientes nos quais ocorreram diminuição da incidência de RFA ao longo dos períodos do dia em que foram realizadas as medições, no verão, apresentaram maiores frequências de ocorrência de plantas não forrageiras do que os ambientes em que não ocorreu diminuição da incidência de RFA. Assim denota-se que as plantas não forrageiras encontradas no sistemas, possuem maior adaptabilidade para ambientes muito sombreados (Figura 13).

No inverno o padrão verificado na frequência de ocorrência do grupo de plantas Outras, não se altera muito em relação ao verão. Os ambientes a pleno sol, caracterizados pelo nível de sombreamento *Sol* apresentaram a menor frequência de ocorrência desse grupo, mostrando mais uma vez que tal grupo possui uma maior afinidade com ambientes sombreados. O que difere do verão, é que na estação mais fria, tal grupo ocorre em mesma frequência tanto nos ambientes *Sombra Intermediária*, como nos ambientes *Sombra Máxima* (Figura 13).

Assim, o grupo de plantas formado por plantas forrageiras, mostrou-se mais adaptado para ambientes sombreados. Sendo que no verão, período mais quente, tais plantas ocorreram em maior frequência nos ambientes com maior sombreamento, e no inverno, período mais frio,

ocorreram em maior frequência nos ambientes com algum nível de sombreamento.

**Figura 13 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Outras.**



Notas:  $P = 0,05$ .

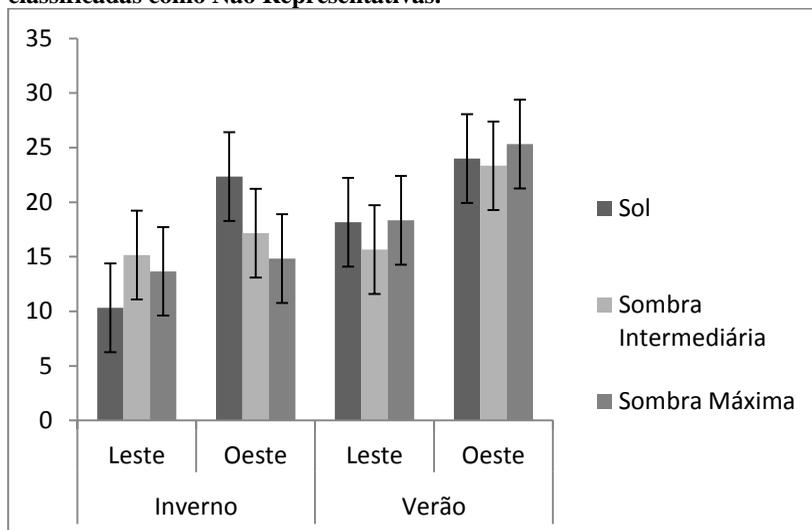
As plantas do grupo Não Representativas não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes níveis de sombreamento, em nenhuma das duas estações do ano em que se realizaram as amostragens. Para o fator orientação solar, somente uma diferença foi verificada, e ocorreu entre as orientações leste e oeste do nível de sombreamento Sol, no período do inverno, cujo o valor de ocorrência foi menor na orientação solar leste (Figura 14). Tal diferença mostra que mesmo sob a mesma incidência solar, ocorreram diferenças na frequência de

ocorrência das plantas classificadas como Não Representativas e que portanto outro fator influenciou o resultado obtido.

A outra diferença, observada na frequência de ocorrência para este mesmo grupo de plantas, ocorreu entre as duas estações do ano para o nível de sombreamento *Sombra Máxima* na orientação solar oeste, cuja frequência foi menor no inverno do que no verão, o que demonstra que tais plantas se adaptaram melhor as condições de menor exposição à RFA, que foi verificada nesse ambiente na estação mais quente.

Nos outros níveis dos fatores considerados nessa pesquisa, o grupo de plantas Não Representativas não apresentou diferenças no que se refere à frequência de ocorrência de plantas.

**Figura 14 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Não Representativas.**



Notas:  $P = 0,05$ .

A classificação em plantas C3 e plantas C4 contribuiu para visualizar, tanto no verão como no inverno, o padrão de distribuição da ocorrência das espécies vegetais que formam a pastagem nos diferentes tratamentos, a partir do tipo fotossintético que a planta realiza.

As plantas C3 apresentaram uma frequência de ocorrência maior no inverno do que no verão. Esse fato se deve a maior presença de leguminosas na estação mais fria do ano, e também pela presença das gramíneas de inverno que são espécies C3, diferente das gramíneas de verão que são espécies C4 (Figura 15).

Na estação mais quente, a ocorrência de espécies C3, nos ambientes sombreados, foi maior na orientação leste do que na orientação oeste. Tal fato se deve pela diferença entre a radiação solar incidente no período matutino, que atinge a orientação leste, e a incidente no período vespertino, que atinge a orientação oeste. Assim podemos perceber que espécies C3 se mostram mais aptas para os ambientes sombreados, mas com uma radiação solar matutina, que possui mais intensidade do que a radiação vespertina (Figura 15).

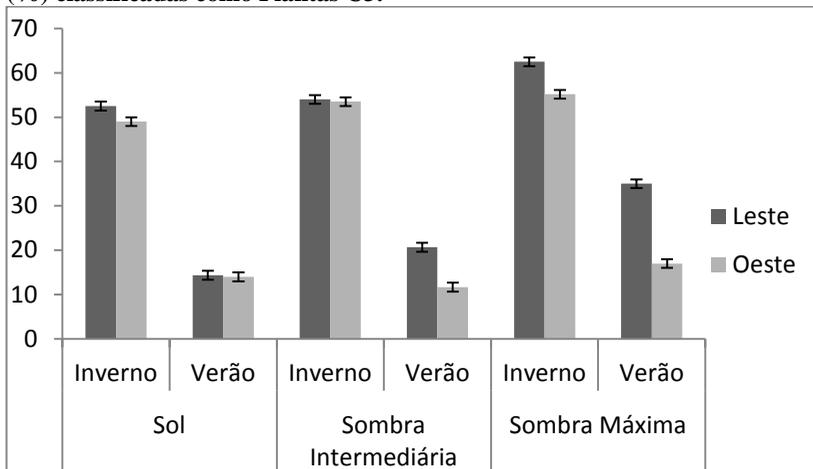
Nos ambientes a pleno sol, essa diferença entre orientação solar não ocorreu, justamente por esses ambientes estarem submetidos à incidência da radiação solar ao longo de todo o dia, não ocorre diferença no período que ocorre a incidência de radiação solar.

Mas tanto no verão, estação na qual a maior parte das plantas C3, apesar da presença importante de leguminosas, são formadas por plantas não forrageiras, como no inverno, estação na qual as plantas C3 são em sua maioria plantas forrageiras (gramíneas e leguminosas), a maior frequência de ocorrência de plantas C3 foi verificadas no nível de sombreamento Sombra Máxima (Figura 15). Mas observemos a diferença dos motivos que isso ocorre nas duas diferentes estações do ano.

Se no verão, a maior parte das espécies C3 são plantas não forrageiras que adaptaram melhor em ambientes com menor radiação solar, caracterizado pelo nível de sombreamento *Sombra Máxima*; no inverno, a maior parte das espécies C3 são gramíneas e leguminosas, que nessa estação, se adaptaram melhor também ao ambiente *Sombra Máxima*, mas este não foi o ambiente que apresentou a menor intensidade de radiação solar na estação mais fria.

No inverno foi verificado uma diferença entre as orientações solares no nível de sombreamento *Sol*, o que demonstrou que outros fatores que não foram considerados na pesquisa podem ter influenciado essa diferença no ambiente a pleno sol. Nessa estação no nível de sombreamento *Sombra Intermediária* não apresentou diferenças entre as orientações solares leste e oeste (Figura 15).

**Figura 15 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Plantas C3.**



Notas:  $P = 0,05$ .

Diferentemente do que ocorreu com as espécies de plantas C3, as plantas C4 apresentaram maior frequência de ocorrência no verão. Isso deve, principalmente, porque as gramíneas de verão são formadas por espécies de plantas C4, e porque as condições da estação mais quente propiciaram o desenvolvimento de deste tipo fotossintético de plantas (Figura 16).

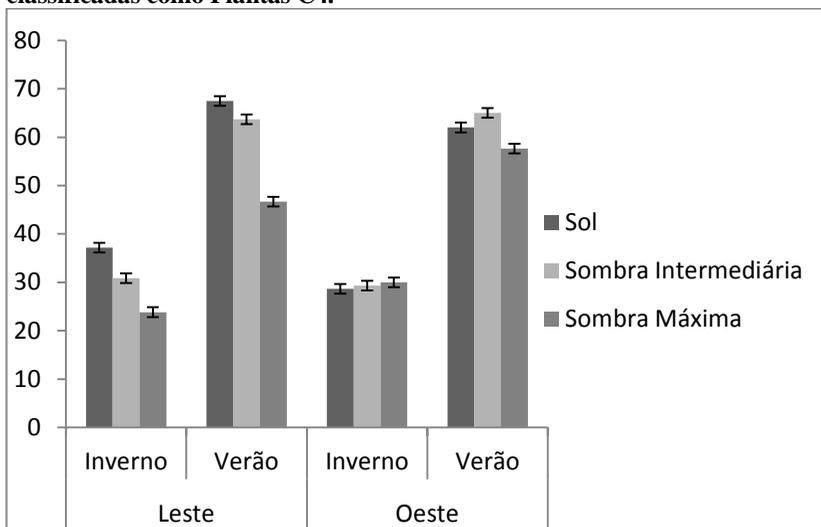
No verão e na orientação solar oeste a maior frequência de ocorrência de plantas foi verificada no nível de sombreamento *Sombra Intermediária*, caracterizado nesse período, por uma intensidade média de radiação solar. O que demonstrou que mesmo as gramíneas C4 serem exigentes em radiação solar, os ambientes sombreados podem

conferir condições ambientais que possibilitem a maior ocorrência desse tipo de planta. Já na orientação leste, para a mesma estação, a frequência de ocorrência de plantas foi maior no ambiente a pleno sol, corroborando com a característica fisiológica das plantas C4 (Figura 16).

No verão, as menores frequências de ocorrência de plantas C4 foram verificadas nos níveis de sombreamento *Sombra Máxima*, que é caracterizado pela menor intensidade de RFA. Tal fato demonstra que espécies C4 diminuem a sua ocorrência, quando submetidas a ambientes com baixa incidência de radiação solar (Figura 16).

No inverno, não foram verificadas diferenças na frequência de ocorrência de plantas C4 entre os níveis de sombreamento na orientação solar oeste. Já na orientação solar leste, foi verificado uma maior ocorrência de plantas no nível de sombreamento *Sol* e a menor frequência no nível de sombreamento *Sombra Máxima*, corroborando, mais uma vez, com as características fisiológicas das plantas C4 (Figura 16).

**Figura 16 - Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (%) classificadas como Plantas C4.**



Notas: 1= Pleno Sol (leste), 2= Sombra Tarde, 3 = Sombra Meio Dia (leste), 4 = Sombra Meio Dia (oeste), 5 = Sombra Manhã e 6 = Pleno Sol (oeste). NIDCC = Não Representativas. As letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas entre as médias dos tratamentos.  $P = 0,05$ .

### 5.3.2.2 Frequência Relativa do Volume da Massa Verde (FRV)

A Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (FRV) indica, em porcentagem, à proporção que cada determinada espécie ocupa, em volume de massa verde, no volume total de cada unidade experimental.

As plantas classificadas como Gramíneas apresentaram diferenças em dois dos três fatores do experimento, foram eles sombreamento e

período. Quanto ao fator sombreamento a diferença ocorreu no período do verão e na orientação leste, entre o nível de sombreamento *Sol* e o nível *Sombra Máxima* (Figura 17).

Conforme já discutido, as gramíneas de verão são espécies C4, que se adaptam melhor em ambientes com temperaturas maiores, o que justifica a diferença entre os níveis de sombreamento ter sido observada no verão e não no inverno. A orientação leste apresentou maiores incidências de RFA do que a orientação oeste (Figura 3, 4 e 5), o que também contribui para que com a diferença entre os ambientes com maior e menor incidência de RFA fosse observada (Figura 17). Assim ambientes, que apresentaram diferenças em volume entre os níveis de sombreamento, foram àqueles submetidos à estação do ano mais quente e cujos ambientes sombreados estavam submetidos à incidência de RFA no período matutino.

Nos demais ambientes e condições, as Gramíneas não apresentaram diferenças em volume entre os níveis de sombreamento, o que demonstra que até mesmo ambientes sombreados, como o nível *Sombra Máxima* no verão, espécies C4, apresentaram a mesma frequência em volume, do que em ambientes a pleno sol (VARELA, 2009), como foi o caso na orientação oeste para a estação mais quente. No período de

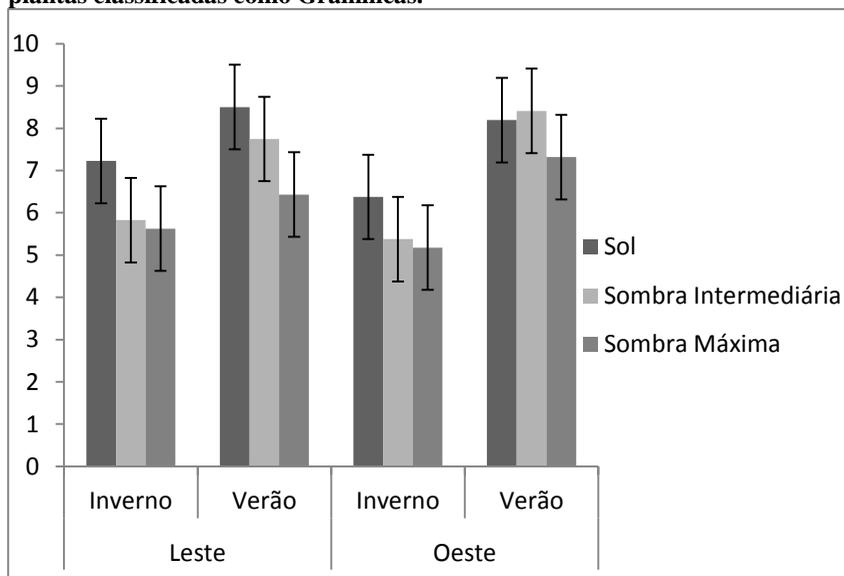
inverno não foram observadas nenhuma diferença em frequência de volume das plantas Gramíneas (Figura 17).

