



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

NILSON APARECIDO VIEIRA JUNIOR

**MICROCLIMA, QUALIDADE E PRODUÇÃO DE PASTAGEM
E CONFORTO TÉRMICO ANIMAL EM SISTEMA
SILVIPATORIL**

Londrina
2018

NILSON APARECIDO VIEIRA JUNIOR

**MICROCLIMA, QUALIDADE E PRODUÇÃO DE PASTAGEM
E CONFORTO TÉRMICO ANIMAL EM SISTEMA
SILVIPATORIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de mestre em agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva

Coorientador: Dr. Paulo Henrique Caramori

Londrina
2018

NILSON APARECIDO VIEIRA JUNIOR

**MICROCLIMA, QUALIDADE E PRODUÇÃO DE PASTAGEM E
CONFORTO TÉRMICO ANIMAL EM SISTEMA SILVIPATORIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Agronomia da Universidade
Estadual de Londrina, como requisito para a
obtenção do título de mestre em agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de
Aguilar e Silva
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dra. Heverly Moraes
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

Dr. Wilian da Silva Ricce
Empresa de Pesquisa Agropecuária e
Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI

Londrina, 08 de fevereiro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me guiou, capacitou e deu forças para concluir mais esta etapa da minha vida.

Agradeço também minha esposa, Dândara Viegas Valle Vieira, por estar sempre ao meu lado e ser meu porto seguro em momentos difíceis.

Aos familiares por todo apoio e suporte financeiro ao longo dos meus anos de estudo.

Aos meus orientadores, Marcelo Augusto de Aguiar e Silva e Paulo Henrique Caramori, por todo apoio, orientação e dedicação em compartilhar seus conhecimentos, mas sobretudo pela sua amizade.

Aos colegas Raul Ribeiro, George Yada e Pablo Nitsche que tornaram a realização deste trabalho possível, sou grato por todo suporte e dedicação em ajudar-me durante a condução do experimento.

Gostaria de agradecer também as demais pessoas que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica e para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a Universidade Estadual de Londrina (UEL), pela oportunidade de cursar o programa de mestrado em Agronomia. Ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) pela parceria e estrutura cedida. E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

“Todo aquele que se dedica ao estudo da ciência chega a convencer-se de que nas leis do Universo se manifesta um Espírito sumamente superior ao do homem, e perante o qual nós, com os nossos poderes limitados, devemos humilhar-nos.”

Albert Einstein

VIEIRA JUNIOR, Nilson Aparecido. **Microclima, qualidade e produção de pastagem e conforto térmico animal em sistema silvipastoril**. 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

Sistemas que integram a produção florestal e pecuária em uma mesma área são eficientes para recuperar pastagens degradadas, melhorar a fertilidade do solo e fornecer aos animais maior conforto térmico, acarretando aumento produtivo. Entretanto, a inserção do componente arbóreo traz ao sistema diversas alterações microclimáticas, como incidência de radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar o microclima em um sistema silvipastoril de eucalipto e em uma pastagem a pleno sol com área de refúgio, e verificar a influência do microclima sobre o conforto térmico animal, produtividade e qualidade da pastagem. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), localizado em Ibiporã, PR, composto por três áreas com manejos distintos: sistema de integração silvipastoril, uma área de refúgio e um pasto a pleno sol. A caracterização do microclima de cada sistema de manejo foi realizada por meio de campanhas de medições semanais durante cada mês do ano. Duas estações meteorológicas foram instaladas em cada sistema de manejo, nas quais foram medidas as variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar. Com base nos dados coletados foram calculados índices de conforto térmico animal. No sistema silvipastoril, avaliou-se o comportamento ingestivo animal em três dias com condições climáticas distintas, ao longo do ano. Através de um ceptômetro de barra foram realizadas leituras de radiação fotossintética uma vez por mês, em dias sem nuvens, sendo feitas leituras horárias entre o período das 08:00 às 17:00 horas. Coletou-se amostras da espécie forrageira no sistema pastoril, sob a sombra das árvores e entre renques, e no pasto a pleno sol, com intuito de avaliar a qualidade e produção de pastagem ao longo do ano. Verificou-se que a presença do componente arbóreo atenuou a temperatura e protegeu os animais contra a incidência direta da radiação solar, acarretando em maior conforto térmico. A redução na temperatura média variou de 0,4 a 1,6°C nos sistemas sombreados em relação ao pasto a pleno sol. Houve também alterações em relação ao comportamento ingestivo animal, em que os animais preferiram permanecer sob a sombra das árvores na maior parte do dia, constatando-se mudanças no tempo de pastejo e ruminação. A incidência de radiação foi menor no sistema silvipastoril que no pasto a pleno sol, sendo até 72% menor dependendo da distância do renque de árvores, com variações nas diferentes estações do ano, devido a posição e elevação do sol. Constatou-se que níveis moderados de sombreamento não foram prejudiciais à pastagem, que apresentou maior acúmulo de matéria seca e menor teor de fibras em relação ao pleno sol. Conclui-se que sistemas silvipastoris oferecem aos animais maior conforto térmico e alimento com teores nutritivos adequados que podem favorecer a produção.

Palavras-chave: Pecuária-floresta. Área de refúgio. Pasto a pleno sol. Conforto térmico animal. Radiação fotossinteticamente ativa. Sombreamento.

VIEIRA JUNIOR, Nilson Aparecido. **Microclimate, quality and pasture production and animal thermal comfort in silvopastoral system.** 2018. 83 pp. Dissertation (Master in Agronomy) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018

ABSTRACT

Systems integrating forestry and livestock production in the same area are efficient to recover degraded pastures, improve soil fertility and provide the animals with greater thermal comfort, leading to increase of productivity. However, the insertion of the tree component causes several microclimatic changes to the system, such as solar radiation incidence, temperature, relative humidity and wind speed. The objective of the present work was to characterize the microclimate in a silvopastoral system of eucalyptus and an open-grown pasture with refuge area, and to verify the influence of microclimate on thermal comfort and animal behavior, pasture productivity and quality. The study was conducted at the Experimental Farm of the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR), located in Ibiporã, PR, composed of three areas with distinct management: a silvopastoral integration system, a refuge area and an open-grown pasture. The characterization of the microclimate of each management system was performed through weekly measurement campaigns during each month of the year. Two meteorological stations were installed in each management system, in which the variables air temperature and relative humidity were measured. Based on the data collected, the animal thermal comfort indexes were calculated. In the silvipastoral system, the animal ingestive behavior was evaluated in three days with distinct climatic conditions, throughout the year. Through a ceptometer bar, photosynthetic radiation readings were performed once a month, on days without clouds, and hourly readings were taken between 08:00 and 17:00 h. Samples of the forage species were collected in the pasture systems, under the shade of the trees and between the tree lines, and in the open-grown pasture, in order to evaluate the quality and pasture production throughout the year. It was verified that the presence of the tree component attenuated the temperature and protected the animals against the direct incidence of solar radiation, resulting in greater thermal comfort. The reduction in mean temperature ranged from 0.4 to 1.6 ° C in the shaded systems in relation to grass in full sun. There were also changes in relation to animal ingestion behavior, in which the animals preferred to remain under the shade of the trees for most of the day, changing their grazing time and rumination. The radiation incidence was lower in the silvopastoral system than in the open-grown pasture, being up to 72% less depending on the distance of the row of trees, with variations in the different seasons of the year, due to the position and elevation of the sun. It was observed that moderate levels of shading were not detrimental to pasture, which presented higher accumulation of dry matter and lower fiber content in relation to open-grown. It is concluded that silvopastoral systems offer the animals greater thermal comfort and food with adequate nutritional contents that can increase the production.

Key words: Forest-livestock. Area of refuge. Pasture in full sun. Animal thermal comfort. Photosynthetically active radiation. Shade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO A – Temperatura, conforto térmico e comportamento ingestivo animal em sistema silvipastoril.

- Figura 1** - Vista aérea das áreas de estudo, sistema silvipastoril, área de refúgio e pastagem a pleno sol , na estação experimental do Instituto Agrônômico do Paraná em Ibiporã-PR.28
- Figura 2** - Porcentagem de horas em condições de conforto térmico Normal, Crítica, Perigo e Emergência para o sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra), na área de refúgio (Refúgio) e pastagem a pleno sol (Pleno Sol), nas diferentes estações do ano em Ibiporã-PR, 2017/2018.37
- Figura 3** - Comportamento Ingestivo Animal em áreas de sombra e sol em sistema silvipastoril no período das 08:00 às 17:00 horas, em épocas distintas do ano na cidade de Ibiporã- PR, 2017.42
- Figura 4** - Porcentagem de animais na sombra e temperatura do ar, durante o período das 08:00 às 17:00 horas nos dias 19/04/17, 23/06/17 e 12/12/17 em sistema silvipastoril na cidade de Ibiporã-PR.44
- Figura 5** - Comportamento animal em sistema silvipastoril, entre 11:00 às 13:00 horas do dia 12 de dezembro de 2017 em Ibiporã-PR.47

ARTIGO B - Radiação solar, qualidade e produção de pastagem em sistema silvipastoril.

- Figura 1** - Vista aérea da área de estudo, sistema silvipastoril, na estação experimental do Instituto Agrônômico do Paraná, em Ibiporã-PR.....53
- Figura 2** - Mapa de coleta de dados de radiação fotossinteticamente ativa, perfazendo cinco distâncias com dez repetições cada.54
- Figura 3** - Incidência de radiação fotossinteticamente ativa em diferentes distâncias entre renques (0, 7,5, 15, 22,5 e 30 metros), em sistema silvipastoril nas quatro estações do ano em Ibiporã-PR,2017/2018.58
- Figura 4** - Projeção de sombra de renque de eucalipto em sistema silvipastoril nas quatro estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.61

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A - Temperatura, conforto térmico e comportamento ingestivo animal em sistema silvipastoril.

- Tabela 1** - Valores mínimos (Tmin), máximos (Tmax) de temperatura do ar e amplitude térmica (Amplitude) (°C) nas quatro estações do ano, em sistema silvipastoril entre os renques de árvores (SP Sol) e sob sombra (SP Sombra), área de refúgio (Refúgio) e pasto a pleno sol (Pleno Sol) em Ibiporã-PR, 2017/2018.32
- Tabela 2** - Comparação de médias (Teste t) de temperatura média do ar, entre o sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra), na área de refúgio (Refúgio) em relação ao pasto a pleno sol (Pleno Sol), para as estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.34
- Tabela 3** - Comparação de médias (Teste t) de Índices de Temperatura e Umidade (ITU), entre o sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra) e na área de refúgio (Refúgio), em relação ao pasto a pleno sol (Pleno Sol), nas estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.36

ARTIGO B - Radiação solar, qualidade e produção de pastagem em sistema silvipastoril.

- Tabela 1** - Incidência de radiação fotossinteticamente ativa ($\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) nas estações do ano e diferentes distâncias entre renques de eucalipto em sistema silvipastoril na cidade de Ibiporã-PR, 2017/2018.57
- Tabela 2** - Interceptação média da radiação fotossinteticamente ativa (%) incidente sobre sistema silvipastoril, nas quatro estações do ano e diferentes distâncias no espaçamento entre renques, na cidade de Ibiporã-PR, 2017/2018.....59
- Tabela 3** - Comparação de médias (Teste Tukey a 5% de probabilidade) para os teores em porcentagem de Matéria Seca Total (MST), Proteína Bruta (PB), Matéria Mineral (MM), Fibras em Detergente Neutro (FDN) e Fibras em Detergente Ácido (FDA),

no sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra) e pasto a pleno sol (Pleno Sol), nas estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
h	Hora
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Fibras em detergente ácido
FDN	Fibras em detergente neutro
m	metros
MM	Matéria mineral
MST	Matéria seca total
PB	Proteína bruta
Pleno Sol	Pastagem solteira
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa
Refúgio	Área de refúgio
SP Sol	Silvipastoril entre renques de árvores
SP Sombra	Silvipastoril sob a sombra das árvores
Tmed	Temperatura média
Tmin	Temperatura mínima
Tmax	Temperatura máxima
UR%	Umidade relativa do ar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	SISTEMA SILVIPASTORIL.....	15
2.2	BENEFÍCIOS DO SISTEMA SILVIPASTORIL.....	17
2.3	ASPECTOS MICROCLIMÁTICOS DE UM SISTEMA SILVIPASTORIL.....	18
2.4	ASPECTO FAVORÁVEIS AO CONFORTO TÉRMICO ANIMAL	19
2.5	ASPECTO FAVORÁVEIS AO DESENVOLVIMENTO DA PASTAGEM	21
2.6	INTERAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES ARBÓREO E FORRAGEIRO.....	23
3	ARTIGO A – Temperatura, conforto térmico e comportamento ingestivo animal em sistema silvipastoril.	25
3.1	INTRODUÇÃO.....	27
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.4	CONCLUSÕES.....	48
4	ARTIGO B – Radiação solar, qualidade e produção de pastagem em sistema silvipastoril.	49
4.1	INTRODUÇÃO.....	51
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	53
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.4	CONCLUSÕES.....	66
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de produzir alimentos de forma sustentável para suprir a crescente demanda, que aumenta juntamente com a população mundial, traz ao setor agropecuário um grande desafio. A pecuária brasileira é caracterizada, em grande parte, por pastagens degradadas, pobres em nutrientes e que comportam baixa lotação animal, conseqüentemente, acarretando em baixos níveis produtivos. Nesse contexto, os sistemas de integração silvipastoris vêm se mostrando uma eficiente alternativa para atingir altas produtividades sem aumentar a fronteira agrícola do país e produzir de forma sustentável.

A inserção de árvores exerce papel importante nas alterações microclimáticas desse sistema de produção, causando variações na radiação solar incidente, umidade do ar, temperatura e vento, quando comparado a sistemas convencionais de pastagens. A sombra projetada pelo componente arbóreo atenua a temperatura e protege os animais contra a incidência direta de radiação solar, propiciando maior conforto térmico, havendo menor gasto de energia dos animais para regularem a sua temperatura corporal, o que favorece o ganho de peso e a produtividade animal.

Esse tipo de sistema contribui também para melhorias químicas, físicas e biológicas do solo, havendo maior incremento de matéria orgânica devido à serrapilheira depositada pelas árvores e seu sistema radicular. As melhorias do solo refletem diretamente no crescimento e desenvolvimento da pastagem, favorecendo o acúmulo de biomassa e manutenção da pastagem, tornando a espécie forrageira mais produtiva e aumentando a oferta de alimento aos animais, em teores nutritivos adequados, ao longo do ano.

Entretanto, o sombreamento excessivo pode ser danoso, mesmo para plantas forrageiras tolerantes, ocasionando modificações morfológicas, anatômicas e fisiológicas, como mecanismo para maximizar o uso da radiação solar nesse ambiente sombreado, que afetam a qualidade e quantidade da forragem produzida. Junto a isso, a produção também pode ser comprometida, devido a menor oferta de alimento e menor teor nutritivo, levando o sistema ao desequilíbrio. Desse modo, um dos desafios no sistema de integração silvipastoril é manejar corretamente seus componentes, minimizando os efeitos da competição por água, nutrientes e radiação solar das espécies nele inseridas.

Poucos são os trabalhos em literatura que visam caracterizar as modificações microclimáticas que ocorrem no sistema silvipastoril e seus efeitos sobre o conforto térmico animal e a produção e qualidade de pastagem. Sendo assim, estudar as alterações causadas pelo componente arbóreo pode ser de grande importância para maximizar a produção nesse sistema.

HIPÓTESES

O consórcio de espécies arbóreas com pastagem reduz os extremos térmicos, melhorando o conforto térmico animal e as condições de crescimento do pasto, resultando em melhor desempenho animal.

OBJETIVOS

Geral:

Caracterizar o microclima em um sistema silvipastoril de eucalipto e em uma pastagem a pleno sol com área de refúgio, e verificar a influência do microclima sobre o conforto térmico animal, produtividade e qualidade da pastagem.