Quanto ao fator período do ano, foram observadas diferenças entre as duas estações amostradas, apenas nos ambientes sombreados e localizados na orientação oeste. Tanto o nível de sombreamento *Sombra Intermediária*, como o nível *Sombra Máxima* foram diferentes entre o verão e o inverno no que se refere a frequência volumétrica (Figura 17). Na estação mais fria foram verificadas as maiores incidências de RFA (Figuras 3, 4 e 5) e as menores temperaturas (Apêndice F), o que demonstrou que incidência de RFA não está diretamente associada com maiores temperaturas.

Sabemos das diferenças entre as espécies de gramíneas que ocorreram no verão e as que ocorreram no inverno, assim mesmo em condições de sombreamento, os níveis *Sombra Intermediária* e *Sombra Máxima*, apresentaram maiores frequência volumétricas no verão do que no inverno. Assim percebeu-se que ambientes sombreados no verão propiciaram um maior crescimento vegetal do que os ambientes sombreados no inverno e isso pode estar relacionado a característica das espécies C3, de mesmo sendo mais adaptadas a ambientes com menor RFA, podem não apresentar o crescimento vegetal desejado quando os

sombreamentos são excessivos (VARELLA, 2008). O nível de sombreamento *Sombra Intermediária* também apresentou diferença em frequência de volume entre o período do verão e inverno, mas tal fato pode ser também influência da orientação solar, uma vez que a diferença ocorreu entre o nível *Sombra Intermediária* leste no inverno, com o *Sombra Intermediária* oeste no verão (Figura 17).

**Figura 17 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Gramíneas.**



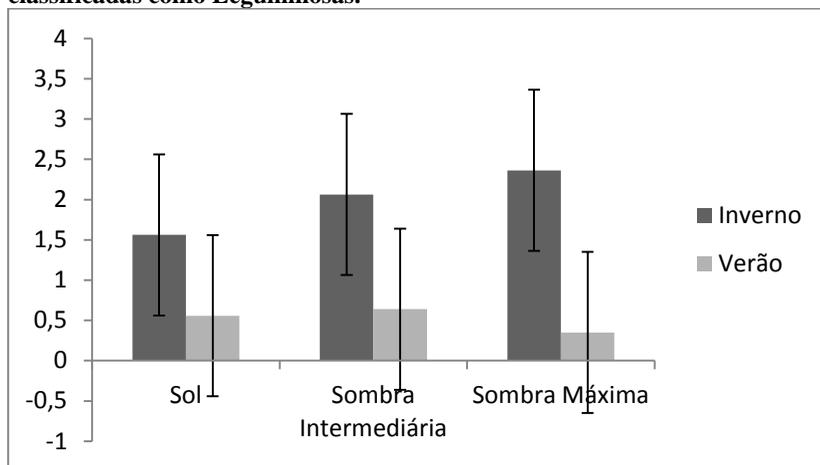
Notas:  $P = 0,05$ .

Para as plantas classificadas como Leguminosas, a Frequência Relativa do Volume de Massa Verde, apresentou diferença apenas entre o fator período do ano. Os dados observados para todos os níveis de

sombreamento apresentaram uma grande variação aleatória o que acarretou em um erro padrão elevado (Figura 18). Tal variação não é ocasionada pelos fatores considerados nesse trabalho.

O FRV das leguminosas foi maior no inverno do que no verão, mas tal diferença somente foi significativa para o nível de sombreamento *Sombra Máxima*. Tal ambiente foi o que apresentou menor incidência de RFA no verão, mas já no inverno apresentou níveis intermediários de sombreamento (Figura 3, 4 e 5). Assim, mesmo não ocorrendo diferenças de FRV entre os níveis de sombreamento, somente no ambiente cuja variação entre verão e inverno foi maior (*Sombra Máxima*), ao menos em dois períodos matutino e vespertino do dia, foi verificado diferenças entre a estação mais quente e mais fria do ano.

**Figura 18 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Leguminosas.**



Notas:  $P = 0,05$ .

As plantas classificadas como Outras, apresentaram um claro comportamento de uma FRV maior em ambientes sombreados do que em ambientes a pleno sol, independente da estação do ano e da orientação solar, apesar de ter sido observado diferenças importantes entre os ambientes que possuíram níveis de sombreamento diferentes (Figura 19).

No verão, estação mais quente do ano, as plantas Outras, formadas por espécies de plantas não forrageiras e C3, ocorreram em maior volume no nível de sombreamento que apresentou a menor incidência de RFA, caracterizado pelo nível de sombreamento *Sombra*

*Máxima* (Figura 19). Foi sob as condições de verão, orientação solar leste, que o nível *Sombra Máxima* apresentou a maior FRV observada.

Isso evidencia que tais espécies no verão se desenvolveram melhor em ambientes mais sombreados, o que corrobora com os dados encontrados na frequência de ocorrência dessas espécies. Na orientação solar oeste, cuja incidência de RFA, em alguns períodos do dia, foi menor do que a orientação leste, os níveis de sombreamento *Sombra Intermediária* e *Sol* não apresentaram diferenças entre si. Já na orientação leste, o nível *Sombra Intermediária* apresentou maior FRV, de plantas classificadas como Outras, que o nível de sombreamento *Sol* (Figura 19).

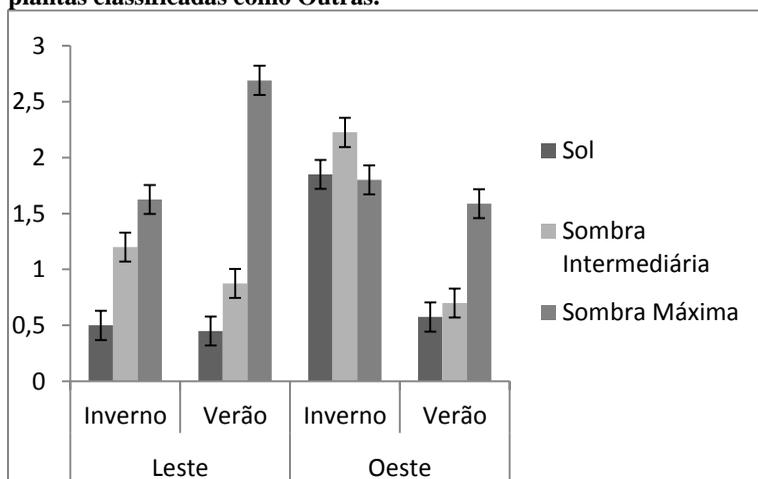
Na estação mais quente, somente observamos diferenças entre os níveis de orientação solar, no nível de sombreamento *Sombra Máxima*, o que denota mais uma vez que para esse nível de sombreamento, os níveis de orientação solar tiveram influência importante, ou seja, no verão, os ambientes com maior sombreamento foram o que apresentaram maior influência dos níveis de orientação solar (Figura 19).

No inverno, os ambientes que apresentaram as maiores FRV foram ambientes sombreados, apesar disso, foram observados comportamentos distintos dos verificados no verão. Na orientação solar

leste, o nível de sombreamento que apresentou a maior FRV foi o *Sombra Intermediária*, e na orientação leste foi o nível *Sombra Máxima*. Tal diferença em relação ao verão pode ter ocorrido tanto devido ao clima mais frio do inverno, como também à mudança na incidência de RFA que os níveis de sombreamento apresentaram entre os dois períodos do ano (Figura 19).

Na orientação leste a FRV, cada nível de sombreamento apresentou uma FRV diferente uma da outra, e já na orientação oeste, os níveis de sombreamento *Sombra Máxima* e *Sol* não apresentaram diferenças em relação à frequência de volume (Figura 19).

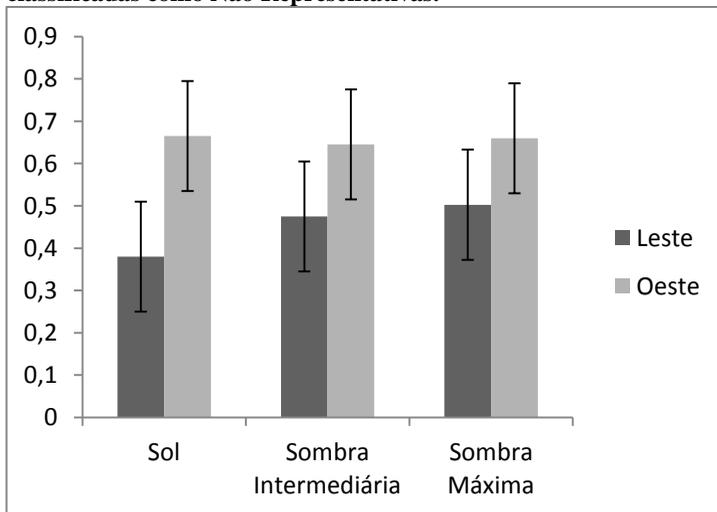
**Figura 19 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Outras.**



Notas:  $P = 0,05$ .

As plantas classificadas como Não Representativas apresentaram diferenças apenas no fator orientação solar, e tal diferença somente foi verificada no nível de sombreamento *Sol*, ambiente cuja incidência de RFA ocorreu tanto pela manhã como pela tarde, uma vez que são ambientes a pleno sol (Figura 20). Assim, a diferença observada não está relacionada com a orientação solar e sim com outro fator, não considerado nesse trabalho. A variação aleatória elevada verificada no erro padrão da media também evidenciou tal conclusão.

**Figura 20 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) classificadas como Não Representativas.**



Notas:  $P = 0,05$ .

Os fatores, período do ano e sombreamento, tiveram influência significativa no desenvolvimento vegetal das espécies classificadas como C3 e C4. A FRV observada nesses dois grupos de plantas apresentou diferenças entre as estações do ano e nível de sombreamento (Figuras 21 e 22).

As plantas classificadas como C3 apresentaram uma FRV maior no período de inverno (Figura 21), já o grupo de plantas C4 apresentou maior FRV no verão (Figura 22). Isso ocorreu, principalmente pelo fato das espécies de plantas Gramíneas, no inverno pertencerem, em sua maioria, ao grupo de plantas C3, enquanto que no verão pertenciam ao grupo C4. Tal comportamento reflete a característica das plantas C4 de não cessarem o seu crescimento, mesmo em ambiente com altas temperaturas, metabolismo que não ocorre nas plantas C3 (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Os diferentes comportamentos observados entre os níveis de sombreamento, nas diferentes estações do ano e orientação solar, também se deve, aos comportamentos distintos que foram verificados nas espécies que compõem os dois grupos de plantas C3 e C4.

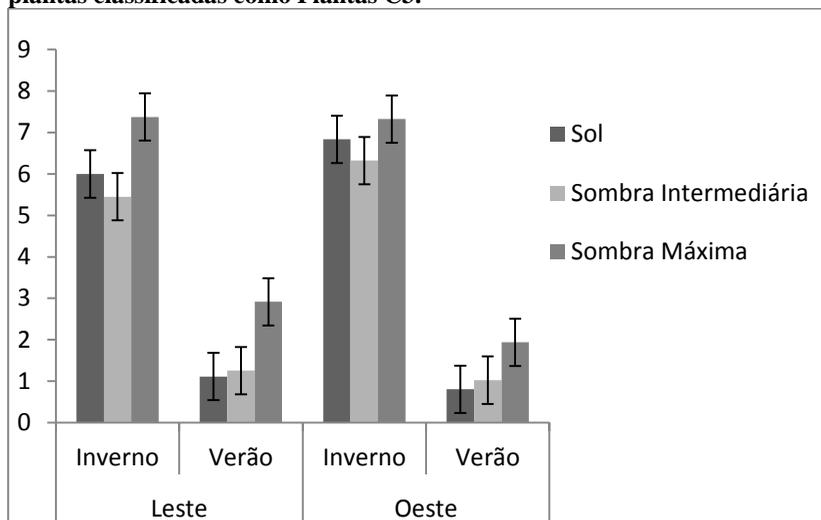
No verão as espécies não forrageiras encontradas, pertenciam ao grupo C3, no qual foi verificado um maior desenvolvimento vegetal nos ambientes sombreados da orientação solar leste (Figura 19). Esse fato

influenciou o comportamento das espécies C3 na mesma estação do ano e orientação solar (Figura 21), que apresentaram no nível de sombreamento *Sombra Máxima*, um FRV maior do que os demais níveis do mesmo fator.

No inverno, o grupo C3 também apresentou maior FRV no nível de sombreamento *Sombra Máxima*, mas diferente do verão tal fato, se deve, especialmente pela maior presença, na estação mais fria do ano e no respectivo nível de sombreamento, de espécies Leguminosas (Figura 18).