Específicos:

Determinar índices de conforto térmico animal para o sistema silvipastoril e para área de refúgio, comparando-os com a pecuária a pleno sol.

Mensurar a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa incidente em um sistema silvipastoril e seus impactos sobre a produção e a qualidade da pastagem, em relação a um pasto a pleno sol.

Caracterizar modificações na qualidade e produção de pastagem ao longo do ano.

Estudar o comportamento ingestivo animal ao longo do ano em sistema silvipastoril.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA SILVIPASTORIL

Sistema silvipastoril ou integração pecuária floresta é definido pelo conjunto de técnicas de produção que integram animais, plantas forrageiras e árvore em uma única área, de modo que haja a associação de árvores dentro da produção pecuária, ou o inverso, havendo a criação de animais dentro do cultivo florestal (MACEDO et al., 2010). Quando comparados aos sistemas de produção agropecuários convencionais, os sistemas silvipastoris se tornam mais complexos, devido a otimização do uso da área, preparo do solo, insumos e diversificação de produção (OLIVEIRA et al., 2007). Deve-se levar em consideração a conservação do solo e da água, realizando o plantio das árvores acompanhando as curvas de nível do terreno, tornando-se uma forma eficiente na prevenção do processo erosivo e perda de água por escoamento superficial (PORFÍRIO DA SILVA et al., 2010).

Um sistema silvipastoril é composto de quatro componentes: forrageiro, arbóreo, solo e animal. Seus componentes e seus efeitos não podem ser visualizados individualmente, devido suas interações dentro do sistema de produção (GARCIA et al., 2010). O componente forrageiro deve ser escolhido com critério para que haja o sucesso de um sistema silvipastoril, não bastando somente a tolerância da forrageira ao sombreamento, mas também a adaptação às condições edafoclimáticas (ANDRADE et al., 2003). É importante também ressaltar que as espécies tolerantes ao sombreamento nem sempre são as mais produtivas (MACEDO et al., 2010).

O componente arbóreo pode ser constituído por uma única espécie ou por várias, podendo ter diferentes funções, como leguminosas e madeiráveis (PACIULLO et al., 2007). É recomendada a entrada dos animais junto às árvores quando elas apresentarem diâmetro de 6 cm na altura de 1,30 metros do solo, para que sejam evitados danos às árvores causados pelos animais (PORFÍRIO DA SILVA et al., 2010). Estudos em sistemas silvipastoris vêm obtendo resultados positivos da presença do componente arbóreo sobre a fertilidade do solo, de modo que o aumento da matéria orgânica é o efeito mais constatado nesse tipo de sistema (OLIVEIRA et al., 2000; PEZZONI et al., 2012).

Um ponto importante é a recorrente compactação do solo em

sistemas pastoris, problema associado à degradação da qualidade estrutural e física do solo (SILVA et al., 2002). O pisoteio animal afeta diretamente os atributos físicos, pela deformação de suas estruturas, promovendo alterações na densidade e porosidade, que influenciam diretamente na resistência mecânica a penetração do solo. Assim, a ação do componente arbóreo, devido ao seu sistema radicular profundo, auxilia na descompactação do solo e aproveita nutrientes que estão em camadas mais profundas, sendo capaz de translocá-los para camadas mais superficiais, disponibilizando-os para a espécie forrageira.

Além do gradativo acúmulo de nutrientes, por meio de sua biomassa que é depositada sobre o solo, aumenta também a matéria orgânica, a atividade biológica e melhora as propriedades químicas do solo (OVALLE; AVENDÑO, 1984; MAHECHA et al., 1999). O componente animal também é favorecido em sistemas silvipastoris, uma vez que a sombra das árvores diminui a incidência de radiação direta sobre os animais e propicia maior conforto térmico (BARBOSA et al., 2004).

O sistema silvipastoril, assim como os demais sistemas agroflorestais, vem se mostrando uma excelente alternativa para a produção agropecuária, principalmente para países em desenvolvimento. A integração de árvores ao meio de produção agrícola ou pecuária oferece soluções aos problemas de degradação do solo e pastagem, baixas produtividades, escassez de alimentos, falta de diversificação de renda ao produtor rural, além de prevenir problemas ambientais que são cada vez mais frequentes no cenário agropecuário nacional (SANTOS, 2000; DE FREITAS et al., 2011).

2.2 BENEFÍCIOS DO SISTEMA SILVIPASTORIL

Atualmente a pecuária brasileira extensiva é conduzida em pastos expostos a pleno sol. Esse tipo de manejo degrada a pastagem e o solo, comporta baixa lotação de animais que sofrem com grande desconforto térmico, acarretando em baixa produtividade. A introdução de espécies florestais consorciadas com pastagens pode gerar benefícios ao produtor rural, como a comercialização de mais de um produto em diferentes períodos do ano, diminuindo os riscos econômicos devido a essa diversificação. Desta forma, os sistemas silvipastoris aumentam a sustentabilidade das propriedades rurais, que utilizam de forma mais eficiente a terra e deixam de depender do rendimento de apenas uma atividade agrícola (BALBINOT JR. et al., 2009; FONTANELI et al., 2006).

A presença de árvores no pasto, quando manejadas corretamente, pode potencializar a produção de forragens e diversifica sua oferta ao longo do ano, reduz danos oriundos de geadas e diminui o efeito de extremos climáticos, que causam desconforto animal e reduzem a produtividade e a capacidade reprodutiva (PAYNE, 1985; LIN et al., 2001; PACIULLO et al., 2009; SOUZA et al., 2010).

Assim, os sistemas silvipastoris aumentam a fertilidade e reduzem os processos erosivos dos solos, melhoram a qualidade da água, aumentam a biodiversidade e o sequestro de carbono, além de fornecer maior conforto térmico aos animais, podendo melhorar a conversão alimentar, conseqüentemente havendo acréscimo de produtividade (NAIR et al., 2009).

2.3 ASPECTOS MICROCLIMÁTICOS DE UM SISTEMA SILVIPASTORIL

Segundo Young (1991), as principais interações de um sistema silvipastoril referem-se às alterações em seu microclima, como: radiação solar, umidade do ar, temperatura e vento. O componente arbóreo altera o balanço de energia do sistema, interferindo também no balanço hídrico e, conseqüentemente, na produção animal e vegetal (MONTEITH et al., 1991).

Lin et al. (2001) constataram modificações pelas árvores em um sistema silvipastoril, com redução da radiação solar, velocidade do vento, temperatura máxima e evapotranspiração e maiores níveis de umidade do ar e do solo, quando comparado a um sistema de pastagem a pleno sol. Nesse contexto é evidente que o sistema silvipastoril proporciona condições microclimáticas mais favoráveis a produção animal em relação aos sistemas de produções convencionais (GARCEZ NETO et al., 2010). Segundo estes autores, essas variações microclimáticas refletem em mudanças morfológicas das plantas, que são diferentes das plantas de um pasto a pleno sol, sendo importante levar em consideração essas alterações na escolha da espécie forrageira e sua capacidade de adaptação a um ambiente sombreado.

Enquanto o componente arbóreo está em fase de estabelecimento o sombreamento que causa é mínimo e sem efeito significativo. Porém, conforme a evolução do seu desenvolvimento, as mudanças no microclima têm efeito mais acentuado, podendo comprometer o crescimento e até a compatibilidade da cultura associada (BERNARDINO, 2007).

A interação das alterações microclimáticas em um sistema silvipastoril resulta em mudanças no balanço de energia disponível para o meio, influenciando diretamente no uso da água pelas plantas, assim como na sua produção e também sobre o o conforto térmico e produção do componente animal (MONTEITH et al., 1991; BRENNER, 1996; BIRD et al., 1992).

2.4 ASPECTOS FAVORÁVEIS AO CONFORTO TÉRMICO ANIMAL

Os animais homeotérmicos precisam manter sua temperatura corporal dentro de uma estreita faixa de temperatura ideal, para isso deve haver um equilíbrio entre a produção de calor (termogênese) e a perda de calor (termólise) ao longo de um dia. Esses processos fisiológicos são regulados pela modulação da termogênese e intensificação da termólise, que são ativados, em geral, por variações de temperatura nas quais os animais são expostos (BARBOSA et al., 2004). Em busca de compensar o desconforto térmico, o animal utiliza desse mecanismo auxiliar para manter-se em equilíbrio térmico com o ambiente, equiparando os efeitos causados pela radiação solar, temperatura, movimento do ar e umidade. Desse modo, as condições ambientais regulam a troca de calor corporal do animal e a atmosfera, variando de acordo com a incidência de radiação sobre ele, convecção, condução e evaporação (FURTADO et al., 2012).

A termoneutralidade para bovinos ou zona de conforto térmico é a faixa de temperatura do ar ideal para que o animal desenvolva seus processos fisiológicos e não sofra com estresse térmico. Essa faixa de temperatura é pequena, variando entre -1°C a 16°C para raças européias, com limite crítico a partir de 27°C , enquanto que para raças zebuínas a faixa de temperatura ideal está entre 10°C e 27°C , tornando-se crítica a partir de 35°C (FURTADO et al., 2012). Desse modo, evidencia-se que a temperatura do ar é um dos elementos meteorológicos que exerce maior influência sobre as condições de conforto térmico animal e, conseqüentemente, em seu desempenho produtivo (SOUZA et. al., 2010).

A presença do componente arbóreo no sistema provoca diminuição na amplitude térmica e evapotranspiração, propiciando um maior conforto térmico animal, refletindo em ganho de peso (MORAIS; CARBONIERI; REIS, 2013). Daly (1984) observou que a presença de sombra em pastagens em regiões quentes tem efeito positivo sobre o hábito de pastejo dos animais, favorecendo uma distribuição mais adequada da ruminação no decorrer do dia e garantindo mais tempo de descanso aos animais. O mesmo autor também constatou que o estresse ocasionado pelo calor afeta diretamente na fertilidade do rebanho, reduzindo a taxa de concepção e o peso dos bezerros recém nascidos.

Assim, o sombreamento é um fator de grande importância e com influência direta na produtividade bovina, principalmente para a bovinocultura de leite.

A sombra proveniente das árvores é considerada o melhor sombreamento para os animais, protegendo-os da incidência direta de radiação solar (BACCARI JÚNIOR, 1998). De acordo com Djimde et al. (1989), o sombreamento gerado pelo componente arbóreo é de extrema importância para que os animais possam circular pela área, uma vez que há vários fatores comportamentais e metabólicos ligados à quantidade de energia solar que eles recebem. A proteção oferecida pelas árvores contribui para o conforto térmico animal, diminuindo a amplitude térmica e regulando a umidade do ar, fatores que favorecem a taxa diária de ganho de peso animal (BAGGIO, 1983).

Na literatura encontram-se estudos sobre as consequências do componente climático e suas interações sobre os animais, que expostos ao estresse térmico resultaram na queda da eficiência produtiva e/ou reprodutiva, alterando também seu comportamento social com o rebanho (NÃÃS, 1989). Por outro lado, o componente arbóreo também modifica o regime de ventos no ecossistema de produção. Experimentos com gado e ovelhas, conduzidos em cercados, mostraram que chuvas e ventos fortes podem dobrar o gasto de energia com a manutenção da temperatura corporal do animal, sendo que a redução de 33% na velocidade do vento, de 10 km/h para 6,6 km/h, resultou em 10% de economia de energia. O gado é muito sensível às condições térmicas e de umidade e a oferta de sombra pode influenciar positivamente na sua produção, fazendo do sistema silvipastoril uma excelente alternativa para minimizar os problemas acarretados pelo estresse térmico aos animais (BIRD et al., 1992).

2.5 ASPECTOS FAVORÁVEIS AO DESENVOLVIMENTO DA PASTAGEM

Considerada uma das formas mais eficientes no controle da erosão, as pastagens cumprem um papel importante de conservação do solo e água, como cobertura vegetal do solo, porém para isso demandam uma manutenção adequada (LOMBARDI NETO, 1993).

Uma das principais causas de degradação de pastagens é o manejo incorreto e a falta de nutrientes no solo, com destaque para o nitrogênio (MYERS; ROBBINS, 1991). A presença de árvores no ecossistema de produção causa alterações ambientais, modificando as condições do solo, superfície e na relação serrapilheira/solo, favorecendo o aumento de atividades biológicas, aumentando a mineralização de nitrogênio e influenciando positivamente no desenvolvimento das pastagens (JOFFRE et al., 1998; HANG et al., 1995; WILSON, 1996).

A escolha da espécie forrageira deve levar em consideração características edafoclimáticas da região onde será implantado o sistema silvipastoril, assim como a tolerância da espécie ao sombreamento. Deve-se ponderar que o sombreamento interfere diretamente na produção de matéria seca e que nem sempre a espécie mais tolerante ao sombreamento será a mais produtiva (ANDRADE et al., 2003). Segundo estudo do mesmo autor, a *Urochloa brizantha* cv. Marandu apresentou, com 60 dias de crescimento, a capacidade produtiva em torno de 4.600 kg ha⁻¹ de matéria seca, em um sistema silvipastoril com eucalipto, com idade de dois anos, com arranjo de 10 m x 4 m, na região do cerrado brasileiro. A produção não diferiu estatisticamente da produção obtida no mesmo experimento em pasto a pleno sol, evidenciando que o sombreamento não teve impacto negativo sobre esta espécie e que os sistemas silvipastoris podem ser uma opção viável na região. O sombreamento moderado com 40% a 60% de interceptação de luz teve influência positiva sobre o crescimento da pastagem (ERIKSEN; WHITNEY, 1981; SAMARAKOON et al., 1990; CASTRO et al., 1999).

A radiação solar tem interferência direta no crescimento forrageiro, de modo que o fotoperíodo condiciona o florescimento e a produção de sementes, mas também a duração do período vegetativo de crescimento, que é a fase de grande interesse na produção de gado, em que a pastagem produzirá matéria seca em quantidades e níveis nutricionais adequados para a alimentação (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987).

Outros fatores, como o incremento no teor de matéria orgânica, que melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo interferem diretamente no desenvolvimento do componente forrageiro, sendo reflexo das interações que ocorrem devido as mudanças microclimáticas e do solo no sistema silvipastoril (Pezzoni et al., 2012; YOUNG, 1991).

2.6 INTERAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES ARBÓREO E FORRAGEIRO

O componente arbóreo é o principal responsável pelas modificações microclimáticas em um sistema silvipastoril. Entranto, a presença de árvores altera também o crescimento e desenvolvimento da pastagem, pois o sombreamento e a deposição de serapilheira desencadeiam diversas alterações morfológicas e fisiológicas na espécie forrageira, que influenciam na produção e valor nutritivo da pastagem (CASTRO et al., 1999; LIN et al., 1999; PACIULLO et al., 2007).

O sucesso de um sistema silvipastoril está atrelado com a correta seleção das espécies que irão o compor, pois a interação entre o componente arbóreo e forrageiro acarretam em competição abaixo e acima do nível do solo, sendo por água, nutrientes e, principalmente, por radiação solar. Ainda é preciso ser levado em consideração efeitos alelopáticos que podem ocorrer em certas espécies arbóreas, entretanto, há poucos estudos sobre essa temática (RANGEL et al., 2008). Tratando-se de plantas forrageiras é necessário que sejam tolerantes ao sombreamento, pois a presença de árvores no sistema impõe redução na disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa, tanto em quantidade quanto em qualidade (BARRO et al., 2008; CASTRO et al., 2008).

Algumas das espécies de gramíneas mais utilizadas no Brasil para a formação de pastagens são tolerantes ao sombreamento, como a *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, cultivares de *Panicum maximum* e *Cynodon spp.* Tifton, sendo alternativas para a produção em sistema silvipastoril devido a sua fácil adaptação as condições edafoclimáticas. A pastagem de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) é uma boa opção para compor sistemas silvipastoris, pois além da tolerância ao sombreamento, tem alto potencial produtivo, resistência ao pisoteio animal e proporciona deposição contínua de matéria orgânica no solo, tendo alta aceitação entre os produtores (CARVALHO et al., 2001; HUDE et al., 2012).

Gramíneas tolerantes ao sombreamento podem ter maior crescimento sob sombra moderada do que a pleno sol, pois forrageiras sombreadas ainda recebem quantidades consideráveis de radiação fotossinteticamente ativa através da radiação difusa, propiciada pelas árvores, nesse tipo de sistema. A eficiência no uso da radiação solar difusa é superior ao da radiação direta, de modo que as árvores podem aumentar o uso da radiação solar ao criar um microclima com maior quantidade de radiação difusa (HEALEY et al., 1998; FELDHAKKE, 2001).

Por outro lado, sob elevado sombreamento, gramíneas tolerantes necessitam utilizar mecanismo que a conferem a tolerância ao sombreamento, como a capacidade de maximizar a eficiência no uso da radiação solar no processo fotossintético. Para isso, ocorre modificações anatômicas, morfológicas e fisiológicas, com intuito de interceptar maior quantidade de radiação, como por exemplo a produção de área foliar, que podem afetar a qualidade e quantidade da forragem produzida (LAMBER et al., 1998; PACIULLO et al., 2007; PERI et al., 2007).

Soares et al. (2009), ao avaliarem a influência do sombreamento sobre o crescimento e desenvolvimento de 11 espécies forrageiras, verificando que essas plantas submetidas ao sombramento moderado apresentaram melhor qualidade, especialmente maior teor de proteína bruta na lâmina foliar, e também maior relação lâmia foliar: colmo, embora a produção de matéria seca possa ser reduzida devido a presença do componente arbóreo.

3 ARTIGO A

Temperatura, conforto térmico e comportamento ingestivo animal em sistema silvipastoril.

RESUMO

O desconforto térmico é uma das principais causas da queda produtiva da pecuária extensiva a pleno sol, sendo a inserção de árvores no sistema a alternativa mais eficiente para atenuar a temperatura e aumentar a produtividade de maneira sustentável. Nesse contexto, objetivou-se caracterizar o microclima em um sistema silvipastoril, uma área de refúgio e a pleno sol, além de determinar índices de conforto térmico animal e avaliar o comportamento ingestivo dos animais sob sombra. O estudo foi realizado na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizada em Ibiporã-PR, em três áreas com manejos distintos: um sistema silvipastoril, um bosque que serve como refúgio dos animais e uma pastagem conduzida a pleno sol. Foram instaladas estações meteorológicas automáticas no sistema silvipastoril, uma sob a sombra e outra na distância média perpendicular aos renques, na área de refúgio e no pasto a pleno sol. As variáveis medidas foram temperatura do ar e umidade relativa do ar. As temperaturas médias dos tratamentos arborizados foram comparadas com as do pasto a pleno sol por meio do teste t. Valores médios de Temperatura e Índice de Umidade (ITU) foram calculados para cada estação do ano. Analisou-se o comportamento ingestivo animal no sistema silvipastoril em três dias representativos de diferentes estações do ano. Constatou-se diferenças significativas entre os tratamentos sombreados e a pastagem a pleno sol, com variações entre as estações do ano. Ao comparar o conforto térmico animal para as estações do ano, não verificou-se grandes diferenças entre o sistema silvipastoril e refúgio em relação ao pleno sol, sendo indicado monitorar a temperatura corporal animal para melhor estimar sua condição de conforto térmico. Entretanto, ao avaliar o comportamento ingestivo animal evidenciou-se a preferência dos animais por realizar suas atividades sob a sombra das árvores; o sistema silvipastoril propiciou mudanças no seu hábito alimentar, otimizando o tempo de pastejo e tornando a ruminação mais eficiente. Conclui-se que o componente arbóreo influencia diretamente no microclima do sistema de produção, atenuando a temperatura e protegendo os animais contra a incidência direta de radiação solar, proporcionando maior conforto térmico.

Palavras chave: Pecuária-floresta; Área de refúgio; Índice de Temperatura e Umidade; Microclima; Sombreamento.

Temperature, thermal comfort and animal ingestion behavior in silvopastoral system.

ABSTRACT

The thermal discomfort is one of the main causes of the productive fall of the extensive livestock to full sun, being the insertion of trees in the system the most efficient alternative to attenuate the temperature and to increase the productivity in a sustainable way. In this context, the objective was to characterize the microclimate in a silvopastoral system and a refuge area, to determine indices of animal thermal comfort and to evaluate the ingestive behavior of the animals under shade and to compare them to a pasture in full sun, in the four seasons of the year. The study was carried out in the experimental station of the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), located in Ibiporã-PR, in three areas with distinct management: a silvopastoral system, a wood that serves as a refuge for the animals and an open-grown pasture. Meteorological stations were installed in the silvopastoral system, one under the shade and the other in the average distance perpendicular to the lines of trees, in the refuge area and in the open-grown. The measured variables were air temperature and relative humidity. The average temperatures of the silvopastoral treatments were compared with those of the open-grown based on the t test. Mean values of Temperature and Humidity Index (THI) were estimated for each season of the year. The animal ingestion behavior in the silvipastoral system was analyzed in three days representing different seasons of the year. Significant differences were observed between shade treatments and open-grown pasture, with variations between seasons. When comparing animal thermal comfort for the seasons of the year, there was no great difference between the silvopastoral system and refuge in relation to the open-grown, being indicated to monitor the animal body temperature to better estimate its thermal comfort condition. However, when evaluating the animal ingestive behavior, the preference of the animals to perform their activities under the shade of the trees was evidenced; the silvopastoral system led to changes in feeding habits, optimizing grazing time and making rumination more efficient. It is concluded that the component irrigation directly influences the microclimate of the production system, attenuating the temperature and bringing protection to the animals against direct sunlight, providing greater thermal comfort.

Key words: Forest-livestock; Area of refuge; Temperature and Humidity Index; Microclimate; Shade.

3.1 INTRODUÇÃO

No Brasil estima-se que a pecuária extensiva conduzida em pasto ocupa aproximadamente 200 milhões de hectares, cerca de 23% do território nacional (CEPAL, 2009; FAO, 2010). Na maioria das áreas de pastagens do país os animais não têm algum tipo de proteção contra as condições ambientais desfavoráveis e são expostos a altas temperaturas, acima de sua zona de conforto térmico, refletindo em perda de peso e descréscimo produtivo (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2003).

A produção animal nos países tropicais é altamente influenciada pelo estresse térmico, que impede o animal de expressar todo seu potencial produtivo (MOURA et al., 2010). Os elementos meteorológicos que mais exercem efeito sobre o conforto térmico animal são temperatura do ar, umidade relativa do ar e a radiação solar que incide diretamente sobre os animais, que causam alterações fisiológicas e comportamentais nos animais buscando regular sua temperatura corporal, podendo resultar em quedas no rendimento produtivo (SOUZA et al., 2010).

A inserção de árvores no sistema de produção pecuário é uma das práticas mais eficientes para reduzir o efeito de extremos climáticos sobre os animais (GURGEL et al., 2012; AGGARWAL; UPADHYAY, 2013). Esse sistema reduz a amplitude térmica e evapotranspiração, minimizando o desconforto térmico responsável pela redução da produtividade e capacidade reprodutiva (SOUZA et al., 2010; MORAIS; CARBONIERI; REIS, 2013).

Considerando que o clima é um dos principais fatores que afetam a produção animal (SOUZA et al., 2010), os sistemas arborizados são excelentes alternativas para reduzir os danos causados por elevadas temperaturas e aumentar a sustentabilidade da pecuária em regiões tropicais. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar o microclima em um sistema silvipastoril e uma área de refúgio, determinar índices de conforto térmico animal e avaliar o comportamento ingestivo dos animais sob sombra e compará-los a um pasto a pleno sol, nas quatro estações do ano.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizada no município de Ibiporã – PR, latitude 23,16° S, longitude 51,01° W e altitude de 484 m. O clima da região é classificado como Subtropical Úmido (Cfa), segundo Köppen, com verões quentes e sem estação seca definida (IAPAR, 2009). O solo é classificado como Nitossolo Vermelho. O experimento foi composto por três áreas com manejos distintos representadas na Figura 1.

Figura 1. Vista aérea das áreas de estudo, sistema silvipastoril, área de refúgio e pastagem a pleno sol, na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná em Ibiporã-PR.



Fonte: Google Earth com alterações do autor.

Uma área de sistema silvipastoril de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) com Tifton 85 (*Cynodon spp.*), com área de 1,6 hectare. As árvores possuíam 6 anos de idade, plantadas inicialmente em renques de 60 m de comprimento e espaçamento de 15 m. Com aproximadamente 4 anos de idade das árvores foi realizado o raleio

dos renques, diminuindo seu comprimento para 30 m de forma intercalada, aumentando para 30 m o espaçamento entre renques. Uma outra área de manejo é foi denominada área de refúgio, constituída por um bosque de leucena (*Leucaena leucocephala*), com aproximadamente 1700 m², que não sofreu ação antrópica desde 1991 e servia como refúgio para o gado nos períodos mais quentes do dia. Por fim, o último manejo estudado foi uma área de pastagem a pleno sol, com 7 hectares, composto de brachiaria (*Brachiaria brizantha*).

Para caracterizar o microclima em cada sistema de manejo foi realizada uma campanhas de medição semanal para cada mês, entre o período de março de 2017 a janeiro de 2018. Utilizou-se estações meteorológicas instaladas a 1,70 m de altura, compostas de um abrigo meteorológico, com sensores de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%), e um compartimento hermeticamente fechado com componentes eletrônicos para coleta e armazenamento dos dados (GUEDES, 2013). As estações meteorológicas foram programadas para realizar coletas de dados a cada 3 segundos e foram configuradas para registrar média a cada 5 minutos.

Foram instaladas duas estações meteorológicas em cada sistema de manejo, sendo no silvipastoril uma sob a copa das árvores e outra na metade da distância perpendicular entre renques. As estações meteorológicas instadas no refúgio e a pleno sol foram expostas às mesmas condições microclimáticas, em que através dos registros de cada estação meteorológica calculou-se valores médios para cada sistema de manejo. Utilizou-se os dados coletados entre as 08:00 e 17:00 h, visando selecionar o período mais quente do dia. Os dados de temperatura coletados a cada mês foram agrupados conforme as estações do ano e comparados estatisticamente através do teste t com amostragem independente, ao nível de 5% de significância.

Com base nos dados meteorológicos medidos no sistema silvipastoril e pleno sol, foi calculado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para estimar o conforto térmico animal. O ITU é determinado através da temperatura do ar e da umidade relativa do ar ou temperatura do bulbo úmido ou da temperatura do ponto de orvalho (BACCARI JR., 1998). O ITU pode ser expresso pela seguinte equação:

$$\text{ITU} = T_s + 0,36 T_{po} + 41,5$$

Sendo:

ITU = Índice de Temperatura e Umidade (adimensional);

Ts = temperatura do termômetro de bulbo seco ou do ar (°C);

Tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C).

A temperatura do ponto de orvalho (Tpo) pode ser calculada pela equação de Magnus:

$$\gamma(T, UR) = \ln\left(\frac{UR}{100} \exp\left(\frac{bT}{c+T}\right)\right) = \ln\left(\frac{UR}{100}\right) + \frac{bT}{c+T};$$

$$T_{po} = \frac{c\gamma(T, UR)}{b - \gamma(T, UR)};$$

Em que:

Y = constante psicrométrica; b= 17,67; c=234,5.

Segundo a classificação proposta por Hahn (1997), valores de ITU menores ou igual a 70 indicam uma condição ambiental normal, sem estresse térmico aos animais. Valores entre 71 e 79 expressam uma condição de desconforto térmico, classificada como crítica. Quando o valor de ITU é de 79 a 83 é caracterizada uma situação de perigo, em que os animais podem sofrer danos devido ao alto desconforto térmico. Por fim, valores superiores a 83 caracterizam situação de emergência, que pode levar animais à morte. Com base nesta classificação foram estimados os níveis de conforto térmico dentro do sistema silvipastoril e a pleno sol, para as quatro estações do ano. Os dados de ITU de cada tratamento foram agrupados por estações e comparados estatisticamente através do teste t com amostragem independente, ao nível de 5% de significância.

Para a análise do comportamento ingestivo animal foram utilizadas 15 fêmeas da raça Holandesa, com cerca de 40 meses de idade, alocadas na área do sistema silvipastoril. Seguindo a metodologia proposta por Jamieson e Hodgson (1979), avaliou-se o tempo de pastejo, ruminação, ócio e deslocamento, assim como

a preferência dos animais em realizar estas atividades sob a sombra do renque de árvores ou no sol. Foram feitas anotações a cada 10 minutos, entre o período das 08:00 às 17:00 h, sendo realizada três análises em épocas diferentes do ano para caracterizar as alterações no comportamento animal em diferentes condições microclimáticas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inserção do componente arbóreo alterou o microclima dos sistemas estudados através da interceptação da radiação solar pela copa das árvores (Tabela 1).

Tabela 1. Valores mínimos (Tmin), máximos (Tmax) de temperatura do ar e amplitude térmica (Amplitude) (°C) nas quatro estações do ano, em sistema silvipastoril entre os renques de árvores (SP Sol) e sob sombra (SP Sombra), área de refúgio (Refúgio) e pasto a pleno sol (Pleno Sol) em Ibiporã-PR, 2017/2018.

Tratamento	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Amplitude (°C)
Outono			
SP Sol	9,8	28,6	18,8
SP Sombra	9,4	28,0	18,6
Refúgio	9,6	27,7	18,1
Pleno Sol	9,3	29,2	19,9
Inverno			
SP Sol	11,3	24,5	13,2
SP Sombra	10,8	24,3	13,5
Refúgio	12,0	24,1	12,1
Pleno Sol	12,0	24,9	12,9
Primavera			
SP Sol	16,5	36,1	19,6
SP Sombra	16,3	36,1	19,8
Refúgio	15,0	35,5	20,5
Pleno Sol	16,7	35,8	19,1
Verão			
SP Sol	18,4	32,3	13,9
SP Sombra	18,4	33,3	14,9
Refúgio	18,4	31,8	13,4
Pleno Sol	18,3	33,5	15,2

Constatou-se diferenças de amplitude térmica entre os tratamentos durante as estações do ano. No outono e no verão a maior amplitude ocorreu a Pleno Sol, devido a ausência do componente arbóreo, que faz com que a superfície absorva grande quantidade de energia luminosas e a transforme em calor durante o dia, atingindo elevadas temperaturas entre os horários mais quentes do dia. Em contrapartida, o calor acumulado no sistema durante o dia é emitido à noite, sem nenhuma barreira que impeça sua saída do sistema, registrando temperaturas menores que os sistemas arborizados. No inverno a maior amplitude foi encontrada no SP Sombra, em que a posição do sol em relação ao renque de árvores propiciou maior projeção de sombra, refletindo em menores valores de T_{min} e, conseqüentemente, em maior amplitude térmica. Na Primavera o Refúgio apresentou maior variação entre T_{min} e T_{max} , mesmo sendo o tratamento que apresentou os menores valores de temperatura do ar (T_{med} , T_{min} e T_{max}); isso pode ser atribuído à interceptação da radiação solar pela copa das árvores e redução de temperatura comparada aos demais sistemas.

Segundo Souza et al. (2005), a radiação solar é fonte de energia para todos os processos terrestres e também é o principal elemento meteorológico, pois regula processos que influenciam todos os outros elementos como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e pressão atmosférica. As alterações na temperatura do ar causadas pelo sombreamento podem ser verificadas na Tabela 2, na qual se compara a temperatura média do ar dos sistemas sombreados em relação à pastagem solteira.

Tabela 2. Comparação de médias (*Teste t*) de temperatura média do ar, entre o sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra), na área de refúgio (Refúgio) em relação ao pasto a pleno sol (Pleno Sol), para as estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.