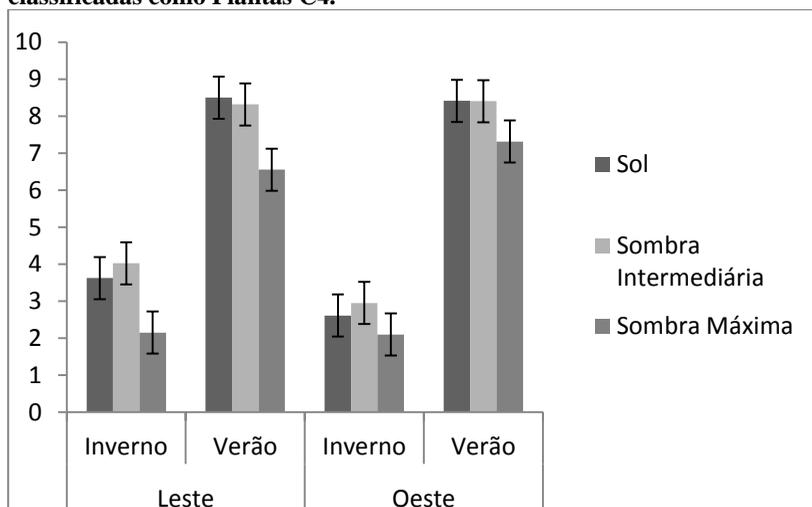
Nos dois períodos do ano para as plantas C3 e C4, foram observadas diferenças entre os níveis de sombreamento somente nos ambientes sob orientação leste (Figura 21 e 22). Assim a diferença observada na incidência de RFA, entre os ambientes sombreados das duas orientações, influenciou o desenvolvimento e o metabolismo vegetal, corroborando com os estudos que apontam a radiação solar absorvida pelos vegetais (RFA) como um fator importante para o desenvolvimento vegetal (BEGNA et al, 2002; VARELLA, 2008; MISHRA et al, 2010; PERI et al, 2007; HERNÁNDEZ & GUENNI, 2008; FERNÁNDEZ et al, 2006).

**Figura 21 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Plantas C3.**



Notas:  $P = 0,05$ .

**Figura 22 - Frequência Relativa do Volume de Massa Verde (%) de plantas classificadas como Plantas C4.**



Notas:  $P = 0,05$ .

### 5.3.2.3 Qualidade bromatológica

Como o presente trabalho foi realizado em pastagem polifítica, as variações na qualidade bromatológica da pastagem variaram nos tratamentos não somente pelo efeito direto dos diferentes níveis de sombreamento no metabolismo e na composição botânica das espécies vegetais (SOUSA, 2007; PERI et al, 2007) que estavam presentes na pastagem, mas também pelo manejo que estava submetido a pastagem.

A amostragem da pastagem foi realizada no estágio fenológico, denominado ponto ótimo de repouso (MACHADO FILHO, 2011). Como o respectivo estágio varia entre as diferentes espécies vegetais herbáceas, foi necessário escolher uma espécie para orientar a decisão do momento certo em que a pastagem deveria ser pastoreada. Essa característica implicou na amostragem de plantas que não estavam sob condição de ponto ótimo de repouso, fato que reflete a dificuldade de se realizar avaliações em pastagens polifítica, que entretanto constituem a realidade das pastagens sob PRV.

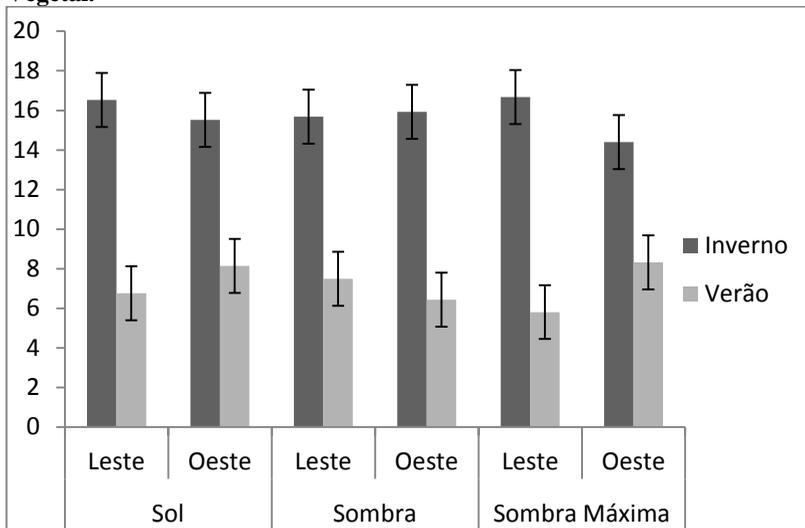
Os valores encontrados para a proteína bruta (PB), lignina, matéria orgânica e matéria mineral da matéria seca vegetal, no período do verão e inverno, não se diferenciaram quanto ao fator sombreamento e

somente a lignina apresentou uma diferença entre orientação solar (Figuras 23, 24, 25 e 26). Isso refletiu, mesmo sendo uma pastagem polifítica, a presença homogênea desses atributos nutricionais, nas plantas forrageiras sob o estágio fenológico, no qual a aceleração da curva de crescimento vegetal é zero (MACHADO, 2010) (BLASER, 1990).

As diferenças observadas entre as duas estações do ano, consideradas neste trabalho, demonstraram uma diferença na composição botânica, que exerceu influencia no teor dos atributos nutricionais estudados.

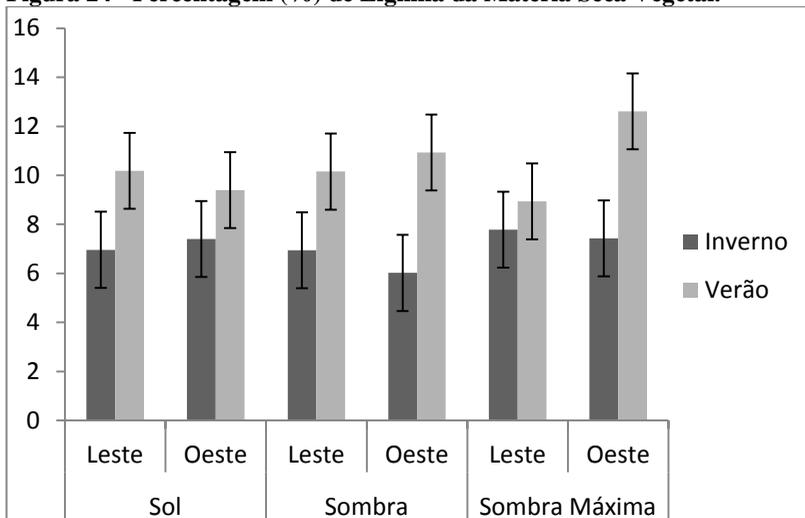
A lignina, apresentou uma diferença em teor, no nível de sombreamento *Sombra Máxima* entre as orientações leste e oeste, no período do verão, demonstrando em ambientes muito sombreados, a diferença em RFA, entre a incidência matutina ou vespertina influenciou o metabolismo vegetal (Figura 24).

**Figura 23 - Percentagem (%) de Proteína Bruta (PB) da Matéria Seca Vegetal.**



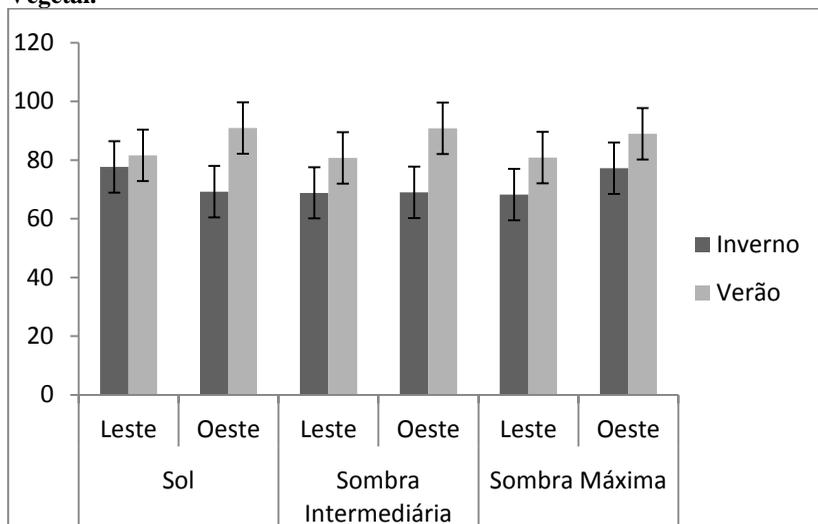
Notas:  $P = 0,05$ .

**Figura 24 - Percentagem (%) de Lignina da Matéria Seca Vegetal.**



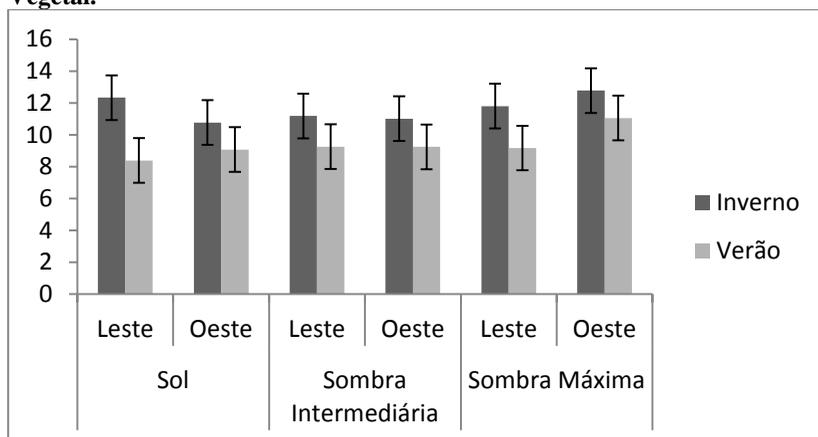
Notas:  $P = 0,05$ .

**Figura 25 - Percentagem (%) de Matéria Orgânica (MO) da Matéria Seca Vegetal.**



Notas:  $P = 0,05$ .

**Figura 26 - Percentagem (%) de Matéria Mineral (MM) da Matéria Seca Vegetal.**



Notas:  $P = 0,05$ .

## 6. CONCLUSÃO

O esforço do presente trabalho foi o de realizar uma pesquisa exploratória que permitisse indicar influências e efeitos que o componente arbóreo, no caso, a espécie Bracatinga (*Mimosa scabrella*) exerce numa pastagem polifítica sob pastoreio racional Voisin (PRV). A pastagem, neste trabalho, é compreendida como um complexo solo – planta – animal, cujo componente planta não é compreendido somente como o estrato herbáceo, mas como o estrato arbustivo e, em especial, como estrato arbóreo, já que sua presença caracteriza o referido complexo, como um sistema silvopastoril, objeto de pesquisa deste trabalho.

Diversos fatores ambientais do complexo solo – planta – animal que, segundo a bibliografia revisada podem sofrer influência do componente arbóreo na pastagem foram mensurados e analisados: a incidência luminosa, a MO do solo, o Ntotal do solo, a composição botânica, a qualidade bromatológica e MS da pastagem herbácea. Porém outros fatores ambientais que também, segundo a bibliografia exercem influência não foram considerados, como por exemplo, a dinâmica da água no solo, crescimento radicular das espécies vegetais herbáceas e a dinâmica do tamanho da área ocupada pela projeção sombra arbórea ao

longo do tempo.

Tais fatores, não foram considerados neste trabalho, devido ao desconhecimento prévio ou à limitação estrutural e operacional presente no se fazer da pesquisa. Assim a ausência desses fatores acarretou no aumento da variação entre os blocos, que conferiram repetibilidade ao delineamento experimental.

Para atingir o objetivo proposto pela presente pesquisa, foi realizada a caracterização dos vários ambientes que delimitaram os níveis de incidência luminosa da radiação solar do fator sombreamento. Verificou-se que a luz incidente na pastagem modificou-se em quantidade e qualidade na medida em que se distancia do fuste da árvore, assim como também, se modificou ao longo do foto-período do dia e ao longo das estações do ano, no caso deste trabalho, entre o verão e inverno.

A dinâmica da incidência radiação solar na pastagem verificada no verão, foi diferente, para a maior parte dos níveis de sombreamento, da dinâmica verificada no inverno, sendo que a intensidade da RFA foi maior que na estação mais fria do que na estação quente.

No verão, o movimento do Sol em relação à superfície terrestre promoveu projeções de sombra bem definidas, fazendo com que um

ambiente, caracterizado pelo nível de sombreamento *Sombra Máxima*, permanecesse sombreado a maior parte do foto-período diurno. No inverno o nível *Sombra Máxima* em ambas as orientações solares (leste e oeste), apresentaram diminuições significativas de RFA, em relação aos outros tratamentos, mas não em todos os períodos dia e nem da mesma intensidade como ocorreu no verão.

Tal dinâmica no verão diminuiu, nesses ambientes, a produção vegetal da pastagem. No inverno a diminuição da radiação solar foi observada no nível de sombreamento *Sombra Intermediária*, mas sem a concentração observada no verão. Nesses ambientes, no inverno, a produção vegetal da pastagem foi menor.

Assim os resultados corroboraram com a literatura fornecida no referencial teórico de que a luz é um fator importante para o metabolismo vegetal realizar seu crescimento, mas indicou que ambientes submetidos à sombra não necessariamente diminuem a produção vegetal, uma vez que em determinados ambientes sombreados não foi observado diminuição da produção vegetal e até mesmo apresentaram produção maior, quando comparados aos ambientes a pleno Sol.

No inverno a sombra exercida pela árvore mostrou-se capaz de diminuir a incidência de RFA na pastagem em dois níveis de sombreamento (*Sombra Máxima* e *Sombra Intermediária*), enquanto que no verão, ocorreu diminuição em apenas um nível (*Sombra Máxima*). Assim, sob as condições de inverno, a sombra foi eficiente na diminuição de incidência de RFA em distintos ambientes, do que a sombra exercida sob as condições de verão.

Os resultados das medições de luz mostraram que existem diferenças em RFA entre a radiação solar do período matutino e o período vespertino, e que esse fato tem consequência na quantidade de MS produzida, mas também, e em especial, na ocorrência e volume de massa verde das diferentes espécies vegetais herbáceas observadas na pastagem.

Alguns ambientes sombreados no verão e no inverno apresentaram produção de matéria seca igual ou maior do que ambientes submetidos à pleno sol. Tal comportamento evidencia que níveis de sombreamento não necessariamente diminuem a produção vegetal. Modificações ambientais promovidas pela proximidade dos ambientes sombreados do fuste da árvore, pela diminuição da incidência de radiação solar, podem ter proporcionado condições mais favoráveis para o desenvolvimento vegetal, mesmo com uma menor disponibilidade de RFA.