Tratamento	Outono		Inverno		Primavera		Verão	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
SP Sol	20,3 ^{ns}	4,30	17,4 ^{ns}	3,03	27,4 ^{ns}	4,30	28,8 ^{ns}	2,90
SP Sombra	18,6*	3,80	17,0*	3,07	27,0 ^{ns}	4,12	28,8 ^{ns}	3,02
Refúgio	19,8*	4,18	17,0*	2,98	26,4*	4,00	27,7*	2,60
Pleno Sol	20,2	4,42	17,4	3,22	27,1	4,06	28,8	2,97

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo

No outono, a temperatura média do ar diferiu estatisticamente nos tratamentos SP Sombra e Refúgio, em relação ao Pleno Sol. Com valores de 1,6°C e 0,4°C maior que nos tratamentos SP Sombra e Refúgio, respectivamente. No inverno, Esses mesmos tratamentos também diferiram estatisticamente do pasto conduzido a pleno sol, ambos com temperatura média 0,4°C menor. Na primavera e no verão, somente o Refúgio diferiu estatisticamente do tratamento Pleno Sol, sendo a temperatura média do ar, respectivamente, 0,7°C e 0,9°C menor. A razão pela qual as médias de temperaturas dos tratamentos no sistema silvipastoril foram similares ao pasto conduzido a pleno sol pode ser atribuída a mudança na declinação solar, de modo que a trajetória do sol passava paralelamente aos renques de árvore por um grande período do dia nestas estações, com maior incidência de radiação solar desde a área mais próxima às árvores até a área central do espaçamento entre renques. Segundo Silva (2006) a posição ou elevação do sol altera a quantidade de radiação solar incidente sobre as regiões próximas ao paralelo 23°, havendo radiação solar mais intensa no verão e diminuindo conforme aproxima-se o inverno.

Observou-se que a temperatura do ar foi influenciada pelo componente arbóreo, pois os tratamentos conduzidos sob a sombra das árvores apresentaram redução significativa nos valores registrados em relação ao Pleno Sol. Pezzopane et al. (2015) obtiveram resultados semelhantes ao avaliar o microclima em sistema silvipastoril, encontrando valor máximo diário de temperatura do ar de 28,3°C

no pasto conduzido a pleno sol e redução aproximada de 1°C sob sombra. Em avaliação do ambiente térmico para bovinos de corte conduzidos em diferentes condições de sombreamento natural, Navarini et al. (2009) observaram reduções na temperatura do ar de 1,9 a 3,6°C sob sombra em relação ao pleno sol, onde a temperatura máxima foi de 30,5°C.

O efeito do sombreamento sob a temperatura também pode ser verificado em outros tipos de cultivos consorciados. Pezzopane et al. (2011) ao avaliarem o microclima em sistema de produção de café conilon (*Coffea canephora*) a pleno sol e consorciado com coqueiro-anão-verde (*Cocos nucifera*), registraram valor máximo de temperatura do ar ao sol de 31°C, com redução de 2°C no sistema sombreado. Silva et al. (2010) observaram valor médio de temperatura do ar de 26,7°C em sistema de café sombreado com acácia (*Acacia holosericea*), com aumento de 4,2°C no cultivo de café solteiro.

O ambiente microclimático é um fator determinante para a sanidade e potencial produtivo dos animais, de modo que alterações na temperatura, umidade ou incidência de radiação solar sobre eles podem gerar desconforto térmico e acarretar em alterações em seus metabolismos. A faixa de conforto térmico para bovinos por ser considerada relativamente pequena, sendo para raças européias de -1°C a 16°C, com limite crítico a partir de 27°C, enquanto para raças zebuínas está entre 10°C e 27°C e se torna crítica com temperaturas maiores que 35°C (FURTADO et al., 2012). Segundo Baccari Junior (1998), o limite crítico para vacas da raça Holandesa é de 24°C, sendo que temperaturas superiores causam desconforto térmico e podem acarretar em quedas produtivas.

No outono, a média do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no tratamento Pleno Sol foi de 68 e apenas o tratamento SP Sombra diferiu estatisticamente do pleno sol (Tabela 3). Entretanto, nessa estação do ano, mesmo havendo a possibilidade da ocorrência de altas temperaturas o clima é mais ameno e assim, a média para o ITU em todos os tratamentos representaram condições normais de conforto térmico animal, segundo a classificação de Hahn (1997).

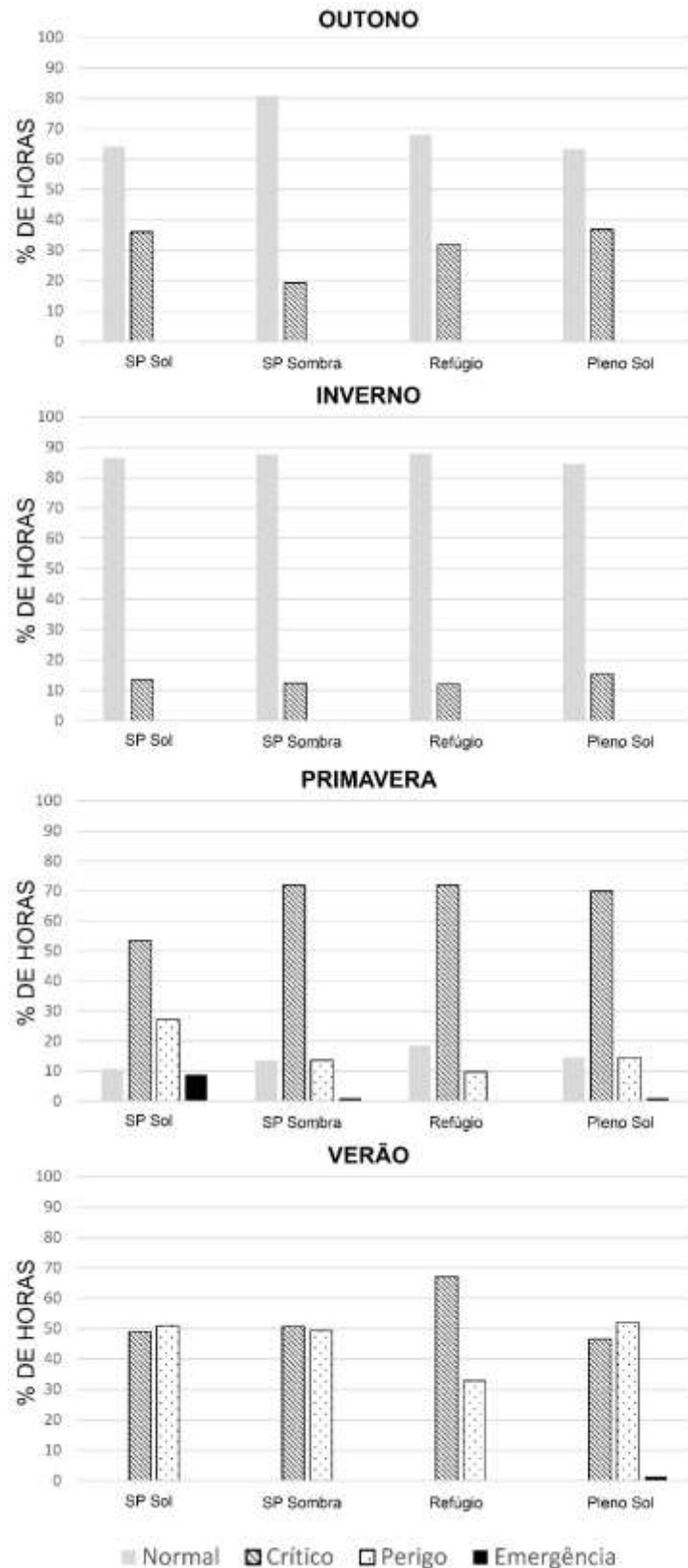
Tabela 3. Comparação de médias (*Teste t*) de Índices de Temperatura e Umidade (ITU), entre o sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra) e na área de refúgio (Refúgio), em relação ao pasto a pleno sol (Pleno Sol), nas estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.

Tratamento	Outono		Inverno		Primavera		Verão	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
SP Sol	68 ^{ns}	5,10	64 ^{ns}	3,69	77*	4,92	78 ^{ns}	3,02
SP Sombra	66*	4,89	64 ^{ns}	3,73	75 ^{ns}	4,21	78 ^{ns}	3,12
Refúgio	68 ^{ns}	5,09	64 ^{ns}	3,65	74 ^{ns}	4,12	76*	2,71
Pleno Sol	68	5,30	64	3,89	75	4,19	78	3,10

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns – não significativo

Na Figura 2 verifica-se que no outono em todos os tratamentos houve mais de 60% das horas em condição térmica classificada como normal, no qual os animais não foram expostos a nenhum tipo de estresse por temperatura. O tratamento SP Sombra apresentou 20% das horas em condição classificada como crítica, enquanto que nos demais tratamentos para essa condição foi superior a 30%.

Figura 2. Porcentagem de horas em condições de conforto térmico Normal, Crítica, Perigo e Emergência para o sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra), na área de refúgio (Refúgio) e pastagem a pleno sol (Pleno Sol), nas diferentes estações do ano em Ibiporã-PR, 2017/2018.



O adensamento das árvores na área de refúgio pode ter sido o motivo pelo qual o ITU não diferiu do pasto a pleno sol. A vegetação densa impede a dissipação do calor por advecção e convecção em períodos quentes, podendo ocasionar temperaturas mais elevadas. A redução de umidade também pode ser afetada, influenciando nos valores do ITU. O conforto térmico animal está intrinsecamente ligado aos níveis de umidade relativa da atmosfera associados com a temperatura. Desse modo, em um ambiente quente e seco, a transpiração acontece rapidamente, acarretando em irritações cutâneas nos animais, em contrapartida, um ambiente quente, porém muito úmido, torna a transpiração muito lenta ou até nula, reduzindo a termólise (SANTOS et al., 2005).

No inverno todos os tratamentos apresentaram média de ITU igual a 64, não houve diferenças estatísticas do sistema silvipastoril ou da área de refúgio em relação ao pasto conduzido a pleno sol. Em todos os tratamentos houve mais de 80% da horas em condição térmica normal e, aproximadamente, 10% de condição crítica. De modo geral, nessa estação mais fria os animais permanecem poucas horas em condições de estresse térmico por temperaturas elevadas, mas o componente arbóreo pode ter um papel importante de proteger os animais contra o estresse por baixas temperaturas, devido a ocorrência de ventos frios e geadas. Resultados semelhantes foram constatados por Leme et al. (2005), que encontraram valores de ITU variando entre 61 a 70 no inverno, avaliando sistema silvipastoril em Coronel Pacheco - MG. Em estudo realizado em Campo Grande - MS, região mais quente que a do presente estudo, foram constatados valores médios de ITU para o mês de junho de 75 às 09:00 horas, 80 às 12:00 horas e 78 às 15:00 horas, em avaliação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com diferentes espaçamentos entre árvores, indicando condições de desconforto térmico mesmo na estação mais fria do ano (KARVATTE JÚNIOR et al., 2016).

Na primavera, o tratamento Pleno Sol apresentou ITU médio de 75 (Tabela 3), diferindo estatisticamente apenas do tratamento SP Sol, que apresentou média 77. Uma vez que os renques têm orientação aproximadamente leste-oeste, a declinação solar pode ter influenciado para tal resultado, tendo o sol trajetória perpendicular ao renque de árvores por longo período do dia. Com maior incidência de radiação solar a temperatura aumentou e acarretou em um ITU mais elevado. De modo geral, a condição térmica média de todos os tratamentos na primavera foi

classificada como crítica, em que os animais já podem sofrer com o desconforto térmico (Figura 2). Os tratamentos SP Sombra, Refúgio e Pleno Sol apresentaram mais de 70% das horas em condição térmica crítica, entretanto apresentaram poucas horas de condição de perigo ou emergência. Por sua vez, o tratamento SP Sol apresentou aproximadamente 50% de horas em condição crítica, 28% de condição de perigo e 9% das horas em condição de emergência. Karvatte Júnior et al. (2016), ao avaliarem três sistemas agrosilvipastoris com diferentes espaçamentos entre renques em Campo Grande - MS, encontraram para o mês de setembro valores médios de ITU para os sistemas de integração pecuária-floresta de 79 e para o pleno sol de 83, valores superiores aos encontrados nesse estudo para a estação de primavera em todos os sistemas estudados.

No verão, apenas no Refúgio o ITU foi estatisticamente menor que o tratamento de referência. O valor médio de ITU encontrado na pastagem a pleno sol foi de 78, enquanto que na área de refúgio foi de 76 (Tabela 3). No entanto, segundo a classificação de Hahn, em todos os tratamentos os animais encontraram-se em condições de desconforto térmico durante o verão. Não foram constatados valores que expressam condições normais de conforto térmico em qualquer tratamento. No Refúgio houve aproximadamente 68% das horas consideradas críticas e 32% classificadas como condição de perigo. Nos demais tratamentos o número de horas de perigo foi maior, cerca de 50%. No tratamento Pleno Sol também constatou-se 2% das horas em condição de emergência. É importante ressaltar que nos meses de dezembro e janeiro houve grande ocorrência de chuvas na região de estudo, fator que pode ter influenciado os valores de temperatura e umidade, que pode ter refletido em condições de conforto térmico mais favoráveis.

Estudos mostram resultados semelhantes ao avaliarem o efeito do sombreamento no verão. Gurgel et al. (2012), avaliando a qualidade térmica sob sombreamento de três espécies arbóreas encontraram valores máximos de ITU de 75, tanto nos tratamentos sombreados como também ao sol. Ferreira et al. (2011), ao avaliarem sombras de diversas espécies nativas, constataram valores médios de ITU de 74 a 78. Em estudo no Noroeste do Paraná, Navarini et al. (2009), analisaram o efeito da sombra de guajuvira (*Patagonula americana*) dispostas em bosques, laranjeira (*Citrus sinensis*) e goiabeira (*Psidium guajava*) isoladas, obtendo valores médios de ITU entre 76 e 78 nas condições sombreadas e ITU de 80 a pleno sol, valores que indicam condição de estresse térmico.

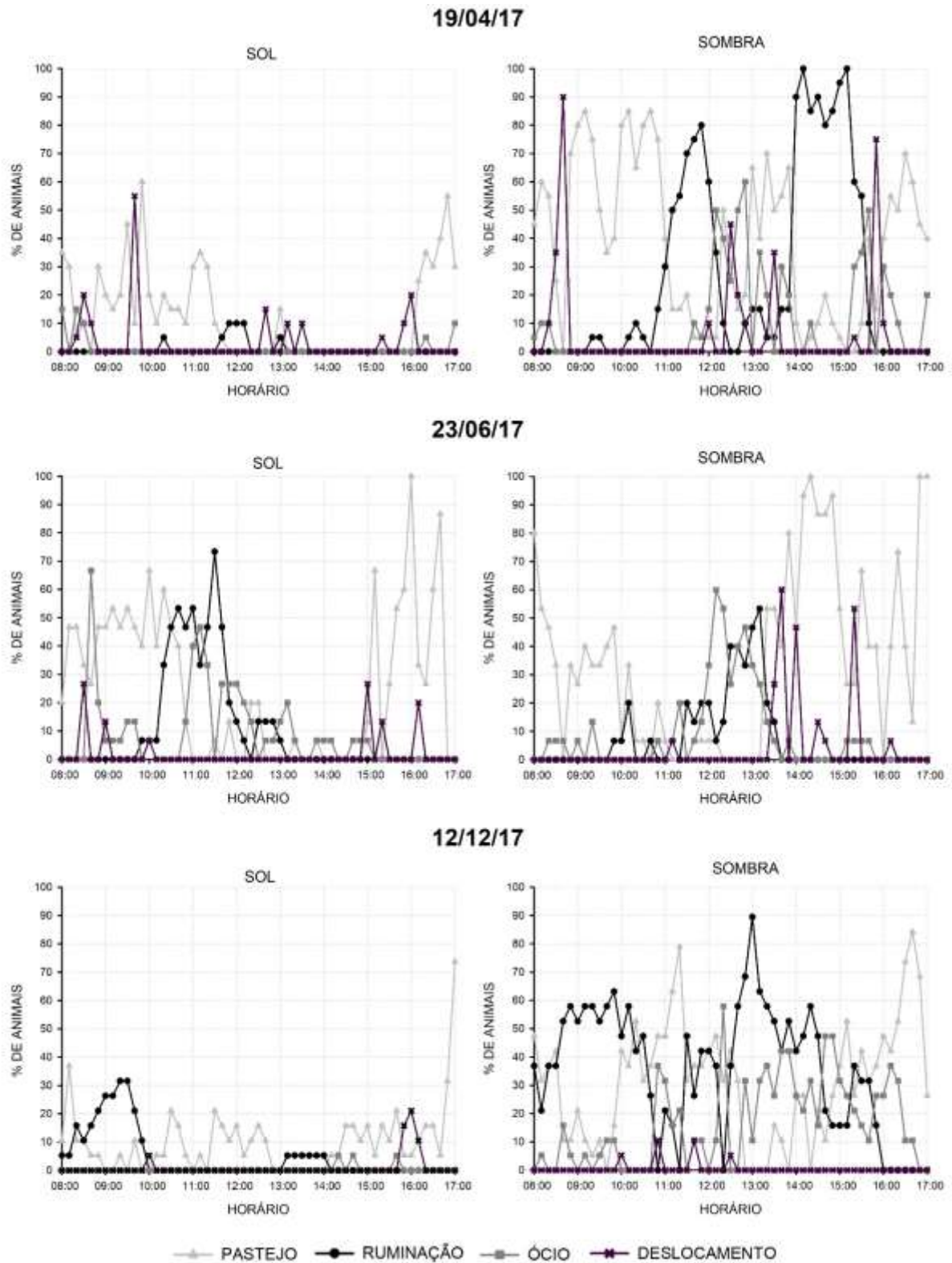
Corroborando com resultados de Baêta e Souza, (2010) e Karvatte Júnior et al. (2016), ao avaliarem conforto térmico animal proporcionado por diversos sistemas sombreados, nenhum dos sistemas avaliados no presente trabalho pode ser destacado por propiciar aos animais uma condição sem estresse térmico durante todo o dia e nas diferentes épocas do ano. Entretanto, o componente arbóreo tem um papel importante, uma vez que a sombra altera o balanço de radiação dos animais, protegendo-os contra a incidência de radiação solar direta, sem alterar a temperatura e umidade do ar (BARBOSA et al., 2004). Um exemplo são os resultados encontrados por Martello (2002), que não observou alteração na termorregulação de vacas Holandesas mesmo com média diária de ITU elevada (76). Assim como Matarazzo (2004), que constatou condições de estresse térmicos em vacas Holandesas mesmo sob condições ambientais de ITU de 75.

O método de estimativa de conforto térmico pelo Índice de Temperatura e Umidade (ITU) não considera a ação do vento sobre os sistemas. Este elemento meteorológico tem um papel importante no transporte lateral de calor através do processo de advecção. Esse processo é muito mais eficiente nas pastagens a pleno sol e assim, o ITU não condiz com a real situação de campo. Outro elemento importante é a radiação solar incidente sobre os animais, que influem diretamente a temperatura corpórea. Desta maneira, seria adequado monitorar a temperatura corporal do animal para poder estimar de forma mais precisa seu conforto térmico a partir de alterações em seu metabolismo, assim como realizado por Perissinotto; De Moura (2007) e Matarazzo (2004), que determinaram o conforto térmico para vacas Holandesas através do monitoramento da temperatura retal e taxa respiratória dos animais.

O comportamento dos animais também é altamente influenciado pelas condições ambientais, em que condições de desconforto térmico podem alterar os hábitos alimentares e reduzir o potencial produtivo. A Figura 3 mostra o comportamento ingestivo animal, no período das 08:00 às 17:00 h, em três dias de análise para épocas distintas do ano. De maneira geral, em todos os dias estudados verificou-se um comportamento rotineiro, com pastejo nos períodos mais amenos do dia durante a manhã e fim de tarde. Tal comportamento também foi observado por Ribeiro et al. (2012), em que os animais pastejaram durante vários períodos do dia, com redução dessa atividade nos períodos mais quentes. A ruminação ou ócio ficaram concentrados nos períodos mais quentes, como forma dos animais pouparem gasto

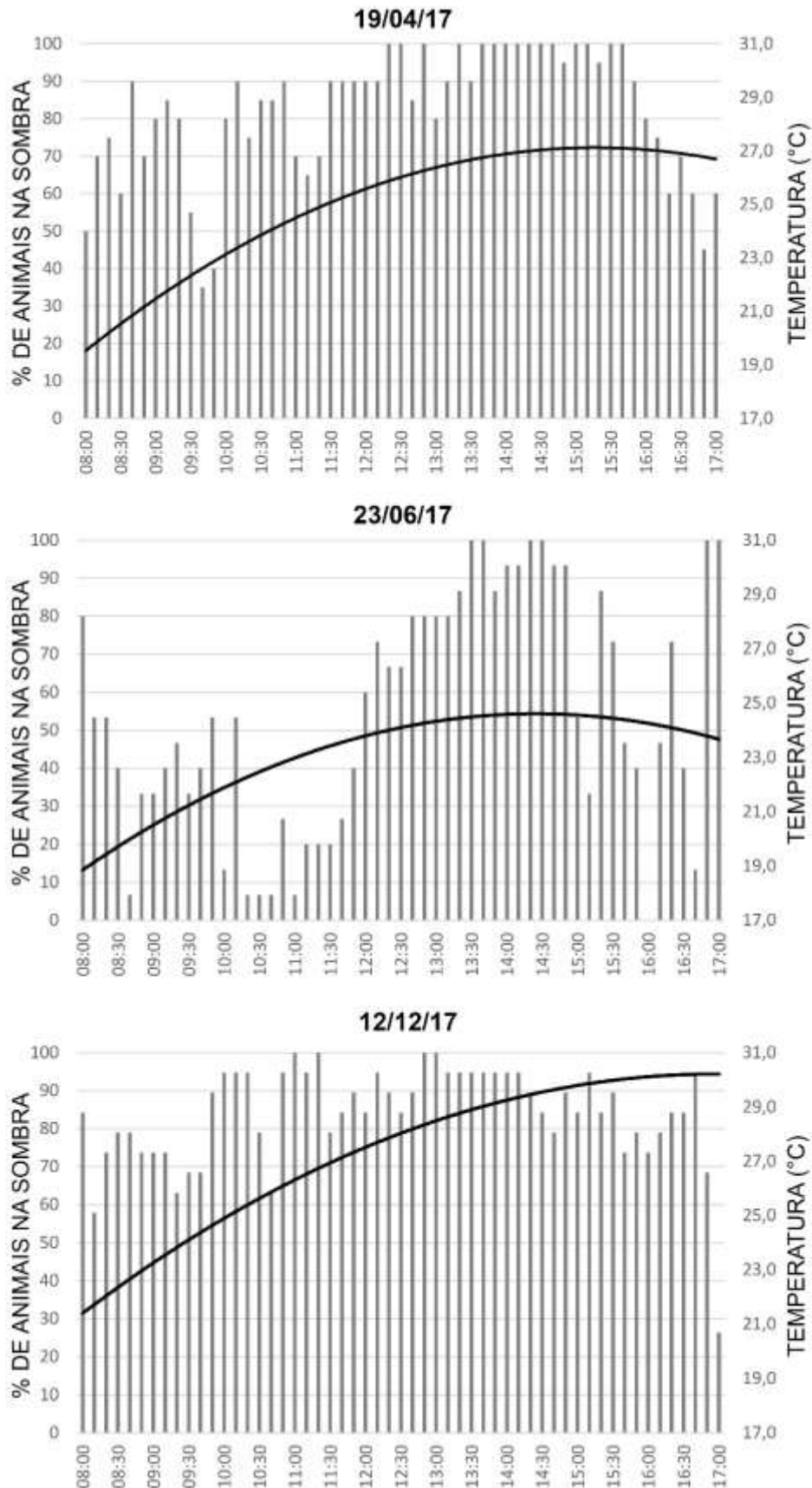
de energia. Após se alimentar em determinada região do pasto, os animais se deslocavam visando pastejar em uma área nova.

Figura 3. Comportamento Ingestivo Animal em áreas de sombra e sol em sistema silvipastoril no período das 08:00 às 17:00 horas, em épocas distintas do ano na cidade de Ibiporã- PR, 2017.



Na região norte do Estado do Paraná, na qual foi realizado o presente estudo, os animais estão sujeitos a sofrerem desconforto térmico devido às eventuais altas temperaturas que podem ocorrer no outono. Desse modo, na análise realizada 19/04/17, observou-se que os animais preferiram pastejar nos períodos de temperatura mais amenas e o processo de ruminação e ócio concentraram-se no período mais quente do dia, das 11:00 às 16:00 horas (Figura 3). Constatou-se que houve preferência da permanência na maior parte do dia sob a sombra das árvores. No dia analisado, a temperatura média variou entre 20°C a 27°C, sendo evidente a busca dos animais pelo conforto térmico fornecido pela sombra das árvores. Observou-se que o período das 11:30 às 15:30 h, mais de 80% dos animais estavam sob a sombra (Figura 4).

Figura 4. Porcentagem de animais na sombra e temperatura do ar, durante o período das 08:00 às 17:00 horas nos dias 19/04/17, 23/06/17 e 12/12/17 em sistema silvipastoril na cidade de Ibiporã-PR.



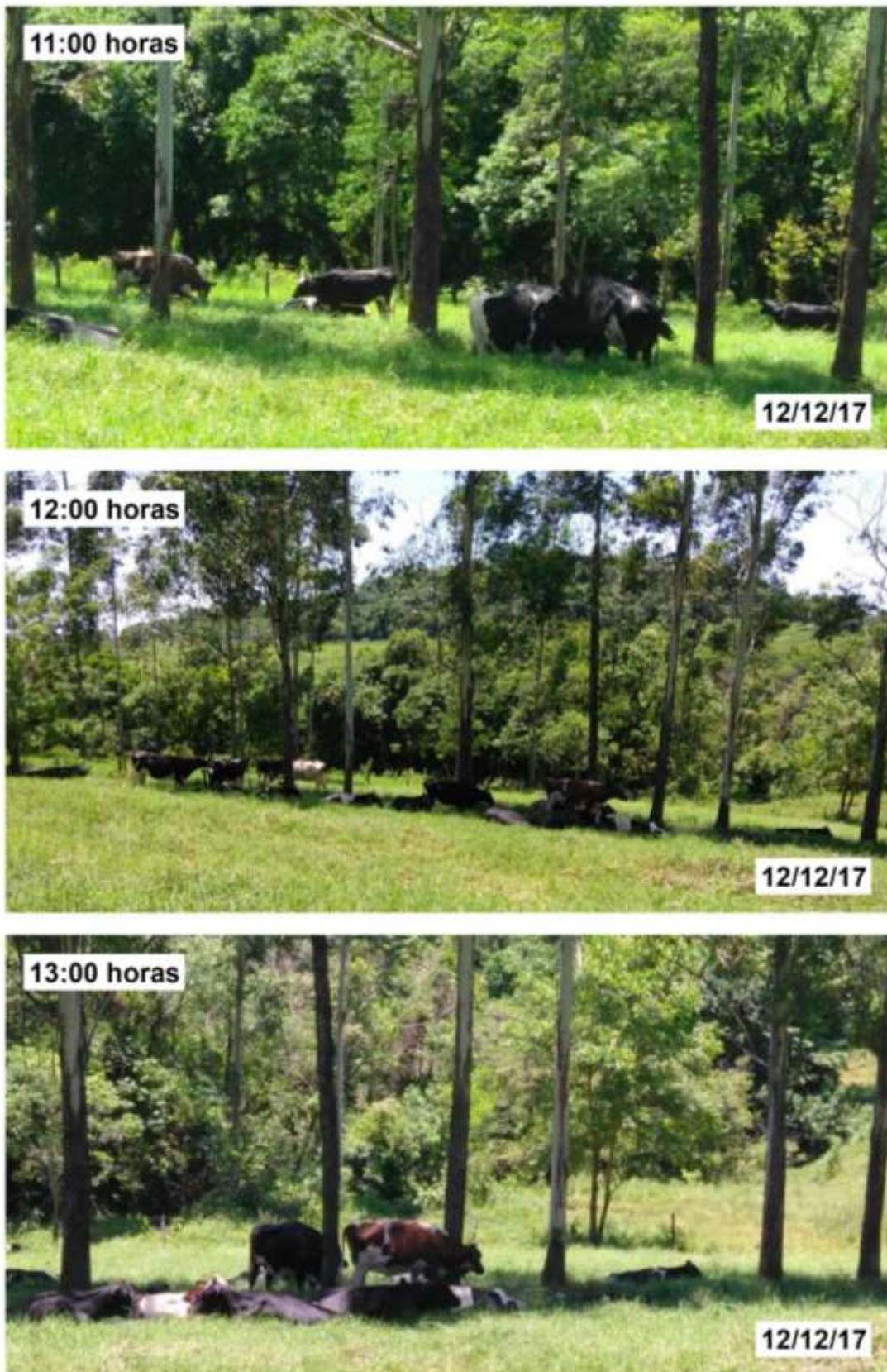
Comportamento semelhante foi observado na análise do dia 23/06/17, entretanto a busca pela proteção da sombra das árvores foi menor, devido as temperaturas mais amenas do inverno, variando entre 19 a 24°C. Verificou-se que, somente após às 12 horas, os animais refugiaram-se sob a sombra das árvores e tornaram-se indiferentes a essa proteção após as 14:30 horas, quando a temperatura começou a diminuir. Desse modo, o pastejo ficou concentrado no período da manhã, até 11 horas, e no fim da tarde, após as 15 horas. O processo de ruminação concentrou-se no período mais quente do dia, das 11 horas às 15 horas, em que os animais buscaram proteção contra altas temperaturas sob a sombra. Estudos realizados por Penning et al. (1991), Brâncio (2003) e Bremm (2008), mostraram resultados semelhantes aos encontrados no outono e inverno, em que o tempo de pastejo dos animais foi de 6,8 a 11,3 horas, com preferência por realizar esta atividade durante o dia. Observaram que a maior parte do pastejo ocorreu cerca de 4 horas antes do pôr-do-sol, no período das 14 às 17 horas e também no início da manhã, sob temperaturas mais amenas.

A primavera é uma estação em que há ocorrência de temperaturas elevadas na região do norte do Paraná. No dia 12/12/17 em que foram realizadas as observações, a temperatura média do ar variou de 21°C a 30°C e verificou-se que os animais buscaram a proteção oferecida pela sombra das árvores desde as primeiras horas do dia, com 70% dos animais sob a sombra em quase todo o dia. Notou-se que os animais alternaram entre as atividades de pastejo e ruminação ao longo de todo o dia, sem haver um período característico com todos animais na mesma atividade. Costa et al. (2015), observaram maior consumo da espécie forrageira ao longo do dia no período mais chuvoso do ano em relação ao mais seco. Os animais buscavam durante o dia suas fontes de alimento para suprir suas necessidades nutricionais, deixando o processo de ruminação para o período noturno. A presença das árvores facilitou a atividade de pastejo por diversas horas do dia, garantindo maior conforto térmico. A disponibilidade de sombra influencia no comportamento animal, favorecendo o pastejo, além de melhorar as condições fisiológicas dos animais, aumentando o desempenho produtivo (TITTO et al., 2008).

A Figura 5 ilustra o comportamento animal nas horas mais quentes do dia 12/12/17, período do ano com temperaturas altas no norte do Paraná. Nota-se que desde as 11 horas 100% dos animais já se encontravam sob sombra, onde alguns

ainda pastejavam e outros já iniciaram o processo de ruminação. Às 12:00 e 13:00 horas todos animais ainda permaneceram sob a sombra e cerca de 90% estavam ruminando. Os animais se concentraram nas áreas mais próximas ao renque de árvores, devido ao pequeno comprimento de sombra projetada nesta época do ano. Evidencia-se a preferência dos animais por permanecer sob a sombra nos períodos mais quentes do dia, enfatizando a importância do componente arbóreo, que além de fornecer maior conforto térmico e proteção contra a incidência direta de radiação solar sobre os animais, facilita o pastejo nos horários mais quentes do dia e torna a ruminação mais eficiente.