As Gramíneas apresentaram uma dinâmica de adaptabilidade maior para ambientes com maior radiação solar, mas essa adaptabilidade também se mostrou consistente para alguns ambientes sombreados. No verão e na orientação oeste, o nível de sombreamento *Sombra Intermediária* apresentou a maior frequência de ocorrência e igual frequência de volume de Gramíneas do que nível Sol, indicando que ambientes sombreados, não necessariamente prejudicam o crescimento e desenvolvimento vegetal, inclusive para as plantas C4. Tal fato também foi observado para Gramíneas C3. As leguminosas foram mais encontradas no período de inverno do que no verão e isso se deve as condições mais favoráveis para o desenvolvimento dessas espécies serem obtidas no inverno.

As plantas não forrageiras, classificadas neste trabalho como Outras, apresentaram tanto em volume como em ocorrência uma maior adaptabilidade para ambientes mais sombreados. Tal comportamento foi mais intenso no verão, período de maior temperatura e cuja concentração de sombra numa mesma área ao longo do dia foi maior do que no inverno. As espécies Não Representativas apresentaram uma ocorrência e volume muito variável ao longo dos fatores considerados nessa pesquisa.

Relacionando os resultados da pastagem com os dados de radiação

solar, observou-se ser fundamental conhecer a composição botânica, em especial, de pastagens polifíticas, e a dinâmica da sombra que as espécies arbóreas exercem na pastagem. A qualidade e quantidade da pastagem modificam-se ao longo do tempo e sob diferentes níveis de sombreamento. Tal informação é substancial para definir o manejo e melhoramento do estrato herbáceo, bem como para definir a escolha, o manejo e o desenho do estrato arbóreo em sistemas silvopastoris.

As dinâmicas da MO e do Ntotal do solo demonstraram importantes diferenças e algumas similaridades com o referencial teórico utilizado, o que aponta que sob PRV a influência do componente arbóreo na dinâmica dos componentes orgânicos do solo não segue necessariamente a mesma dinâmica verificada pelos trabalhos de silvopastoris sob pastejo contínuo.

O uso de profundidades mais superficiais para interpretar a dinâmica da MO e do Ntotal do solo se mostrou mais efetivo do que o uso da profundidade de rotina (0 – 20 cm), especialmente para o Ntotal. Se faz necessário um aporte maior de pesquisa sobre a dinâmica dos componentes orgânicos do solo em silvopastoril sob PRV, comparando diferentes profundidades.

Na profundidade de rotina (0-20cm) os ambientes mais próximos da árvore (*Sombra Máxima*) foram os que apresentaram menor teor de

MO, indicando que outros fatores além da árvore podem estar depositando material orgânico no solo. Nos ambientes sombreados a orientação leste apresentou maior MO do que a orientação oeste, indicando que a diferença entre a RFA incidente no período matutino e no período vespertino podem ter influencia na dinâmica de mineralização da MO do solo.

A ATG foi importante para a compreensão da contribuição qualitativa da árvore e da pastagem para a formação da MO do solo, mas entre os tratamentos não apresentou diferenças. Uma possibilidade para novas pesquisas é o uso desta técnica juntamente com a Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) que mede os fluxos de perda energética das amostras e que possibilita a geração de informações relevantes sobre a influência do estrato arbóreo na formação da MO do solo.

A opção por analisar os dados separadamente, foi motivada tanto por questões operacionais, como pela característica exploratória da pesquisa. Um passo importante para o avanço do conhecimento de silvopastoril sob PRV pode vir do uso de ferramentas estatísticas que possibilitem analisar as correlações entre as variáveis analisadas, bem como identificar as variáveis que exercem maior ou menor influência nos parâmetros observados.

Os trabalhos que fazem parte do referencial teórico desta pesquisa

desenvolveram estudos sobre influência do estrato arbóreo no complexo solo – planta – animal em sistemas de produção animal sob manejo extensivo ou rotacionado. Existe uma carência de conhecimentos científicos sobre como os recursos naturais se comportam no tempo e espaço em sistemas silvopastoris sob PRV.

A dinâmica dos recursos naturais, como mostra o presente trabalho, se modifica quando alteramos o manejo da pastagem. Compreender os efeitos que o componente arbóreo sob PRV exerce nos recursos naturais, em especial, nos solos e nos estrato vegetal herbáceo da pastagem, continua sendo um desafio importante para aprimorar os desenhos e manejos dos sistemas familiares de produção de leite à base de pasto.

## REFERÊNCIAS

- AMATYA, G; CHANG, S. X; BEARE, M. H; MEAD, D. J. **Soil properties under a *Pinus radiata* – ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part II. C and N of soil microbial biomass, and soil N dynamics.** *Agroforestry Systems* **54**: 149–160, 2002.
- ANDRADE, H. J; BROOK, R; IBRAHIM, M. **Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica.** In: *Plant Soil*. vol 308, p 11–22. 2008.
- BAGGIO, A. J; CARPANEZZI, A. A; GRAÇA, I. R; CECCON, E. **Sistema agroflorestal da bracinga com culturas anuais.** *Boletim de Pesquisa Florestal*. Curitiba, n°12, p. 73-82, 1986.
- BEGNA, S. H; DWYER, L. M; CLOUTIER, D; ASSEMAT, L; DITOMMASO, A; ZHOU, X; PRITHIVIRAJ, B; SMITH, D. L. **Decoupling of light intensity effects on the growth and development of C3 and C4 weed species through sucrose supplementation.** In: *Journal of Experimental Botany*. vol. 53, n° 376. p. 1935-1940, 2002.
- BERGEZ, J. E; DALZIEL, A. J. I; DULLER, C; EASON, W. R; HOPPE, G; LAVENDER, R. H. **Light modification in a developing silvopastoral system in the UK: a quantitative analysis.** In: *Agroforestry systems*. vol 37, n° 3. p. 227-240, 1997.
- BERTON, C.E. **Efeito de diferentes tempos de repouso sobre a parte aérea, sistema radicular e comportamento de pastoreio de vacas leiteiras em uma pastagem polifítica.** Dissertação de mestrado. UFSC Prog. Pós-graduação em Agroecossistemas. p. 94. 2010.
- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. (Eds.). **Mapa de Solos do Estado do Paraná. Legenda Atualizada.** Rio de Janeiro, Embrapa Florestas / Embrapa Solos / Instituto Agrônômico do Paraná, 2008. 74p.
- BLASER, R. E. **Manejo do complexo pastagem-animal para avaliação de plantas e desenvolvimento de sistemas de produção de forragens.** In: *Pastagens*. Piracicaba: FEALQ. p.157-205, 1990.
- CARDOSO, I. M. **Phosphorus in Agroforestry System: a Contribution to Sustainable Agriculture in Zona da Mata of Minas Gerais, Brazil.** Ph.D. Thesis. Wageningen University. 2002.

- CARPANEZZI, A. A.; PAGANO, S. N.; BAGGIO, A. J. **Banco de sementes de bracinga em povoamentos do sistema agroflorestal tradicional de cultivo.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 35, p. 3-19, 1997.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos.** 2 ed. Expressão Popular. São Paulo. 320p. 2006.
- CHANG, S. X; AMATYA, G; BEARE, M. H; MEAD, D. J. **Soil properties under a *Pinus radiata* – ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part I. Soil N and moisture availability, soil C, and tree growth.** In: *Agroforestry Systems* **54**: 137–147, 2002.
- COELHO, S. F; GOLÇALVES, J. L.M; MELLO, S.L.M; MOREIRA, R.M; SILVA, E.V; LACLAU, J.P. **Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas.** In: Pesquisa Agropecuária Brasileira. vol.42. no.6. 759-768. Brasília. 2007.
- CRITTER, S. A. M.; AIROLDI, C. **Thermal Analysis of Brazilian Tropical Soils Originating from Different Sources.** In: Journal Brazilian Chemistry Society, v. 17, n. 7, p. 1250-1258, 2006.
- DAUDIN, D.; SIERRA, J. **Spatial and temporal variation of below-ground N transfer from a leguminous tree to an associated grass in an agroforestry system.** Agriculture, Ecosystems and Environment 126, 275–280, 2008.
- DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, E. F.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. **Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de *Digitaria*.** In: Pesquisa Agropecuária Brasileira. vol. 41. no. 6. Brasília. 2006.
- DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S. URQUIAGA, S.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; FRANCO, A. A. **Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio.** In: Ciência Rural v. 37 n. 2. Santa Maria. 2007.
- DURR, P. A; RANGEL, J. **Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland.** In: Agroforestry Systems. vol 54, p. 99–102, 2002.
- EGERTON-WARBURTON, L. M; QUEREJETA1, J. I; ALLEN, M. F. **Common mycorrhizal networks provide a potential pathway for the transfer of hydraulically lifted water between plants.** In: Journal of Experimental Botany, vol. 58, n°. 6, p. 1473–1483, 2007.

ESTEVEES, V. I; DUARTE, A. C. Thermogravimetric properties of aquatic humic substances. In: Marine Chemistry. vol 63. p. 225-233, 1999.

FERNÁNDEZ, M. E; GYENGE, J. E; SCHLICHTER, T. M. **Growth of Festuca pallescens in silvopastoral systems in Patagonia, Part 2: Parameterization of models of stomatal conductance and leaf photosynthesis.** In: Agroforestry Systems. vol. 66 p. 271–280, 2006.

FERREIRA, L. C. B; MACHADO FILHO, L. C. P; HOETZEL, M. J; LABARRÈRE, J. G. **O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens.** In: Revista Brasileira de Agroecologia. vol. 6(1).p.137-146, 2011.

GIRALDO, L.; VÉLEZ, G. **El componente animal en los sistemas silvopastoriles.** Industrias & Producción Agropecuaria. Azoodea, Medellín, 1(3): 27-31, 1993.

GUEVARA-ESCOBAR, A; KEMP, P.D; MACKAY, A. D; HODGSON, J. **Pasture production and composition under poplar in a hill environment in New Zealand.** In: Agroforestry Systems. vol 69.199–213. 2007.

HAILE, S. G.; NAIR, V. D.; NAIR, P. K. R. **Contribution of trees to carbon storage in soils of silvopastoral systems in Florida, USA.** In: Global Change Biology. 2009.

HE, X; CRITCHLEY, C; HOCKING, BLEDSE, C. **Reciprocal N (15NH<sub>4</sub><sup>+</sup> or 15NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) transfer between nonN<sub>2</sub>-fixing *Eucalyptus maculate* and N<sub>2</sub>-fixing *Casuarina cunninghamiana* linked by the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus* sp.** In: New Phytologist. vol.163. p. 629–640, 2004.

HE, X; XU, M; QIU, G. Y; ZHOU, J. **Use of 15 N stable isotope to quantify nitrogen transfer between mycorrhizal plants.** In: Journal of Plant Ecology vol 2, n° 3, p.107–118, 2009.

HERNÁNDEZ, M; GUENNI, O. **Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (*Samanea saman* (Jacq) Merr).** In: Zootecnia Tropical. vol 26(4). p. 439-453, 2008.

HUSSAIN, Z; KEMP, P. D; HORNE, D. J; JAYA, I. K. D. Pasture production under densely planted young willow and poplar in a silvopastoral system. In: Agroforestry Systems. Vol 76. 351- 362. 2009.

JENSEN, E.S. Barley uptake of N deposited in the rhizosphere of associated field pea. *Soil Biol Biochem* 28:159–68, 1996.

KLAPP, E. **Prados e pastagens**. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1977. 872 p.

KOEPPEL, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

KRUSCHEWSKY, G. C. **Distribuição espacial de fezes de bovinos em sistema silvipastoril e em convencional: estudo de caso no noroeste do Paraná**. Dissertação de mestrado. UFSC Prog. Pós-graduação em Agroecossistemas. p. 91. 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1992.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 6. ed.- Nova Odessa. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 339 p.

MACHADO, L. C. P. **Pastoreio Racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio**. 2 ed. Expressão Popular. São Paulo. 376p. 2010.

MACHADO FILHO, L. C. P. **Conceituando o “tempo ótimo de repouso” em Pastoreio Racional Voisin**. Resumos do I Encontro Pan-Americano sobre Manejo Agroecológico de Pastagens. Chapecó, 2011.

MISHRA, A.K; TIWARI, H.S; BHATT, R.K. **Growth, biomass production and photosynthesis of *Cenchrus ciliaris* L. under *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne based silvopastoral systems in semi arid tropics**. *Journal of Environmental Biology*. V31.p. 987-993.2010

MMOLOTSI, R. M.; TEKLEHAIMANOT, Z. **Organic matter contribution to soil fertility improvement and maintenance in red Alder (*Alnus rubra*) silvopastoral systems**. In: *Journal of Forestry Research*. 2007.

MOREIRA, M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2 ed. UFLA. Lavras. 729p. 2006.

MOSQUERA-LOSADA, M. R; RODRÍGUEZ-BARREIRA, S; LÓPEZ-DÍAZ, M. L; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. **Biodiversity and silvopastoral system use change in very acid soils**. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*. vol. 13, p. 315–324, 2009.

NAIR. P. K. R.; BURESH. R. J.; MUGENDI. D. N.; LATT. C. R. **Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science.** In: BUCK. L. E., LASSOIE. J. D., FERNANDES. E. C. M. Agroforestry in sustainable agricultural systems. Buck et. al., CRC Press. Boca Raton. Florida. 1999.

NAIR. V. D.; HAILE. S. G.; MICHEL. G. A.; NAIR. P. K. R. **Environmental quality improvement of agricultural lands through silvopasture in Southeastern United States.** In: Scientia Agricola v.64. n.5. p.513-519. 2007 A.

NAIR. V. D.; NAIR. P. K. R.; KALMBACHER. R. S.; EZENWA. I. V. **Reducing nutrient loss from farms through silvopastoral practices in coarse-textured soils of Florida. USA.** In: Ecological Engineering. 2007 B.

NASAHARA, K. N. **Simple Algorithm for Estimation of Photosynthetically Active Radiation (PAR) Using Satellite Data.** In: SOLA. vol. 5, p. 030 – 040, 2009.

O'MALLEY-JAMES, J. T; RAVEN, J. A; COCKELL, C. S; GREAVES, J. S. **Life and Light: Exotic Photosynthesis in Binary and Multiple-Star Systems.** In: Astrobiology. vol. 12, n°. 2. p.115-124, 2012.

PAUDEL. B. R; UDAWATTA. R. P; KREMER. R. J; ANDERSON. S. H. **Soil quality indicator responses to row crop, grazed pasture, and agroforestry buffer management.** In: Agroforestry Systems, 2011.

PERI, P; MOOT, D. J; JARVIS, P; MCNEIL, D. L; LUCAS, R. J. **Morphological, Anatomical, and Physiological Changes of Orchardgrass Leaves Grown under Fluctuating Light Regimes.** In: Agronomy journal. vol. 99. p. 1502-1513, 2007.

PERRY, D.A.; AMARANTHUS, M.P.; BORCHERS, S.; BRAINERD, R. **Bootstrapping in ecosystems.** In: BioScience 39, 230–237, 1989.

PLANTE. A. F.; FERNÁNDEZ. J. M.; LEIFELD. J. **Application of thermal analysis techniques in soil science.** In: Geoderma v. 153. p. 1–10. 2009.

PORFÍRIO. V. S. **Modificações microclimáticas em sistema silvopastoril com *Grevillea robusta* A. Cunn. ex. R. Br. Na região noroeste do Paraná.** Dissertação de mestrado. UFSC Prog. Pós-graduação em Agroecossistemas. p. 128. 1998.

ROTTA, E; MENDES, E. M. **Fenologia da floração e frutificação da bracatinga.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do

Jordão, 1990. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v.3, p.83. Publicado na Silvicultura, n.42, 1990.

SALGADO, J.; PROUPÍN, J.; VILLANUEVA, M.; RODRÍGUEZ-AÑÓN, J. A.; BARROS, N. **Effect of the soil uses on their thermal stability**. In: Journal Thermal Analyses Calorimetry, 2009 A.

SALGADO, J.; VILLANUEVA, M.; NÚÑEZ-FERNÁNDEZ, O.; PROUPÍN-CASTIÑEIRAS, J.; BARROS, N.; RODRÍGUEZ-AÑÓN, J. A. **Calorimetric seasonal characterization of culture and pasture soils**. In: Journal Thermal Analyses Calorimetry, v. 98, p. 293–298, 2009 B.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT user's guide**. Version 8.2. ed. Cary. 2002.

SCARPETTA, L. C. M. **APORTE DE BIOMASSA DA SERRAPILHEIRA DE BRACATINGA EM CAMPOS COM SISTEMA SILVIPASTORIL**. Curitiba: UCP. 2010. 40.p. (Monografia de Especialização em Gestão dos Recursos Naturais).

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendometria e inventário floresta**. Viçosa: Ed. UFV, 276 p. 2006.

SOUSA; L. F; MAURÍCIO, R. M; GONÇALVES, L. C; SALIBA, E. O. S; MOREIRA, G. R. **Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril**. In: Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. vol.59 n°.4, 2007.

SOKAL. R. R; ROHLF. J. **Biometry**. 4 ed. W. H. Freeman. 88p. 2005.

WALKLEY, A; BLACK, I. A. **An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method**. Soil Science. vol. 37, p.29-37. 1934.

WONG, C. C; WILSON, J. R. **Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and Siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies**. In: Australian Journal of Agricultural Research. vol 31(2). p. 269 – 285, 1990.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre. 4 ed, Artmed, 2009, 819 p.

TEDESCO, M. J. **Análise de solo, plantas e outros minerais**. UFRGS: Depto. de Solos. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 1995. 174p.

TIBBETT, M.; SANDERS, F.E. **Ectomycorrhizal symbiosis can enhance plant nutrition through improved access to discrete organic nutrient patches of right resource quality**. In: *Annals of Botany* 89: 783-789, 2002.

VALLADARES, F; NIINEMETS, U. **Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences**. In: *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. vol. 39: p. 237–57, 2008.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. **Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents**. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **50** (1967), p. 50–55.

VARELA, A. C.; RIBASKI, J.; SILVA, V. P.; SOARES, A. B.; MORAES, A. B.; MORAIS, H.; SAIBRO, J. C.; BARRO, R. S.; POLI, C. H. E. C.; PAULINO, B. M. **Recomendações para a escolha e manejo de plantas forrageiras em sistemas silvipastoris no Sul do Brasil**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2008. Não paginado. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 76).

VARELA, A. C.; SILVA, V. P.; RIBASKI, J.; SOARES, A. B.; MORAES, A. B.; MORAIS, H.; SAIBRO, J. C.; BARRO, R. S. **Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta pecuária no Sul do Brasil**. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONANELI, R. S. (Ed.). *Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sulbrasileira*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 283-328.

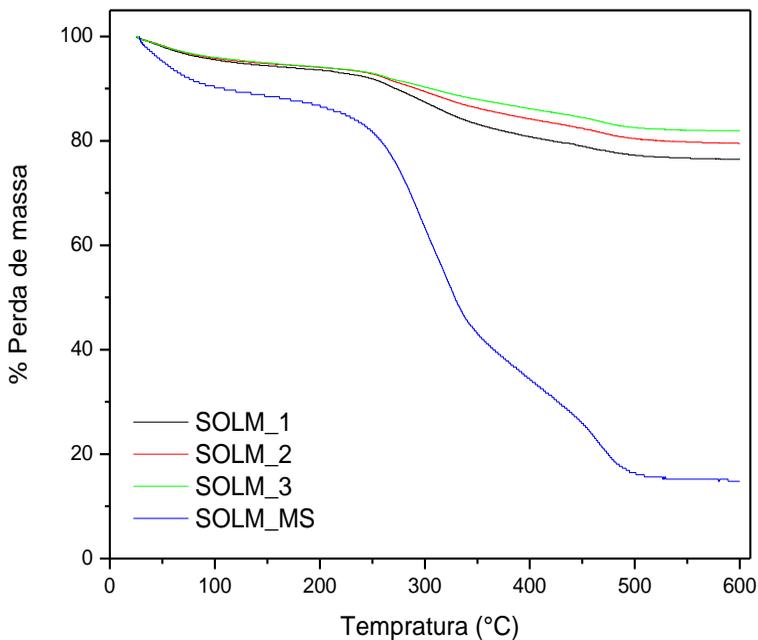
VICENZI, M. L. **Reflexões sobre o uso das pastagens cultivadas de inverno em Santa Catarina**. p. 109. Monografia (Concurso Professor Titular)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.

VOISIN, A. **Produtividade do pasto**. São Paulo. Mestre Jon. 1974. 520 p.

ZAVALA, M. A; ANGULO, O; BRAVO DE LA PARRA, R; LÓPEZ-MARCOS, J. C. **An analytical model of stand dynamics as a function of tree growth, mortality and recruitment: The shade tolerance-stand structure hypothesis revisited**. In: *Journal of Theoretical Biology*. vol 244.p. 440–450, 2007.

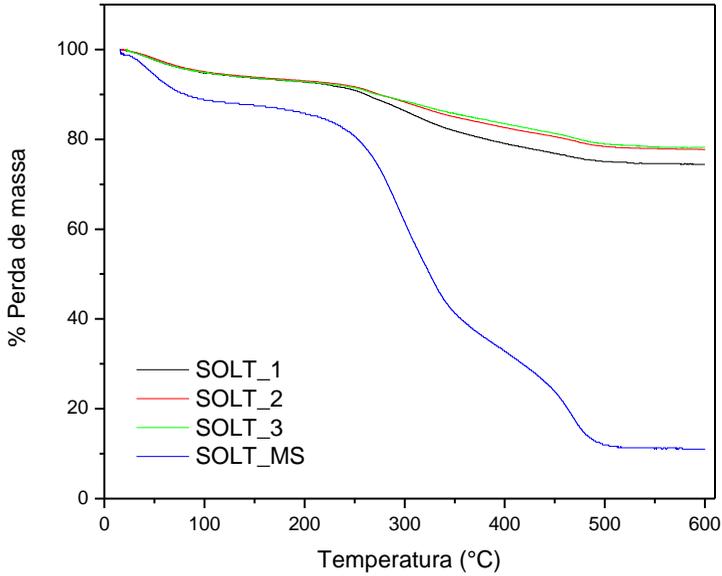
## APÊNDICE A – ANÁLISE TERMOGRAVIMETRIA (ATG) DA MATÉRIA SECA (MS) DA PASTAGEM E DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) DO SOLO

### 1. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo nas profundidades (0-2,5cm, 2,5-5,0cm, 0-20,0cm) no tratamento Sol (oeste)



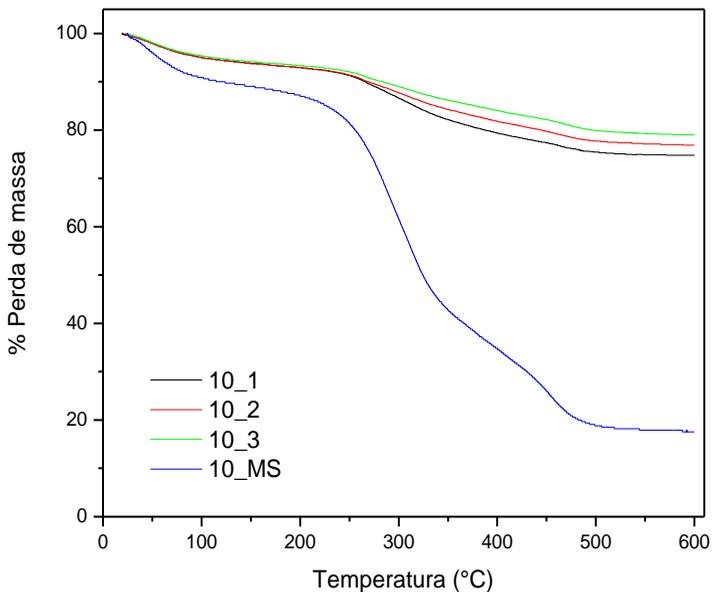
Nota: SOLM\_1 = Sol (oeste) (0-2,5cm); SOLM\_2 = Sol (oeste) (2,5-5,0cm); SOLM\_3 = Sol (oeste) (0-20,0); SOLM\_MS = Sol (oeste) Matéria Seca da Pastagem.

**2. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo nas profundidades (0-2,5cm, 2,5-5,0cm, 0-20,0cm) no tratamento Sol (leste)**



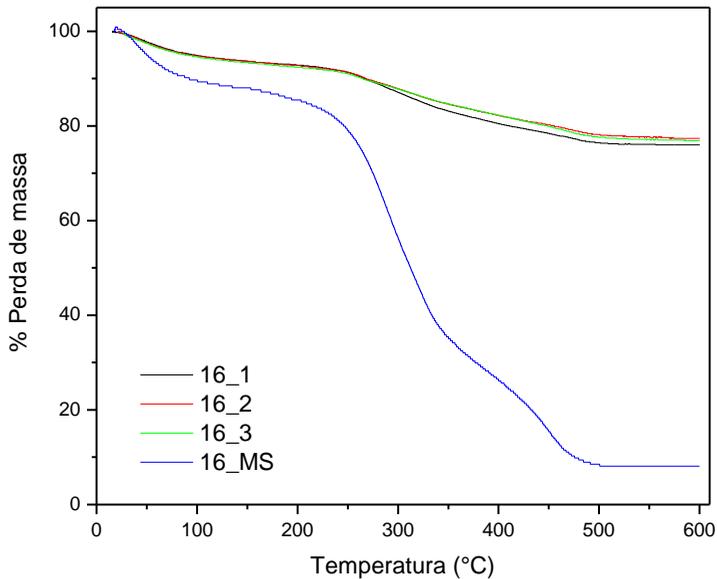
Nota: SOLT\_1 = Sol (leste) (0-2,5cm); SOLT\_2 = Sol (leste) (2,5-5,0cm); SOLT\_3 = Sol (leste) (0-20,0); SOLT\_MS = Sol (leste) Matéria Seca da Pastagem.

**3. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo nas profundidades (0-2,5cm, 2,5-5,0cm, 0-20,0cm) no tratamento Sombra Manhã.**



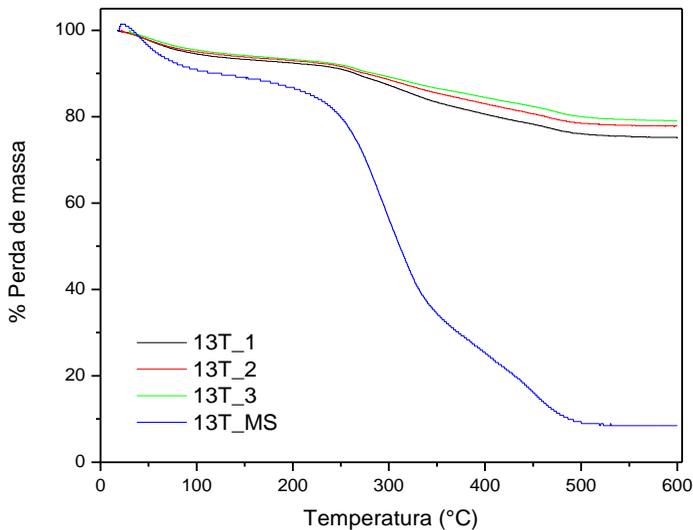
Nota: 10\_1 = Sombra Manhã (0-2,5cm); 10\_2 = Sombra Manhã (2,5-5,0cm); 10\_3 = Sombra Manhã (0-20,0); 10\_MS = Sombra Manhã da Matéria Seca da Pastagem.