Figura 5. Comportamento animal em sistema silvipastoril, entre 11:00 às 13:00 horas do dia 12 de dezembro de 2017 em Ibiporã-PR.



Fonte: Próprio autor.

3.4 CONCLUSÕES

O componente arbóreo exerce influência direta sobre o microclima de sistemas arborizados, tanto no silvipastoril, quanto na área de refúgio. Em geral, constatou-se redução na temperatura do ar em relação a pastagem a pleno sol. A sombra tem papel importante de proteção dos animais contra incidência direta de radiação solar, propiciando maior conforto térmico, facilitando o pastejo nos horários mais quentes do dia e tornando mais eficiente o processo de ruminação.

4 ARTIGO B

Radiação solar, qualidade e produção de pastagem em sistema silvipastoril.

RESUMO

Sistemas de integração silvipastoris são eficientes alternativas para aumentar a produção animal, aumentando o conforto térmico e favorecendo o ganho de peso. Em contrapartida, a inserção do componente arbóreo altera a incidência de radiação solar sobre o sistema, em que altos níveis de sombreamento podem ser prejudiciais ao desenvolvimento da pastagem. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi mensurar a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que incide sobre um sistema silvipastoril e suas relações com a produção e qualidade da pastagem, verificando a influência do componente arbóreo sobre a produção de biomassa e qualidade bromatológica da pastagem, em relação ao pasto conduzido a pleno sol. O experimento foi conduzido na estação do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizado em Ibiporã-PR, em área de integração silvipastoril de Eucalipto com Tifton. Foram coletados dados de radiação fotossinteticamente ativa em cinco distâncias perpendiculares aos renques, partindo de um renque ao outro localizado a 30 m. Cada ponto teve 10 repetições, formando uma malha de 50 pontos de leitura. Após cada repetição mediuse a radiação fotossinteticamente ativa a pleno sol. Para fins comparativos as análises foram realizadas mensalmente em dias de céu limpo, sendo realizadas leituras horárias no período das 08:00 às 17:00 h. Nos dias de coleta mediuse também a projeção da sombra ao longo do dia em 10 pontos diferentes. As variações da radiação fotossinteticamente ativa entre as estações do ano e cada distância estudada foram comparadas por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade. Para verificar a influência do sombreamento sobre a qualidade e a produção da pastagem foram coletadas 5 amostras em três tratamentos, abaixo da copa das árvores, no meio dos renques e a pleno sol. Analisou os teores em porcentagem de Matéria Seca Total, Proteína Bruta, Matéria Mineral, Fibras em Detergente Neutro e Fibras em Detergente Ácido. Com base nos teores de matéria seca e o peso de massa seca, estimou-se a produção por hectare. Esses dados foram comparados pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, para as quatro estações do ano. Verificou-se alterações na incidência de radiação fotossinteticamente ativa ao longo do ano, devido a posição e declinação do sol, e entre as distâncias devido a interceptação da copa das árvores. Nas áreas mais centrais entre renques houve maior quantidade de radiação solar em todas as épocas do ano. Da mesma forma, houve variações do deslocamento da sombra ao longo do ano devido à declinação solar, com menor comprimento de sombra durante o verão. Não foram encontradas diferenças entre a composição bromatológica dos tratamentos sombreados e a pleno sol. Houve redução nos teores de fibra e maior acúmulo de matéria seca sob sombra. Conclui-se que sombreamento moderado não afeta negativamente no desenvolvimento da pastagem, tendo produção e qualidade similar ao cultivo a pleno sol, fornecendo aos animais alimento com teores nutricionais adequados.

Palavras chave: Pecuária-floresta; Composição bromatológica; Radiação fotossinteticamente ativa; Sombreamento; Pleno Sol.

Solar radiation, quality and pasture production in silvopastoral system.

ABSTRACT

Silvopastoral integration systems are efficient in restoring degraded pastures and favor the production of forage through the deposition of organic material, to improve the aeration and microbiota of the soil. In contrast, the insertion of the tree component changes the incidence of solar radiation on the system, in which high levels of shading may be detrimental to pasture development. The objective of the present study was to measure the amount of photosynthetically active radiation that affects a silvopastoral system and its relationship with pasture production and quality, verifying the influence of the tree component on biomass production and pasture bromatological quality, in relation to open-grwon pasture. The experiment was conducted at the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), located in Ibiporã-PR, in a silvopastoral integration area of Eucalyptus and Tifton. Data were collected from photosynthetically active radiation at five distances perpendicular to the tree lines, starting from one end to the other located at 30 m. Each point had 10 replications, forming a mesh of 50 reading points; after collecting each replication, points corresponding to full sun were also collected. The analyzes were performed monthly on clear day, and hourly readings were performed from 08:00 to 17:00 h. On the days of collection, the projection of the shade was also measured throughout the day in 10 different points. The variations of the photosynthetically active radiation between the seasons of the year and each studied distance were compared by means of the Tukey test at 5% probability. In order to verify the influence of the shading on the quality and the production of the pasture, 5 samples were collected in three treatments, under the tree canopy, in the middle of the rocks and in full sun. It analyzed the percentage contents of Total Dry Matter, Crude Protein, Mineral Matter, Neutral Detergent Fibers and Acid Detergent Fibers. Based on the dry matter content and the weight of dry mass, production per hectare was estimated. These data were compared by the Tukey test, at 5% probability, for the four seasons of the year. Changes in the incidence of photosynthetically active radiation throughout the year were observed, due to the position and declination of the sun, and between distances due to interception of the tree canopy. The most central distances of the spacing between the tree lines had more solar radiation at all times of the year. Likewise, there were variations of shade throughout the year due to solar declination, with shorter shade projection during summer. No differences were found between the bromatological composition of the shade treatments and the full sun, with a reduction in fiber content and a greater accumulation of dry matter under shade. It is concluded that moderate shading does not negatively influence pasture development, with production and quality similar to full sun cultivation and providing the animals with food with adequate nutritional contents.

Key words: Forest-livestock; Bromatological composition; Photosynthetically active radiation; Shade; Full Sun.

4.1 INTRODUÇÃO

Atualmente a pecuária brasileira extensiva é baseada predominantemente em pastos expostos a pleno sol, com área correspondente de 200 milhões de hectares (CEPAL, 2009;FAO, 2010). A pouca ou nenhuma preocupação com manejo e manutenção do pasto neste sistema tem provocado a degradação da pastagem e do solo. Estima-se que cerca de 85% da área de pastagem no território nacional encontra-se em algum estágio de degradação (IBGE, 2006).

Nesse contexto, os sistemas silvipastoris, que integram espécies arbóreas associadas com a produção de animais em pasto, se mostram uma eficiente alternativa para recuperar áreas de pastagens degradadas. A inserção do componente arbóreo é favorável também ao conforto térmico animal, melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, que favorecem o crescimento e desenvolvimento da pastagem, tornando-a mais produtiva e auxiliando na sua manutenção ao longo dos anos (YOUNG, 1997; FEARNSSIDE, 2001; DE FREITAS et al., 2011; GATTO et al., 2010).

Entretanto, a disponibilidade de radiação solar tem interferência direta das árvores, podendo influir sobre o desenvolvimento e crescimento da espécie forrageira. O sombreamento e a deposição de serapilheira desencadeiam diversas alterações morfológicas e fisiológicas na planta forrageira, que refletem na produção e valor nutritivo da pastagem (CASTRO et al., 1999; LIN et al., 1999; PACIULLO et al., 2007). Além disso, o fotoperíodo condiciona o florescimento, produção de sementes e a duração do período vegetativo de crescimento, que é a fase de grande interesse na produção de gado, em que a pastagem produzirá matéria seca em quantidades e níveis nutricionais adequados para a alimentação (RODRIGUES & RODRIGUES, 1987).

Algumas das espécies de gramíneas são tolerantes ao sombreamento, dentre as mais utilizadas no Brasil para a formação de pastagens estão a *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, cultivares de *Panicum maximum* e *Cynodon spp.* Tifton, sendo alternativas para a produção em sistema silvipastoril devido a sua fácil adaptação as condições edafoclimáticas (CARVALHO et al., 2001; HUDE et al., 2012). Entretanto, mesmo espécies tolerantes, sob elevado sombreamento podem ter seu desenvolvimento comprometido, pois necessitam utilizar mecanismos que a conferem a tolerância ao sombreamento, com o intuito de

maximizar a eficiência no uso da radiação solar no processo fotossintético. Para isso, demandam de modificações anatômicas, morfológicas e fisiológicas para interceptar maior quantidade de radiação, como por exemplo a produção de área foliar, que podem afetar a qualidade e quantidade da forragem produzida (LAMBER et al., 1998; PACIULLO et al., 2007; PERI et al., 2007).

Desse modo, o objetivo do presente estudo é mensurar a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que incide sobre um sistema silvipastoril e suas relações com a produção e qualidade da pastagem, verificando a influência do componente arbóreo sobre a produção de biomassa e qualidade bromatológica da pastagem, em relação ao pasto conduzido a pleno sol.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizada no município de Ibiporã – PR, latitude 23,16 S, longitude 51,01 W e altitude de 484m. Com classificação do solo como Nitossolo Vermelho. O clima na região é Subtropical Úmido (Cfa), segundo a classificação climática de Köppen, com verões quentes e sem estação seca definida (IAPAR, 2009).

As análises foram realizadas em uma área de integração silvipastoril de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) com Tifton 85 (*Cynodon spp.*) implantada em 2011. As árvores foram plantadas inicialmente em renques de 60 m de comprimento e espaçamento de 15 m. Aos 4 anos de idade das árvores foi realizado o raleio dos renques, diminuindo seu comprimento para 30 m de forma intercalada, aumentando para 30 m o espaçamento entre renques (Figura 1).

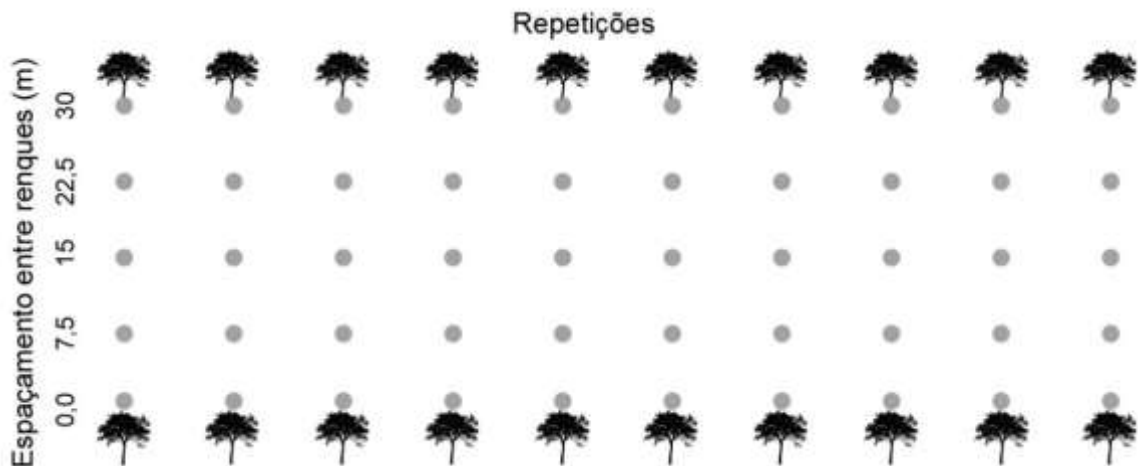
Figura 1. Vista aérea da área de estudo, sistema silvipastoril, na estação experimental do Instituto Agrônomo do Paraná em Ibiporã-PR.



Fonte: Google Earth com alterações do autor.

Foi mensurada a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e para isso utilizou-se um ceptômetro de barra de 1 m, com 80 sensores, modelo comercial Accupar Ip-80, da empresa Decagon. Foram coletados dados de radiação em 5 pontos perpendiculares aos renques de eucaliptos e uniformemente espaçados, partindo de um renque até o outro. Cada um destes pontos teve 10 repetições distribuídas ao longo dos renques de eucalipto, formando uma malha de 5 x 10, totalizando 50 leituras dentro do sistema silvipastoril a cada hora (Figura 2).

Figura 2. Mapa de coleta de dados de radiação fotossinteticamente ativa, perfazendo cinco distâncias com dez repetições cada.



Para fins comparativos foi realizada uma leitura a pleno sol após efetuadas as medidas na sombra. Essas análises foram realizadas mensalmente, escolhendo um dia sem núvens, com coletas horárias, das 08:00 às 17:00 horas. Os dados de RFA foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Foi medido o comprimento da sombra nas 10 repetições a cada hora ao longo do dia, utilizando uma trena.

Foram coletadas amostras da pastagem em três tratamentos diferentes: pleno sol; sob a copa das árvores, considerando uma distância de 2 metros da linha do renque; e entre renques. Foi realizada uma amostragem por estação do ano, nas seguintes datas: 16/05/2017; 17/07/2017; 14/11/2017; 09/02/2018.

Utilizou-se um quadrado amostrador de 0,5 m², que foi lançado de maneira aleatória em 5 pontos para cada tratamento, a fim de obter uma amostra representativa da forrageira em cada condição microclimática, configurando um

delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições. As amostras foram cortadas a 0,05 m do solo, embaladas em saco de papel e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, sob temperatura de 65°C.

A composição bromatológica das amostras foi obtida através das análises em porcentagem de teor de matéria seca total (MST), de matéria mineral (MM), de proteína bruta (PB), de fibras em detergente ácido (FDA) e de fibras em detergente neutro (FDN), segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Para determinação da produção de matéria seca por hectare as amostras foram pesadas logo após o corte, para quantificar a massa verde, e após a secagem para obter a massa seca. Os resultados foram submetidos a análise de variância e comparados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) variou de acordo com a estação ano e a distância em relação ao renque de árvores(Tabela 1). Na primavera e verão houve maior quantidade de RFA incidente sobre o sistema em todas as distâncias estudadas. Na distância 0 m, mais próxima ao renque de árvores em direção ao Leste, houve maior incidência de RFA na primavera do que no verão, devido a posição do sol em relação às linhas de árvores e a maior projeção de sombra no verão. Nas distâncias 7,5 e 30 metros, não houve diferença estatística quanto a quantidade de RFA incidente na primavera e verão. Por fim, nas distâncias 15 e 22,5 m teve maior quantidade de radiação na estação do verão. Os valores de RFA mensurados no outono e no inverno não diferiram entre si em nenhuma distância estudada.

Comparando as variações de RFA incidente sobre as diferentes distâncias em uma mesma estação, constatou-se que a maior incidência dessa radiação ocorreu nas distâncias de 7,5 e 15 metros em todas as estações. Observou-se em todas as estações do ano que durante a manhã a projeção da sombra das árvores ocorre para o Oeste, e durante o período do dia em que há maior incidência de radiação, o sol ultrapassa a linha de árvores em sua trajetória, projetando sombra para o Leste. Desse modo, houve baixa interceptação de RFA nessas distâncias nos horários de maior incidência. Segundo Pezzopane et al. (2010) as variações da transmissividade da RFA nos diferentes pontos coletados pode ser atribuída à orientação das linhas das árvores, altura e porosidade da copa, movimento e o maior aclave do sol no verão e declive no inverno.