**4. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo nas profundidades (0-2,5cm, 2,5-5,0cm, 0-20,0cm) no tratamento Sombra Intermediária (leste).**



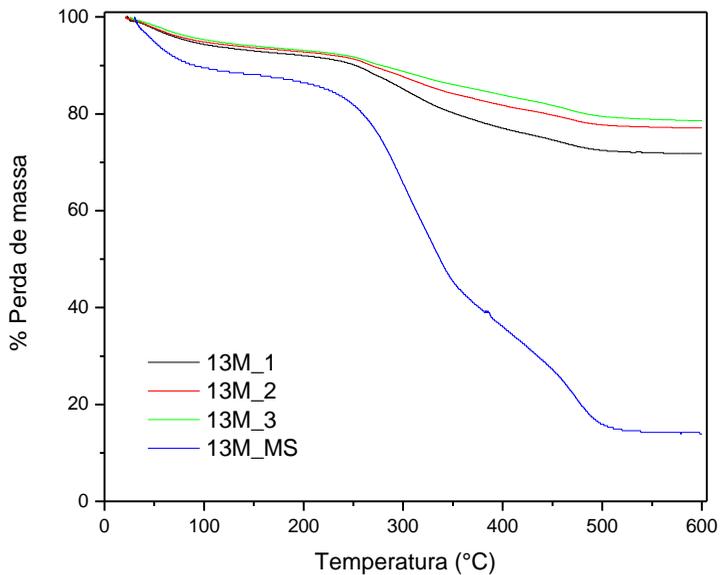
Nota: 16\_1 = Sombra Intermediária (leste) (0-2,5cm); 16\_2 = Sombra Intermediária (leste) (2,5-5,0cm); 16\_3 = Sombra Intermediária (leste) (0-20,0); 16\_MS = Sombra Intermediária (leste) da Matéria Seca da Pastagem.

**5. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo nas profundidades (0-2,5cm, 2,5-5,0cm, 0-20,0cm) no tratamento Sombra Máxima(leste).**



Nota: 13T\_1 = Sombra Máxima (leste) (0-2,5cm); 13T\_2 = Sombra Máxima (leste) (2,5-5,0cm); 13T\_3 = Sombra Máxima (leste) (0-20,0); 13T\_MS = Sombra Máxima (leste) da Matéria Seca da Pastagem.

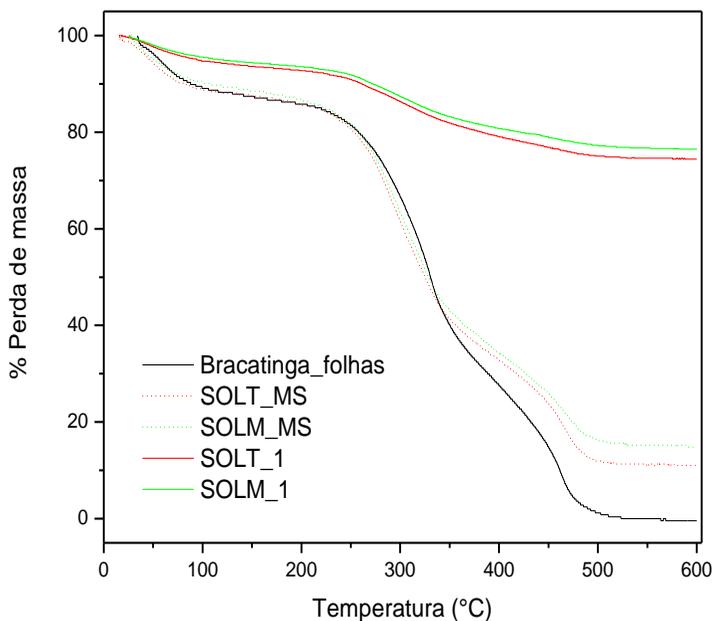
**6. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo nas profundidades (0-2,5cm, 2,5-5,0cm, 0-20,0cm) no tratamento Sombra Máxima(oeste).**



Nota: 13M\_1 = Sombra Máxima (oeste) (0-2,5cm); 13M\_2 = Sombra Máxima (oeste) (2,5-5,0cm); 13M\_3 = Sombra Máxima (oeste) (0-20,0); 13M\_MS = Sombra Máxima (oeste) da Matéria Seca da Pastagem.

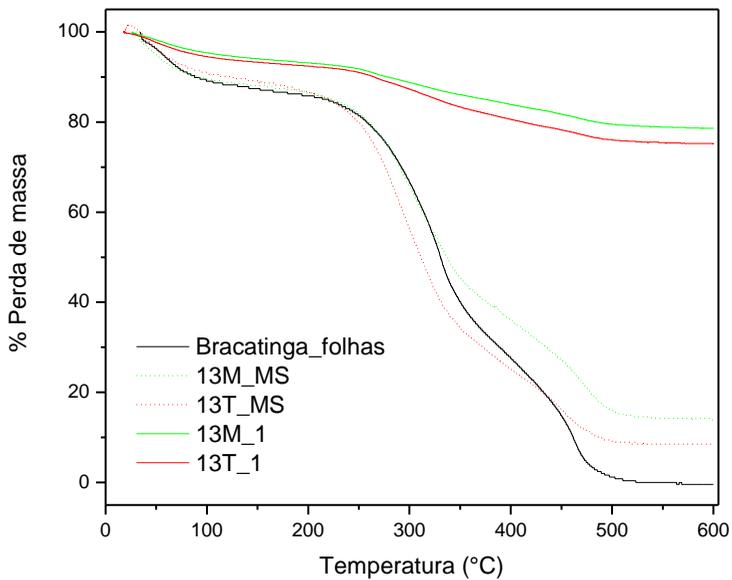
## APÊNDICE B – ANÁLISE TERMOGRAVIMETRIA (ATG) DA FOLHA DA BRACATINGA, DA MATÉRIA SECA (MS) DA PASTAGEM E DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) DO SOLO

### 1. Análise Termogravimétrica (ATG) da Folha da Bracatinga, da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) nos tratamentos Sol (oeste) e Sol (leste)



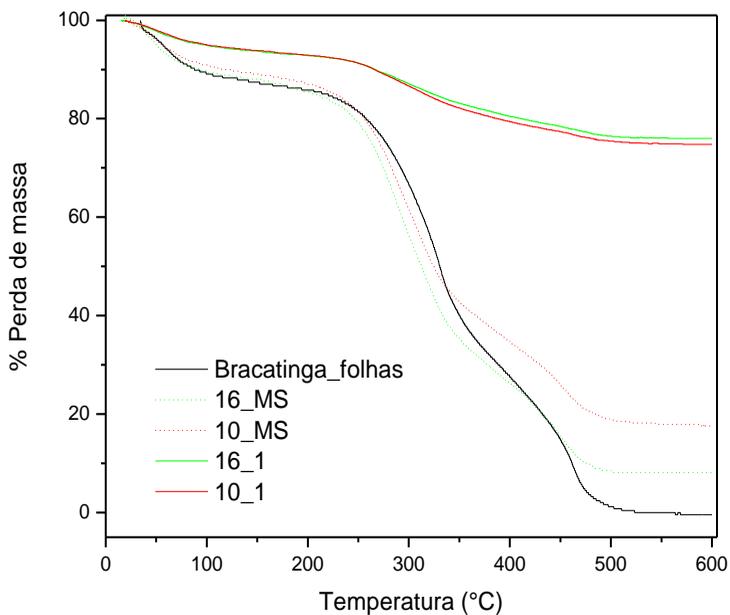
Nota: SOLT\_MS = Sol (leste) da Matéria Seca da Pastagem; SOLM\_MS = Sol (oeste) da Matéria Seca da Pastagem; SOLT\_1 = Sol (leste) (0-2,5cm); SOLM\_1 = Sol (leste) (0-2,5cm).

**2. Análise Termogravimétrica (ATG) da Folha da Bracatinga, da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) nos tratamentos Sombra Máxima (oeste) e Sombra Máxima (leste)**



Nota: 13M\_MS = Sombra Máxima (oeste) da Matéria Seca da Pastagem; 13T\_MS = Sombra Máxima (leste) da Matéria Seca da Pastagem; 13M\_1 = Sombra Máxima (oeste) (0-2,5cm); 13T\_1 = Sombra Máxima (leste) (0-2,5cm).

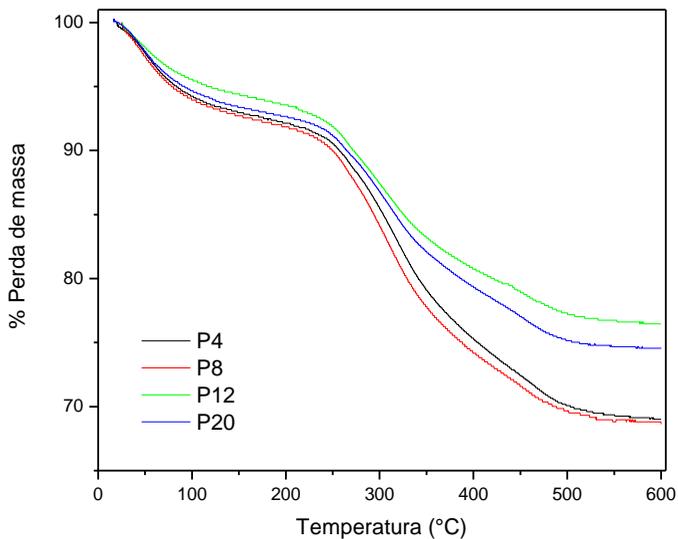
**3. Análise Termogravimétrica (ATG) da Folha da Bracatinga, da Matéria Seca (MS) da Pastagem e da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) nos tratamentos Sombra Intermediária da face oeste e da face leste.**



Nota: 16\_MS = Sombra Intermediária (leste) da Matéria Seca da Pastagem; 10\_MS = Sombra Intermediária (oeste) da Matéria Seca da Pastagem; 16\_1 = Sombra Intermediária (leste) (0-2,5cm); 10\_1 = Sombra Intermediária (oeste) (0-2,5cm).

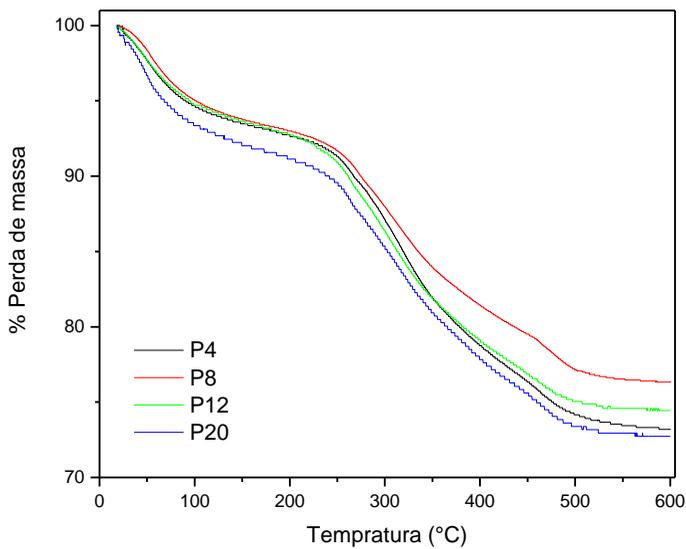
## APÊNDICE C – ANÁLISE TERMOGRAVIMETRIA (ATG) DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) DO SOLO NA PROFUNDIDADE 0-2,5 CM

### 1. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) no tratamento Sol (oeste).



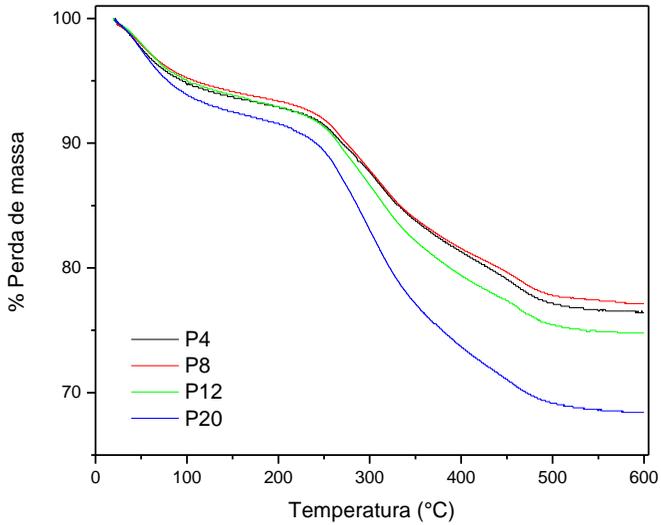
Nota: P4 = Repetição B (Bloco B); P8 = Repetição C (Bloco C); P12 = Repetição A (Bloco A); P20 = Repetição D (Bloco D).

**2. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) no tratamento Sol (leste).**



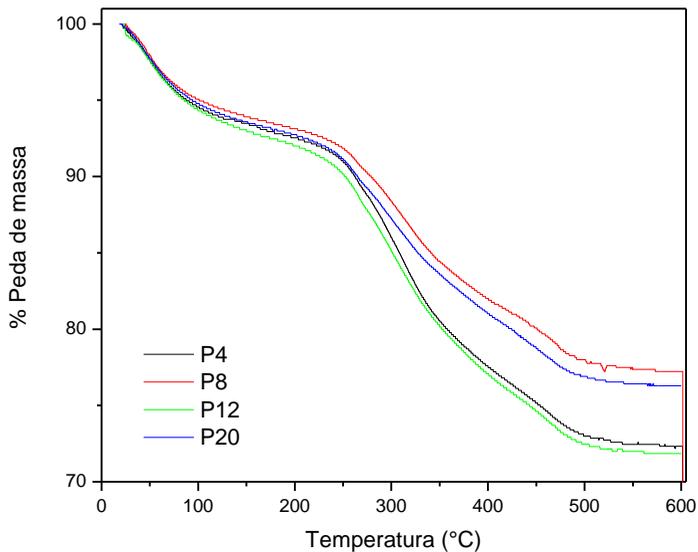
Nota: P4 = Repetição B (Bloco B); P8 = Repetição C (Bloco C); P12 = Repetição A (Bloco A); P20 = Repetição D (Bloco D).