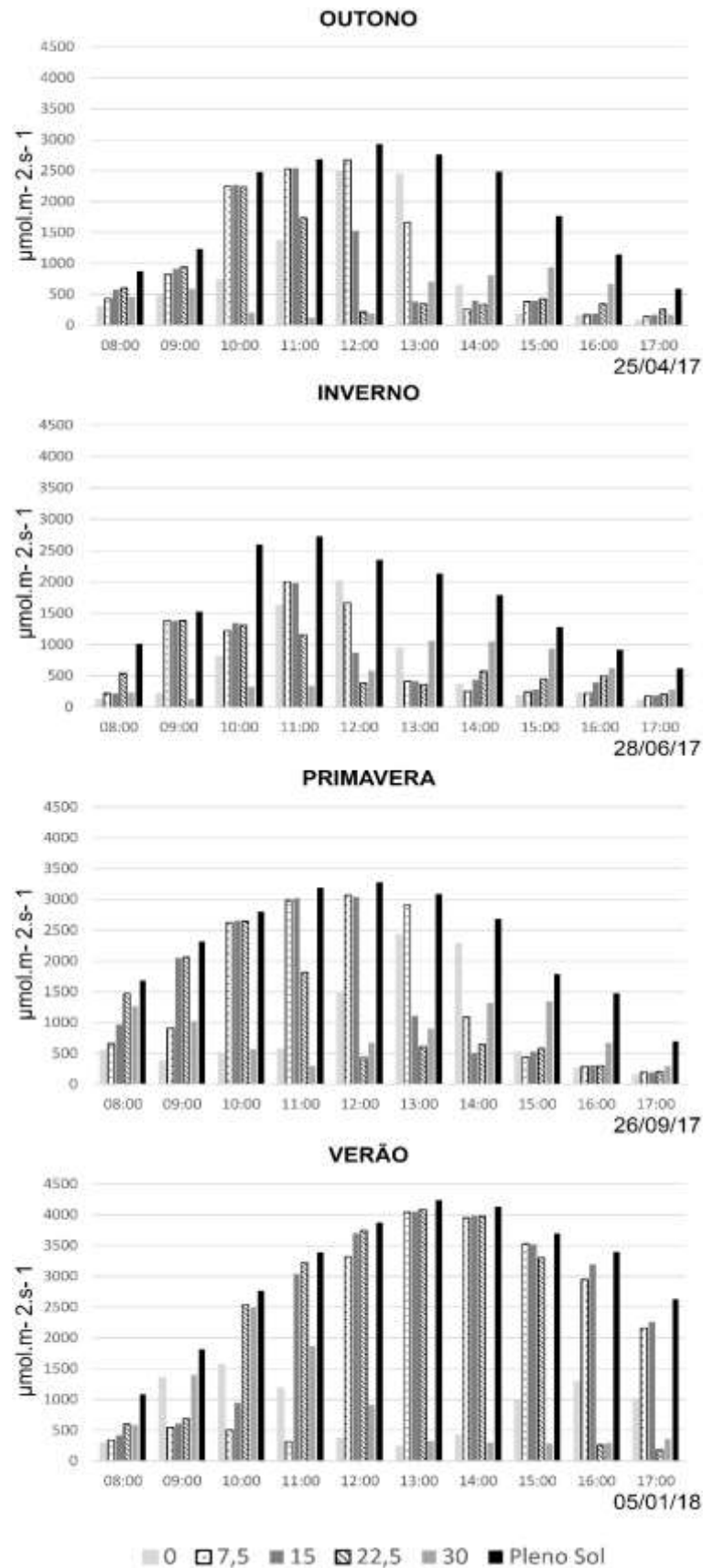
Tabela 1. Incidência de radiação fotossinteticamente ativa ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) nas estações do ano e diferentes distâncias entre renques de eucalipto em sistema silvipastoril na cidade de Ibiporã-PR, 2017/2018.

Estações	Distâncias (m)				
	0,0	7,5	15	22,5	30
	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$
Outono	800 aAB	978 aB	838 aC	662 bC	567 bB
Inverno	662 bB	857 aB	781 aC	700 aC	614 bB
Primavera	923 cA	1842 aA	1921 aB	1364 bB	841 cA
Verão	871 bAB	2166 aA	2570 aA	2257 aA	878 bA

Médias de RFA incidente em cada distância seguidas pela mesma letra minúsculas e média de RFA incidente nas estações do ano seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A Figura 3 apresenta a variação da RFA incidente dentro do sistema silvipastoril em 5 distâncias diferentes, partindo de 0 m, abaixo do renque de árvores, até o outro renque de árvores situado a 30 m, no sentido Leste-Oeste. Observou-se que o pico de RFA ocorreu às 12:00 horas no outono e na primavera, por volta das 11:00 horas no inverno, quando os dias são mais curtos, e às 13:00 horas no verão. Estas variações ocorreram devido a posição e elevação do sol, que alteram a incidência de radiação solar sobre a superfície. Nas regiões próximas ao paralelo 23°, há maior incidência de radiação solar durante o verão, e menor incidência no inverno (SILVA, 2006).

Figura 3. Incidência de radiação fotossinteticamente ativa em diferentes distâncias entre renques (0, 7,5, 15, 22,5 e 30 metros), em sistema silvipastoril nas quatro estações do ano em Ibiporã-PR,2017/2018.



As diferenças na declinação solar alteraram a posição de incidência dos raios solares sobre os renques de árvores, desse modo, a interceptação da RFA foi diferente nas estações do ano. Constatou-se que no inverno as árvores interceptaram maior quantidade de radiação, sendo de aproximadamente 2000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, nas distâncias 22,5 e 30 m, no horário de maior incidência (Figura 3). De maneira geral, no verão a interceptação de radiação foi menor, às 13:00 horas a diferença de RFA entre o pasto a pleno sol e as distâncias 7,5, 15 e 22,5 m foi de aproximadamente 200 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, com destaque para as distâncias que se encontravam sob a copa das árvores, em que houve grande redução na RFA incidente (Figura 3).

Quanto a porcentagem de interceptação, no outono a maior interceptação de RFA ocorreu nas distâncias 22,5 e 30 m, respectivamente, 61 e 74% (Tabela 2). Nas demais estações constatou-se que as duas distâncias mais próximas aos renques de árvores (0 e 30 m) interceptaram maior porcentagem da RFA. No inverno o componente arbóreo interceptou 61% da RFA na distância de 0 m e 67% em 30 m. Nas distâncias mais centrais nas estações da primavera e verão registrou-se o menor percentual de interceptação. Na primavera houve média de 60% de interceptação na distância de 0 m, enquanto que em 30 m foi de 64%. Por fim, no verão a maior interceptação média feita pela copa das árvores foi de 72% nas distâncias de 0 e 30 m.

Tabela 2. Interceptação média da radiação fotossinteticamente ativa (%) incidente sobre sistema silvipastoril, nas quatro estações do ano e diferentes distâncias no espaçamento entre renques, na cidade de Ibiporã-PR, 2017/2018.

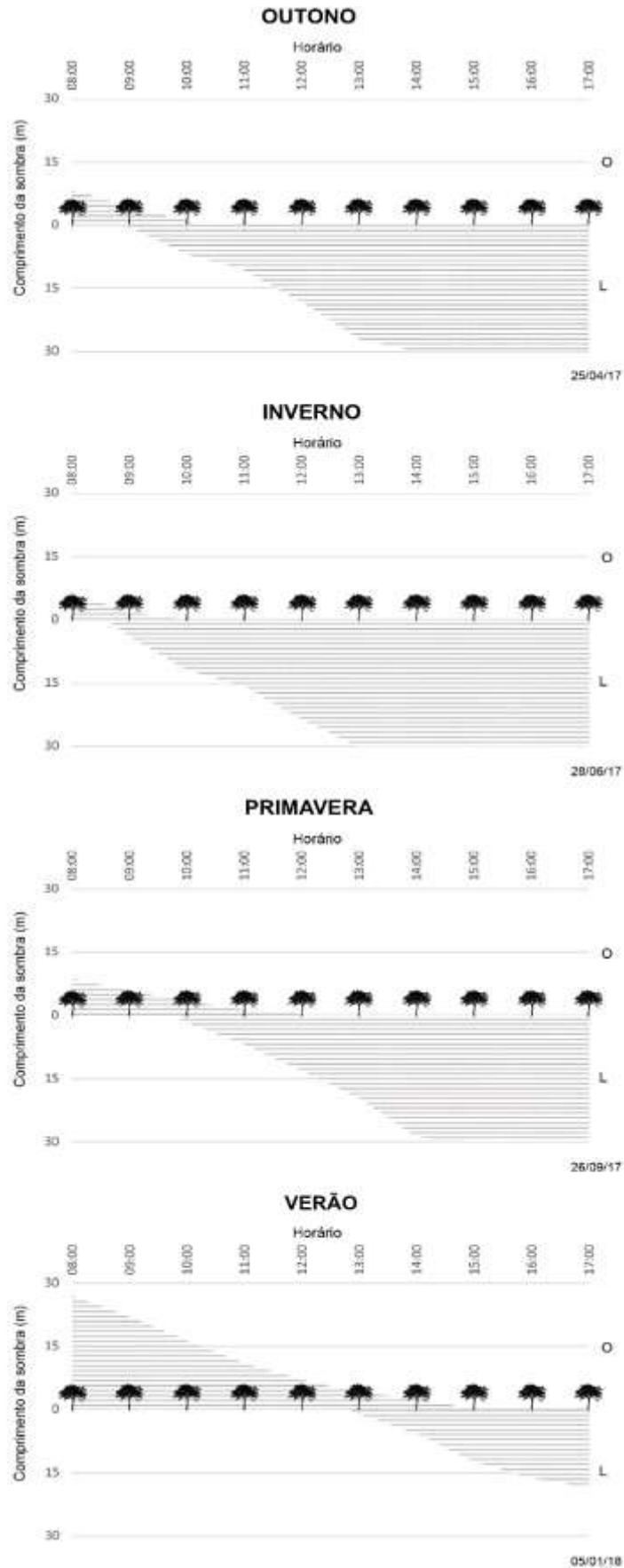
Estações	Distâncias (m)				
	0,0	7,5	15	22,5	30
	%	%	%	%	%
Outono	53	40	51	61	74
Inverno	61	54	56	60	67
Primavera	60	34	38	53	64
Verão	72	30	17	27	72

Ao analisar o efeito da sombra projetada pelas árvores no sistema silvipastoril, em diferentes distâncias do espaçamento entre renques, Parmejiani (2012) registrou interceptação da RFA de 62, 41, 18 e 11% para as distâncias de 0, 2, 4,75 e 8,5 m, respectivamente, em um espaçamento entre renques de 15 m. Houve menor transmissividade de RFA nas distâncias mais próximas à linha de árvores.

Outros estudos relatam alterações na transmissividade da RFA em sistemas arborizados. Nogueira (2014), ao avaliar o efeito do sombreamento sobre o clone 1277 de eucalipto, constatou a redução de 20,2% na RFA incidente no sistema no inverno, enquanto para o período chuvoso, próximo ao verão a redução foi de 6,7% no primeiro ano de estudo. No segundo ano a redução foi de 31,6% na época seca e de 23,7% na época das águas, atribuindo o aumento da interceptação de radiação ao crescimento do componente arbóreo. Pezzopane et al. (2005), ao estudar sistema consorciado de café com banana prata anã, verificou variações na transmissividade de radiação global de 34 a 95%, do total que incidiu sobre o sistema. Os efeitos do tamanho e porosidade da copa das árvores sobre a transmissividade da radiação solar também foram constatados por Pezzopane et al. (2003) e Farfan-Valencia et al. (2003) em sistemas consorciados de café, evidenciando a alteração do componente arbóreo sobre o sistema de produção.

A presença de árvores provocou diferentes condições de sombreamento sob a pastagem ao longo do dia, no decorrer ano. A Figura 4 mostra a projeção da sombra em relação ao renque de árvores no período das 08:00 as 17:00 horas, em um dia de análise para cada estação. Os renques de árvores foram plantados na orientação Norte-Sul, de modo que a trajetória do sol incide perpendicularmente aos renques, projetando sombra na face Oeste durante a manhã e no Leste no período da tarde.

Figura 4. Projeção de sombra de renque de eucalipto em sistema silvipastoril nas quatro estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.



Verificou-se que no inverno a declinação solar voltada para o Norte influenciou na disponibilidade da sombra. O sol passou a linha de árvores logo pela manhã, havendo projeção de sombra para o lado Leste antes das 9:00 horas. A cobertura do espaçamento entre renques ocorreu mais rápido em relação as demais estações, aproximadamente às 13:00 horas. O maior sombreamento e a menor temperatura dessa época do ano pode ser um fator limitante ao crescimento da pastagem, refletindo em queda de qualidade e produtividade. Segundo Porfírio da Silva (2003), nessa estação do ano o ângulo de inclinação solar é menor, fazendo com que as sombras sejam mais alongadas e a sobreposição da sombra projetada em um renque ao outro seja mais rápida. O mesmo autor constatou em estudo semelhante que as sombras das primeiras horas da manhã foram mais curtas e as sombras foram mais porosas, devido ao menor índice foliar das árvores.

No verão constatou-se efeito contrário, em que nas primeiras horas da manhã praticamente todo o espaçamento entre renques estava sombreado. A projeção da sombra ocorreu na face Oeste até por volta das 13:00 horas, quando o sol passou a linha de árvores e começou a projetar a sombra na face Leste. No período da tarde a cobertura da sombra foi menor, aproximadamente 15 m às 17:00 horas. Além de ser uma estação mais quente, a disposição dos renques de árvores propiciou menor sombreamento no período mais quente do dia, fato que até certo ponto pode ser favorável para o processo fotossintético da espécie forrageira, refletindo em maior produção e crescimento mais acelerado. No verão, o índice de área foliar do componente arbóreo tende a ser maior, havendo maior interceptação da radiação solar que chega ao sistema, o que reflete em sombras mais densas. Em contrapartida, a elevação do sol é maior, tornando as sombras menos alongadas e mais densas (PORFIRIO DA SILVA, 2003).

No outono e primavera, que são estações de transições foram observadas condições de sombreamento intermediárias comparadas às demais estações. No outono o comprimento da sombra, durante a manhã, foi de aproximadamente 7 m e sendo inicialmente projetada para o Oeste, por volta das 10 horas a direção de projeção mudou para o Leste. Nos horários mais quentes do dia houve maior disponibilidade de sombra, sendo que entre 13:00 e 14:00 horas o comprimento da sombra atingiu 30 metros, cobrindo toda a área entre renques. Por sua vez, na primavera a progressão da sombra foi mais rápida, às 13:00 horas metade

do espaçamento estava sombreado e a partir das 14:00 horas a sombra atingiu 30 metros, cobrindo toda a área entre renques.

A projeção de sombra da copa das árvores sobre a pastagem acarretou em alterações na composição bromatológica da espécie forrageira (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação de médias (*Teste Tukey a 5% de probabilidade*) para os teores em porcentagem de Matéria Seca Total (MST), Proteína Bruta (PB), Matéria Mineral (MM), Fibras em Detergente Neutro (FDN) e Fibras em Detergente Ácido (FDA), no sistema silvipastoril entre renques (SP Sol), sob a sombra das árvores (SP Sombra) e pasto a pleno sol (Pleno Sol), nas estações do ano, em Ibiporã-PR, 2017/2018.