**3. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) no tratamento Sombra Intermediária (oeste)**



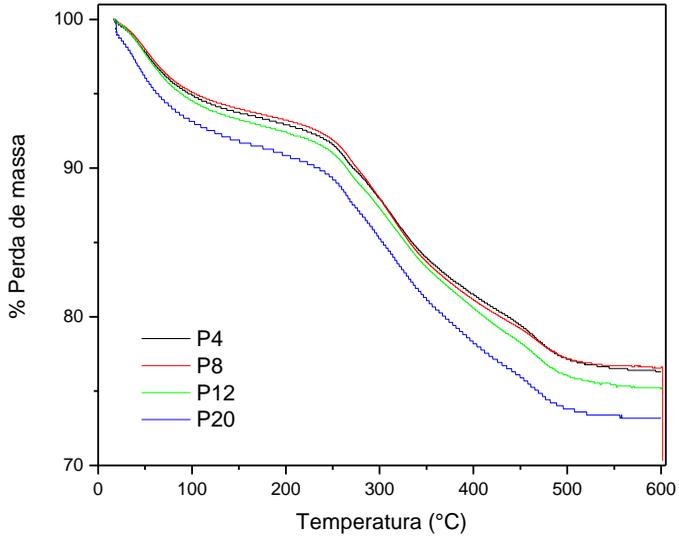
Nota: P4 = Repetição B (Bloco B); P8 = Repetição C (Bloco C); P12 = Repetição A (Bloco A); P20 = Repetição D (Bloco D).

**4. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) no tratamento Sombra Máxima (oeste)**



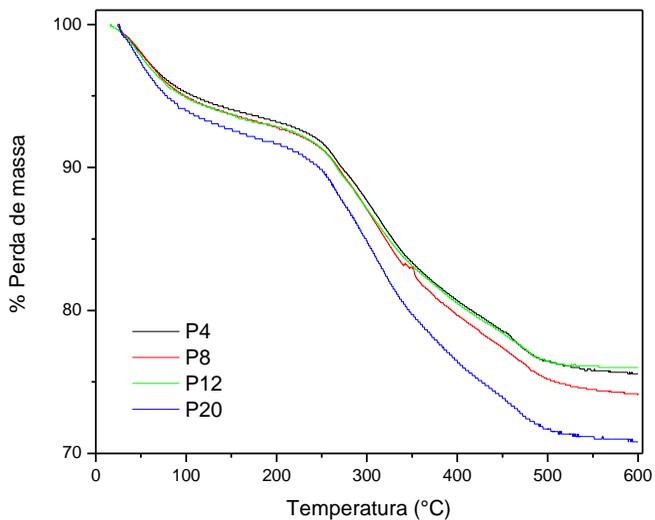
Nota: P4 = Repetição B (Bloco B); P8 = Repetição C (Bloco C); P12 = Repetição A (Bloco A); P20 = Repetição D (Bloco D).

**5. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) no tratamento Sombra Máxima (leste)**



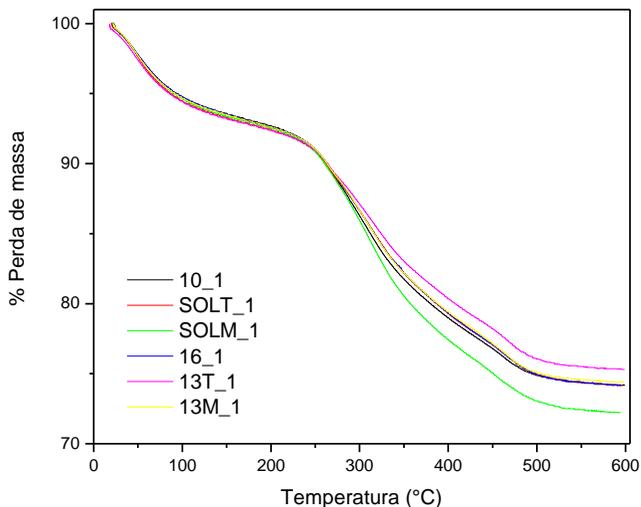
Nota: P4 = Repetição B (Bloco B); P8 = Repetição C (Bloco C); P12 = Repetição A (Bloco A); P20 = Repetição D (Bloco D).

**6. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) no tratamento Sombra Intermediária (leste)**



Nota: P4 = Repetição B (Bloco B); P8 = Repetição C (Bloco C); P12 = Repetição A (Bloco A); P20 = Repetição D (Bloco D).

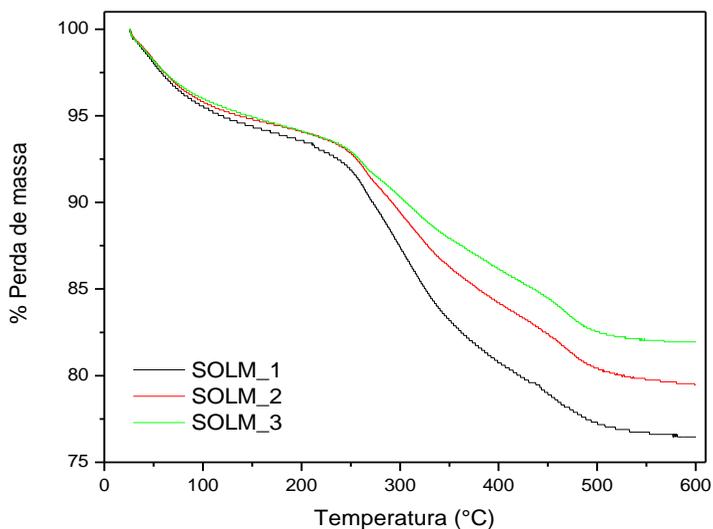
**7. Média da Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo na profundidade (0-2,5cm) das repetições A, B, C e D em todos tratamentos**



Nota: 10\_1= Sombra Intermediária (oeste) (0-2,5cm); SOLT\_1= Sol (leste) (0-2,5cm); SOLM\_1= Sol (oeste) (0-2,5cm); 16\_1= Sombra Intermediária (leste) (0-2,5cm); 13T\_1= Sombra Máxima (leste) (0-2,5cm); 13M\_1= Sombra Máxima (oeste) (0-2,5cm).

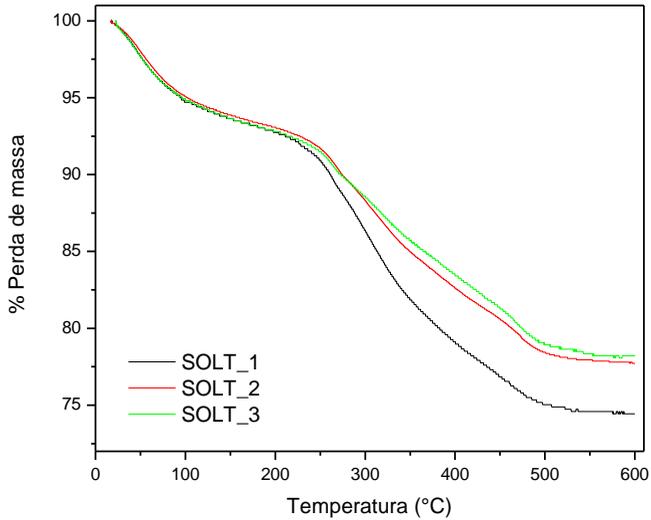
## APÊNDICE D – ANÁLISE TERMOGRAVIMETRIA (ATG) DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) DO SOLO NAS PROFUNDIDADES 0-2,5 CM; 2,5-5,0 CM E 0-20 CM

### 1. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo no tratamento Sol (oeste) nas profundidades 0-2,5cm, 2,5 – 5,0 e 0-20cm.



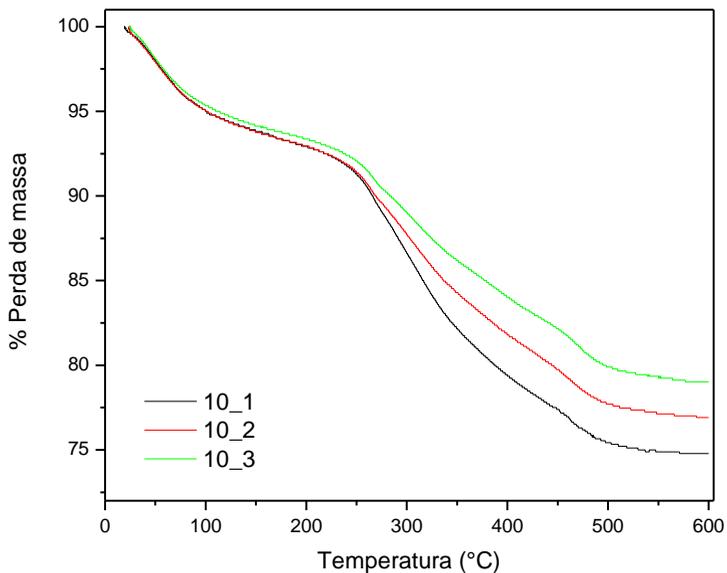
Nota: SOLM\_1= Sol (oeste) (0-2,5cm); SOLM\_2= Sol (oeste) (2,5-5,0 cm); SOLM\_3= Sol (oeste) (0-20,0cm);

**2. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo no tratamento Sol (leste) nas profundidades 0-2,5cm, 2,5 – 5,0 e 0-20cm.**



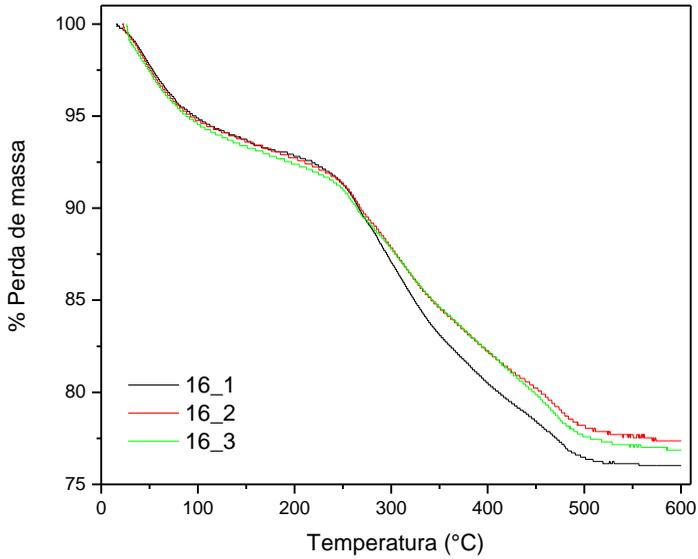
Nota: SOLT\_1= Sol (leste) (0-2,5cm); SOLT\_2= Sol (leste) (2,5-5,0 cm); SOLT\_3= Sol (leste) (0-20,0cm);

**3. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo no tratamento Sombra Intermediária (oeste) nas profundidades 0-2,5cm, 2,5 – 5,0 e 0-20cm.**



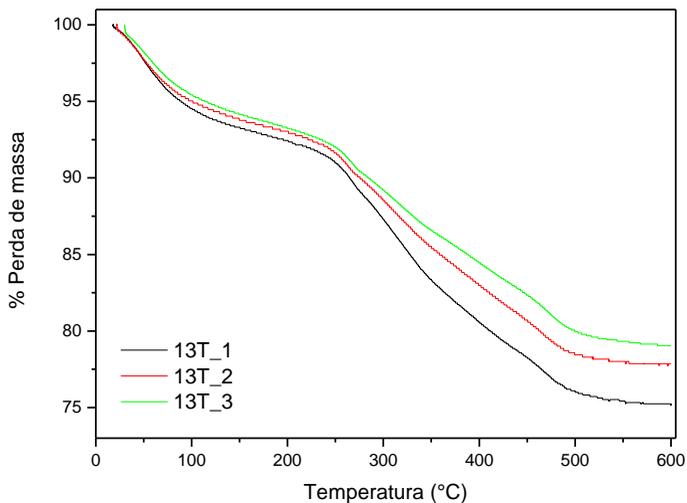
Nota: 10\_1= Sombra Intermediária (oeste) (0-2,5cm);  
10\_2= Sombra Intermediária (oeste) (2,5-5,0 cm); 10\_3=  
Sombra Intermediária (oeste) (0-20,0cm);

**4. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo no tratamento Sombra Intermediária (leste) nas profundidades 0-2,5cm, 2,5 – 5,0 e 0-20cm.**



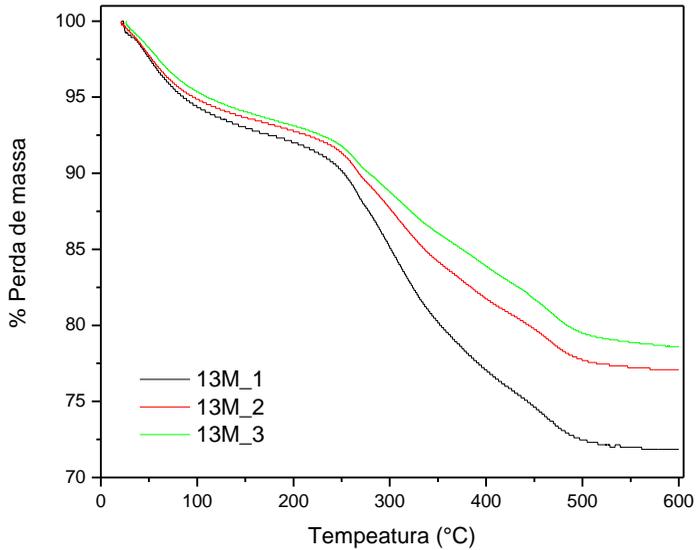
Nota: 16\_1= Sombra Intermediária (leste) (0-2,5cm);  
16\_2= Sombra Intermediária (leste) (2,5-5,0 cm); 16\_3=  
Sombra Intermediária (leste) (0-20,0cm);

**5. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo no tratamento Sombra Máxima (leste) nas profundidades 0-2,5cm, 2,5 – 5,0 e 0-20cm.**



Nota: 13T\_1= Sombra Máxima (leste) (0-2,5cm);  
13T\_2= Sombra Máxima (leste) (2,5-5,0 cm); 13T\_3=  
Sombra Máxima (leste) (0-20,0cm);

**6. Análise Termogravimétrica (ATG) da Matéria Orgânica (MO) do Solo no tratamento Sombra Máxima (oeste) nas profundidades 0-2,5cm, 2,5 – 5,0 e 0-20cm.**



Nota: 13M\_1= Sombra Máxima (oeste) (0-2,5cm);  
13M\_2= Sombra Máxima (oeste) (2,5-5,0 cm);  
13M\_3= Sombra Máxima (oeste) (0-20,0cm);

**APÊNDICE E – TABELAS COM OS DADOS REFERENTES ÀS  
FIGURAS APRESENTADAS**

FATORES		RFA MANHÃ				RFA MEIO DIA				RFA TARDE			
		Período	Média	Erro Padrão	( $\pm$ )	Período	Média	Erro Padrão	( $\pm$ )	Período	Média	Erro Padrão	( $\pm$ )
1.	Média e Erro Padrão da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) incidente nos fatores.												
	<b>Sombreamento</b>	<b>Orientação Solar</b>	<b>Período</b>	<b>Média</b>	<b>Erro Padrão</b>								
	Sol	Leste	Verão	771,76	69,09	1581,56	89,86	473,26	58,71				
	Sol	Leste	Inverno	1405,49	69,09	1800,88	89,86	1331,45	58,71				
	Sol	Oeste	Verão	771,76	69,09	1581,56	89,86	473,26	58,71				
	Sol	Oeste	Inverno	1405,49	69,09	1800,88	89,86	1331,45	58,71				
	Sombra Intermediária	Leste	Verão	750,92	69,09	1558,49	89,86	401,12	58,71				
	Sombra Intermediária	Leste	Inverno	1119,32	69,09	1762,68	89,86	404,60	58,71				
	Sombra Intermediária	Oeste	Verão	725,18	69,09	1602,18	89,86	433,58	58,71				
	Sombra Intermediária	Oeste	Inverno	479,53	69,09	1599,84	89,86	1100,82	58,71				
	Sombra Máxima	Leste	Verão	586,00	69,09	665,59	89,86	240,08	58,71				
	Sombra Máxima	Leste	Inverno	1217,22	69,09	631,31	89,86	1061,46	58,71				
	Sombra Máxima	Oeste	Verão	387,08	69,09	671,95	89,86	284,86	58,71				
	Sombra Máxima	Oeste	Inverno	1387,54	69,09	621,48	89,86	1232,67	58,71				

Nota: RFA Manhã = 9h (verão) e 10h (inverno); RFA Meio Dia = 12h (verão) e 13h (inverno); RFA Tarde = 15h (verão) e 16h (inverno).  $P = 0,05$ .

## 2. Média e Erro Padrão da Matéria Orgânica (MO) do solo.

FATORES		MO1 (%)		MO2 (%)		MO3 (%)	
Sombreamento	Orientação Solar	Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão
			( $\pm$ )		( $\pm$ )		( $\pm$ )
Sol	Leste	22,23	4,65	8,37	0,66	6,32	0,46
Sol	Oeste	12,67	4,65	7,02	0,66	5,70	0,46
Sombra Intermediária	Leste	9,22	4,65	7,17	0,66	6,85	0,46
Sombra Intermediária	Oeste	19,27	4,65	7,48	0,66	6,56	0,46
Sombra Máxima	Leste	5,79	4,65	8,30	0,66	6,83	0,46
Sombra Máxima	Oeste	24,42	4,65	8,07	0,66	6,68	0,46

Nota: MO1 = profundidade 0 – 2,5 cm; MO2 = profundidade 2,5 – 5,0 cm; MO3 = profundidade 0 – 20,0.  $P = 0,05$ .

## 3. Média e Erro Padrão do Nitrogênio Total (Nt) do solo presente nos fatores.

FATORES		Nt 1 (%)		Nt 2 (%)		Nt 3 (%)	
Sombreamento	Orientação Solar	Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão
			( $\pm$ )		( $\pm$ )		( $\pm$ )
Sol	Leste	0,66	0,08	0,51	0,08	0,27	0,05
Sol	Oeste	0,55	0,08	0,45	0,08	0,27	0,05
Sombra Intermediária	Leste	0,54	0,08	0,31	0,08	0,28	0,05
Sombra Intermediária	Oeste	0,53	0,08	0,34	0,08	0,38	0,05
Sombra Máxima	Leste	0,55	0,08	0,41	0,08	0,29	0,05
Sombra Máxima	Oeste	0,39	0,08	0,43	0,08	0,25	0,05

Nota: Nt1 = profundidade 0 – 2,5 cm; Nt2 = profundidade 2,5 – 5,0 cm; Nt3 = profundidade 0 – 20,0.  $P = 0,05$ .

4. Média e Erro Padrão do Peso da Matéria Seca (MS) corrigida das plantas.

FATORES			PESO MS CORRIGIDA	
Sombreamento	Orientação Solar	Período	Média	Erro Padrão ( $\pm$ )
Sol	Leste	Verão	54,66	5,22
Sol	Leste	Inverno	14,83	5,22
Sol	Oeste	Verão	53,15	5,22
Sol	Oeste	Inverno	19,08	5,22
Sombra Intermediária	Leste	Verão	51,92	5,22
Sombra Intermediária	Leste	Inverno	10,19	5,22
Sombra Intermediária	Oeste	Verão	60,74	5,22
Sombra Intermediária	Oeste	Inverno	7,58	5,22
Sombra Máxima	Leste	Verão	40,10	5,22
Sombra Máxima	Leste	Inverno	17,07	5,22
Sombra Máxima	Oeste	Verão	40,89	5,22
Sombra Máxima	Oeste	Inverno	11,31	5,22

Nota:  $P = 0,05$ .

5. Média e Erro Padrão da Frequência Relativa de Ocorrência de Espécies Vegetais (FRO) classificadas quanto à família botânica.

FATORES	Orientação Solar	Período	GRAMÍNEAS		LEGUMINOSAS		OUTRAS		NÃO REPRESENTATIVAS	
			Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)
Sol	Leste	Verão	67,50	5,75	9,83	4,55	4,50	4,33	18,17	4,06
Sol	Leste	Inverno	64,50	5,75	18,17	4,55	7,00	4,33	10,33	4,06
Sol	Oeste	Verão	62,00	5,75	7,50	4,55	6,50	4,33	24,00	4,06
Sol	Oeste	Inverno	52,67	5,75	10,33	4,55	14,67	4,33	22,33	4,06
Sombra Intermediária	Leste	Verão	60,33	5,75	17,33	4,55	6,67	4,33	15,67	4,06
Sombra Intermediária	Leste	Inverno	56,00	5,75	20,67	4,55	8,17	4,33	15,17	4,06
Sombra Intermediária	Oeste	Verão	65,00	5,75	5,83	4,55	5,83	4,33	23,33	4,06
Sombra Intermediária	Oeste	Inverno	46,50	5,75	17,17	4,55	19,17	4,33	17,17	4,06
Sombra Máxima	Leste	Verão	46,67	5,75	7,50	4,55	27,50	4,33	18,33	4,06
Sombra Máxima	Leste	Inverno	52,83	5,75	20,67	4,55	12,83	4,33	13,67	4,06
Sombra Máxima	Oeste	Verão	57,67	5,75	4,17	4,55	12,83	4,33	25,33	4,06
Sombra Máxima	Oeste	Inverno	48,50	5,75	22,33	4,55	14,33	4,33	14,83	4,06

Nota:  $P = 0,05$ .

6. Média e Erro Padrão da Frequência Relativa de Volume (FRV) de plantas classificadas quanto à fisiologia.										
FATORES					CC3		CC4		NÃO REPRESENTATIVAS	
Sombreamento	Orientação Solar	Período	Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)
Sol	Leste	Verão	1,11	0,57	8,50	0,57	0,39	0,13		
Sol	Leste	Inverno	6,00	0,57	3,63	0,57	0,38	0,13		
Sol	Oeste	Verão	0,80	0,57	8,42	0,57	0,78	0,13		
Sol	Oeste	Inverno	6,84	0,57	2,61	0,57	0,55	0,13		
Sombra Intermediária	Leste	Verão	1,26	0,57	8,32	0,57	0,43	0,13		
Sombra Intermediária	Leste	Inverno	5,45	0,57	4,03	0,57	0,53	0,13		
Sombra Intermediária	Oeste	Verão	1,03	0,57	8,41	0,57	0,57	0,13		
Sombra Intermediária	Oeste	Inverno	6,33	0,57	2,95	0,57	0,73	0,13		
Sombra Máxima	Leste	Verão	2,92	0,57	6,56	0,57	0,53	0,13		
Sombra Máxima	Leste	Inverno	7,38	0,57	2,15	0,57	0,48	0,13		
Sombra Máxima	Oeste	Verão	1,94	0,57	7,32	0,57	0,74	0,13		
Sombra Máxima	Oeste	Inverno	7,33	0,57	2,10	0,57	0,58	0,13		

Nota:  $P = 0,05$

7. Média e Erro Padrão da Qualidade Bromatológica das Plantas presentes na pastagem.										
FATORES	Orientação Solar	Período	PROTEÍNA BRUTA (%)		LIGNINA (%)		MATÉRIA ORGÂNICA (%)		MATÉRIA MINERAL (%)	
			Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)	Média	Erro Padrão (±)
Sol	Leste	Verão	6,77	1,36	10,18	1,55	81,61	8,76	8,39	1,40
Sol	Leste	Inverno	16,52	1,36	6,96	1,55	77,67	8,76	12,33	1,40
Sol	Oeste	Verão	8,15	1,36	9,40	1,55	90,93	8,76	9,07	1,40
Sol	Oeste	Inverno	15,53	1,36	7,40	1,55	69,24	8,76	10,76	1,40
Sombra Intermediária	Leste	Verão	7,50	1,36	10,15	1,55	80,75	8,76	9,25	1,40
Sombra Intermediária	Leste	Inverno	15,69	1,36	6,94	1,55	68,82	8,76	11,18	1,40
Sombra Intermediária	Oeste	Verão	6,44	1,36	10,93	1,55	90,76	8,76	9,24	1,40
Sombra Intermediária	Oeste	Inverno	15,93	1,36	6,02	1,55	68,99	8,76	11,01	1,40
Sombra Máxima	Leste	Verão	5,81	1,36	8,94	1,55	80,83	8,76	9,17	1,40
Sombra Máxima	Leste	Inverno	16,67	1,36	7,78	1,55	68,21	8,76	11,79	1,40
Sombra Máxima	Oeste	Verão	8,31	1,36	12,61	1,55	88,95	8,76	11,05	1,40
Sombra Máxima	Oeste	Inverno	14,39	1,36	7,43	1,55	77,22	8,76	12,78	1,40

Nota:  $P = 0,05$ .

## APÊNDICE F – TABELA DE DADOS METEREOLÓGICOS

Dia	Verão		Dia	Inverno	
	Precipitação (mm)	Temperatura Média (°C)		Precipitação (mm)	Temperatura Média (°C)
17/01/2011	12,2	21,3	29/08/2011	0,0	23,0
18/01/2011	39,0	21,2	30/08/2011	44,6	17,3
19/01/2011	8,6	20,3	31/08/2011	0,2	13,4
20/01/2011	10,2	21,1	01/09/2011	0,0	10,4
21/01/2011	14,0	20,4	02/09/2011	0,0	8,5
22/01/2011	10,0	21,6	03/09/2011	0,0	11,1
23/01/2011	90,0	22,3	04/09/2011	0,0	15,9
24/01/2011	0,0	21,1	05/09/2011	0,0	21,4
25/01/2011	2,8	21,9	06/09/2011	10,6	12,2
26/01/2011	0,0	22,0	07/09/2011	17,8	12,3
27/01/2011	0,6	22,8	08/09/2011	0,6	14,7
28/01/2011	8,0	22,6	09/09/2011	12,0	15,3
29/01/2011	44,0	22,8	10/09/2011	0,2	13,4
30/01/2011	3,6	20,8	11/09/2011	0,0	15,4
31/01/2011	0,2	21,9	12/09/2011	0,0	13,6
01/02/2011	66,4	21,3	13/09/2011	0,0	14,3
02/02/2011	0,0	19,5	14/09/2011	0,2	11,1
03/02/2011	19,2	20,3	15/09/2011	0,2	12,1
04/02/2011	0,2	22,1			
05/02/2011	10,2	23,0			
06/02/2011	12,4	21,1			
07/02/2011	1,6	21,0			
08/02/2011	0,4	22,3			
09/02/2011	2,2	21,9			
10/02/2011	52,0	22,1			
11/02/2011	10,4	21,3			
12/02/2011	2,2	21,9			
13/02/2011	18,2	22,8			
14/02/2011	10,4	20,0			

Dia	Verão		Dia	Inverno	
	Precipitação (mm)	Temperatura Média (°C)		Precipitação (mm)	Temperatura Media (°C)
15/02/2011	24,8	17,8			
16/02/2011	0,6	19,9			
17/02/2011	3,6	19,8			
18/02/2011	0,0	21,0			
19/02/2011	18,0	20,7			
20/02/2011	0,2	20,6			
21/02/2011	0,0	23,2			
22/02/2011	31,8	21,9			
23/02/2011	90,0	20,7			
24/02/2011	0,0	20,9			
25/02/2011	3,2	21,5			
26/02/2011	0,0	21,5			
27/02/2011	0,0	20,8			
28/02/2011	0,0	17,5			

**ANEXO A – LISTA DAS ESPÉCIES ÁRBOREAS DO SISTEMA SILVOPASTORIL**

<b>Nome popular</b>	<b>Nome científico</b>
Angico	<i>Parapiptadenia rigida</i>
Arariba	<i>Centrolobium robustum</i>
ariticum	<i>Rollinia sylvatica</i>
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>
bracatinga	<i>Mimosa scabrella</i>
canela-amarela	<i>Nectandra lanceolata</i>
canela-guaica	<i>Ocotea puberula</i>
coleutério	<i>Koelreuteria bipinata</i>
feijao-cru	<i>Lonchocarpus guilleminianus</i>
Ingá	<i>Inga uruguensis</i>
liquidambar	<i>Liquidambar orientalis</i>
pinheiro-brejo	<i>Taxodium distichum</i>
pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>
timbaúva	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>