Tratamento	MST (%)	PB (%)	MM (%)	FDN (%)	FDA (%)
Outono					
Pleno Sol	26,13 b	11,42 a	8,60 a	83,90 a	42,20 a
SP Sol	26,59 b	14,47 a	9,28 a	80,52 b	41,30 a
SP Sombra	29,69 a	12,02 a	8,21 a	80,54 b	41,54 a
Inverno					
Pleno Sol	30,87 b	10,28 a	10,05 a	79,92 ab	43,66 a
SP Sol	32,73 ab	11,96 a	10,98 a	78,08 b	42,99 a
SP Sombra	36,21 a	10,55 a	9,85 a	81,54 a	44,52 a
Primavera					
Pleno Sol	29,75 b	8,67 a	8,96 a	80,15 a	41,91 a
SP Sol	35,06 a	8,82 a	8,84 a	79,16 a	43,05 a
SP Sombra	30,64 b	10,77 a	9,83 a	80,82 a	42,02 a

De modo geral, a concentração de MST foi maior nos tratamentos sombreados do que no pasto conduzido a pleno sol. No outono o tratamento SP Sombra apresentou maior acúmulo em relação aos demais tratamentos, no inverno o SP Sombra mostrou teores superiores ao Pleno Sol, porém não diferiu estatisticamente do SP Sol. Por fim, na primavera o tratamento SP Sol teve maior porcentagem de matéria seca. Segundo Paciullo et al. (2009), sistemas silvipastoris que oferecem sombreamento moderado para a espécie forrageira não reduzem a capacidade de suporte de pasto e o desempenho animal, podendo até proteger a pastagem de danos por frio ou calor, causados por temperaturas extremas. Castro et al. (1999), ao compararem diferentes intensidades de sombreamento constataram que

o sombreamento favoreceu o acúmulo de massa de *P. maximum* cv. Vencedor, que foi 19,72% maior sob sombra moderada do que a pleno sol. Corroborando com estes resultados, Paciullo et al. (2007) verificaram que o acúmulo de MST foi igual sob sombreamento de 35% e a pleno sol, havendo decréscimo sob sombreamento mais intenso de 65%. Reis et al. (2011) também encontraram teores de MST iguais em sistema silvipastoril e área de pastagem solteira.

Os teores de PB não foram influenciados pelo sombreamento em todas estações do ano. A proteína fornecida pela forragem aos animais durante a alimentação é essencial para que ocorra de forma adequada reprodução de bactérias responsáveis pelo processo fermentativo no rúmen, de modo que para atender a demanda bacteriana do rúmen a forragem deve ter 8% de PB (GUERDES et al., 2012). Os teores de PB encontrados no presente estudo são superiores ao requerido. O sombreamento e a sazonalidade não são os únicos fatores relacionados com esta variável qualitativa, pois a fertilidade do solo tem papel importante na concentração de proteína das plantas (VIEIRA; MOCHEL FILHO, 2010). Esses benefícios são constatados principalmente em sistemas silvipastoris em estágio avançado de desenvolvimento, devido a melhoria da fertilidade do solo, através da deposição e decomposição de material orgânico oriundo da serapilheira das árvores (XAVIER et al., 2003; PEZZONI et al., 2012).

Também não foram encontradas diferenças entre os teores de MM nos tratamentos estudados em todas as estações do ano. Segundo Reis et al. (2013), a radiação solar não atua diretamente sobre a absorção de elementos minerais pelas plantas, sendo difícil relacionar alterações dos teores de MM a disponibilidade de sombreamento. Os mesmos autores atribuíram variações na concentração de MM em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu conduzida sob diferentes níveis de sombreamento a atividade metabólica das plantas mais jovens, devido a maior necessidade de nutrientes.

No outono constatou-se maior concentração de FDN a pleno sol. Esse resultado corrobora com Gobbi (2011), que relata que há menor disponibilidade de fotoassimilados nas áreas com maior sombreamento, acarretando na redução da parede celular secundária e seus constituintes e refletindo em menores teores de FDN. Pezzoni et al. (2012) e Paciullo et al. (2007) concluíram que a sombra das árvores ocasionou quedas nos teores de FDN, ao estudarem o efeito do sombreamento sobre a gramínea *U. decumbens* em sistema silvipastoril e a pleno sol,

atribuindo este efeito à maior área foliar específica e menor índice de área foliar da espécie forrageira submetida ao sombreamento.

Por sua vez, no inverno verificou-se efeito distinto, em que o tratamento SP Sombra apresentou maiores teores de FDN, que diferiram estatisticamente de SP Sol, porém que não diferiu do Pleno Sol. A maior concentração de FDN em áreas sombreadas pode ser explicada pelo fato da diminuição da luminosidade aumentar o acúmulo de massa nos colmos, sendo principal responsável pelo aumento de seus teores em plantas forrageiras (CASTRO et al., 2009). Não foram constatadas diferenças estatísticas entre os teores de FDN dos tratamentos estudados na primavera.

Os teores de FDA não diferiram estatisticamente entre os tratamentos sombreados e a pleno sol em todas estações do ano. O período de descanso e o nível de sombreamento são fatores que podem influenciar em alterações nos níveis de FDA em gramíneas forrageiras, refletindo em espessamento da parede celular e estiolamento (SOUSA et al., 2007; MOREIRA et al., 2009). Entretanto, apontar os efeitos do sombreamento e suas alterações sobre os teores de FDA é difícil, pois esta é uma característica qualitativa que não apresenta um comportamento padronizado, podendo variar também pela espécie forrageira (PACIULLO et al., 2007).

Desse modo, Moreira et al. (2009) ao estudarem composição bromatológica em diversas configurações de sistema silvipastoril, constataram alterações nos teores de FDA em *B. brizantha* cv. Marandu em integração com ipê felpudo (*Zeyheria tuberculosa*), em comparação ao cultivo a pleno sol. Por outro lado, os autores não encontraram alterações nessa característica qualitativa em sistema silvipastoril de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) com a mesma forrageira, evidenciando que o grau de sombreamento pode influenciar diretamente na concentração de FDA da forragem. Paciullo et al. (2007) não verificaram diferenças nos teores de FDA em sistema silvipastoril e pastagem solteira, concluindo que as concentrações deste constituinte podem variar de acordo com as características genéticas da espécie forrageira, sem apresentar comportamento padrão.

4.4 CONCLUSÕES

O componente arbóreo interferiu diretamente na incidência da radiação fotossintética, havendo variações atribuídas a declinação solar e formação das copas das árvores. Não constatou-se alterações na qualidade bromatológica da espécie forrageira ao longo do ano entre o sistema silvipastoril e a pleno sol. Evidencia-se que o sombreamento moderado não influenciou negativamente o desenvolvimento da pastagem, favorecendo o acúmulo da matéria seca e a redução de fibras. Assim, a qualidade do pasto no sistema silvipastoril foi similar ao conduzido a pleno sol, justificando a adoção desse tipo sistema de integração, como uma alternativa para oferecer aos animais pastagens com teores nutritivos adequados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no Índice de Temperatura e Umidade não foi possível precisar a diferença na condição térmica dos animais entre os sistemas sombreados e a pleno sol. Desse modo, sugere-se adotar metodologias que acompanhem as variações da temperatura corporal do animal para poder estimar de forma mais eficiente sua condição de conforto térmico. Porém, tanto o sistema silvipastoril, quanto a área de bosque, que serve de refúgio para os animais, se mostraram eficientes em atenuar a temperatura e são alternativas promissoras para tornar a pecuária produtiva.

O sombreamento em níveis moderados não acarretou na queda da qualidade da pastagem em sistema silvipastoril. No presente estudo a orientação dos renques de eucalipto em relação a trajetória do sol foi decisiva na expressão dos resultados. A orientação e comprimento das sombras variaram de acordo com as estações do ano, devido a posição e elevação do sol, entretanto não constatou-se efeitos negativos sobre a pastagem durante todo o ano.

Desse modo, recomenda-se a adoção do sistema de integração silvipastoril, pois propicia melhorias ao componente animal, proporcionando maior conforto térmico, com produção de forragem em quantidades e teores adequados. Evidencia-se que esse sistema de manejo pode ser uma forma de aumentar a produtividade sem aumentar as áreas de exploração agropecuárias, tendo grande potencial nas regiões tropicais, onde a produção animal é limitada por altas temperaturas.

Finalmente, um outro ponto importante que não foi abordado nesse trabalho se refere à capacidade de sequestro de carbono do sistema e seu armazenamento no biomassa e no solo, o qual poderá ser objeto de um novo estudo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. M. S. D.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1845-1850, 2003.

AGGARWAL, A.; UPADHYAY, R. Heat stress and animal productivity. **Springer**, London, p.169-183, 2013.

BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de sistema de manejo na produção de leite em clima quente. In: Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite, Piracicaba, *Anais: FEALQ*, p.24-67, 1998.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais: Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, p. 269, 2010.

BAGGIO, A. J. **Sistema agroflorestal grevilea x café: início da nova era da agricultura paranaense?** EMBRAPA-URPFCS. Curitiba, 1983.

BALBINOT JR., A.A. et al. Desempenho da cultura do feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno. **Ciência Rural**, v.39, p.2340-2346, 2009.

BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S., RIBAS, N. P. Efeitos da sombra e da aspensão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 115-122, 2004.

BARRO, R. S.; SAIBRO, J. C.; MEDEIROS, R. B.; SILVA, J. L. S.; VARELLA, A. C. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p. 1721-1727, 2008.

BERNARDINO, F. S. Sistema silvipastoril com eucalipto: produtividade do sub-bosque e desempenho de novilhos sob a fertilização nitrogenada e potássica. **Viçosa: Departamento de Zootecnia**, 2007. 112 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, 2007.

BIRD, P. R.; BICKNELL, D.; BULMAN, P. A.; BURKE, S. J. A.; LEYS, J. F.; PARKER, J. N.; VAN DER SOMMEN, F. J.; VOLLER, P. The role shelter in Australia for protecting soils, plants and livestock. **Agroforestry Systems**, 20: 59-86. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1992.

BRÂNCIO, P.A.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; FONSECA, D.M.; ALMEIDA, G.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. Sob pastejo: comportamento ingestivo de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n.5, p. 1045-1046, 2003.

BREMM, C.; ROCHA, M.G.; FREITAS, F.K.; MACARI, S.; ELEJALDE, D.A.G.; ROSO, D. Comportamento ingestivo de novilhas de corte submetidas a estratégias de suplementação em pastagens de aveia e azevém. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1161- 1167, 2008.

BRENER, A.J. Microclimatic modification in agroforestry. In: C.k. Ong e H.Huxley (ed.), **Tree- Crop interations. A physiological approach**, p. 159-187. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK, 1996.

CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, v.1, p. 853-871, 2001.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; MULLER, M. D.; NASCIMENTO JR, E. D. Características agrônômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.19-25, 2009.

CASTRO, A. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, N. F. A.; MONTEIRO, E. M. M.; AVIZI, M. A. B.; GARCIA, A. R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2395-2402, 2008.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.

CEPAL; FAO; IICA. **Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas**: una mirada hacia América Latina y el Caribe. San José, 2009.

COSTA, J.V.; OLIVEIRA, M.E.; MOURA, R.M.A.; COSTA JÚNIOR, M.J.N.; RODRIGUES M.M. Comportamento em pastejo e ingestivo de caprinos em sistema silvipastoril. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.46, n.4, p.865-872, 2015.

DALY, J. J. Cattle need shade trees. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v.110, n. 1, p. 21-24, 1984.

DE FREITAS, C. A.; GOULART, D. D.; ALVES, F.D. O processo de arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul: uma alternativa para seu desenvolvimento sócio-econômico. Disponível em: <
www.fee.rs.gov.br/sitefee/download/eeg/1/mesa_11freitas_goulart_alves.pdf, 2011.>
(Acessado em: 25/08/2017).

DJIMDE, M.; TORRES, F.; MIGONGO-BAKE, W. Climate, animal and agroforestry. In: REIFSNYDER, W.S.; DARNHOFER, T. O. Meteorology and agroforestry. **Nairobi: ICRAF**. p. 463-471, 1989.

ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, A. S. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 427-433, 1981.

FAO. Food and Agriculture Organization. Review of Evidence on Drylands Pastoral Systems and Climate Change: Implications and Opportunities for Mitigation and Adaptation. **Roma**, 2009.

FARFAN-VALENCIA, F.; ARIAS-HERNANDEZ, J. J.; RIANO-HERRERA, N. M. Desarrollo de uma metodologia para medir sombrião em sistemas agroflorestais com café. **Cenicafé**, Chinchina, v. 54, n. 1, p. 24-34, 2003.

FELDHAKÉ, C. M. Microclimate of a natural pasture under planted *Robinia pseudoacacia* in central Appalachia, West Virginia. **Agroforestry System**, Amsterdam, v. 53, p.297-303 ,2001.

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p. 23-38, 2001.

FERREIRA, L. C. B.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HOETZEL, M. J.; LABARRÊRE, J. G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão de fezes dos bovinos nas pastagens. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, p.137-146, 2011.

FONTANELI, R.S.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. et al. Valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito. In: SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. (Eds.) **Cereais de inverno de duplo propósito para a integração lavoura-pecuária no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006.

FURTADO, D.A.; PEIXOTO, A.P.; REGIS, J.E.F.; NASCIMENTO, J.W.B.; ARAUJO, T.G.P.; LISBOA, A.C.C. Termorregulação e desempenho de tourinhos Sindi e Guzerá, no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.1022–1028, 2012.

GARCEZ NETO, A. F.; GARCIA, R.; MOOT, D. J. et al. Aclimatação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 42-50, 2010.

GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; GOBBI, K. F. Sistemas silvipastoris: uma integração pasto, árvore e animal. In: OLIVEIRA NETO, S. N.; VALE, A. B.; NACIF, A. P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. (Ed.). **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, p.123-165, 2010.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. A. Estoque de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 34, p.1069-1079, 2010.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; NETO, A. F. G.; ROCHA, G. C.; Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 40, n. 7, 2011.

GUEDES, A. L. Uma plataforma de hardware e software para desenvolvimento de rede de sensores sem fio aplicada a agrometeorologia. Londrina, Dissertação (Mestrado), **Universidade Estadual de Londrina – Departamento de Engenharia Elétrica**, p.76, 2013.

GUERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n.4, 2012.

GURGEL, E. M.; SERAPHIM, O. J.; SILVA, I. J. O. Método de avaliação bioclimática da qualidade da sombra de árvores visando ao conforto térmico animal. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.20-34, 2012.

HAHN, G.L.; PARKHURST, A.M.; GAUGHAN, J.B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of Asabe**, St. Joseph, v.40, p. 97-121, 1997.

HANG, S.; MAZZARINO, M. J.; NUÑEZ, G.; OLIVA, L. Influencia del desmonte seletivo sobre la disponibilidad de nitrógeno en años húmedos y secos en sistemas silvopastoriles en el Chaco árido argentino. **Agroforesteria en las Americas**, Turrialba, v.2, n.6, p. 9-14, 1995.

HEALEY, K. D.; RICKERT, K. G.; HAMMER, G. L.; BANGE, M. P. Radiation use efficiency increases when the diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. **Australian Journal of Agricultural Research**, Camberra, v.49, p. 665-672, 1998.

INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ - CARAMORI, P.H.; GONÇALVES, S.L.; FARIA, R.T.F. Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná. Londrina: **IAPAR**, 76 p. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa pecuária municipal**. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> (Acessado em: 27/08/2017)

JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. The effect of variation in sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves and lambs under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v. 34, n. 4, p. 273- 281, 1979.

JOFFRE, R.; VACHER, J.; LLANOS, C. de los; LONG, G. The dehesa: an agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special reference to the Sierra Morena area of Spain. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 6, p. 71-96, 1998.

KARVATTE JÚNIOR, N.; ALVES, F. V.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G.; TSUTSUMI, C. Y.; OLIVEIRA, C. C. Microclima e índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Campo Grande, MS. **Embrapa Gado de Corte**, ed. 21, p. 38, 2016.

LAMBER, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. Plant physiological ecology. New York: **Springer**, p. 540, 1998.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças Holandês-Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 668-675, maio/ jun., 2005.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forages species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.59, p.269-281, 2001.

LIN, C.H.; MCGRAW, R. L.; GEORGE, M.F.; GARRET, H.E. Shade effects on forage crops with potencial in temperate agroforestry practices. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 44, p. 109-119, 1999.

LOMBARDI NETO, F. Degradação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. **Anais....Nova Odessa: Instituto de Zootecnia**, p. 49-60, 1993.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A.B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, p.331, 2010.

MAHECHA, L., ROSALES, M., MOLINA, C. H., MOLINA, E. J. Un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* em el Valle del Cauca, Colombia. In: SANCHEZ, M. D.; ROSALES, M. M. (Ed.). **Agroforestería para la producción animal en América Latina**. Roma: FAO, 1999. p. 407-419. (Estudio FAO. Producción y Sanidad Animal, 143) p. 407-419, 1999.

MARTELLO, L. S. Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações. **Pirassununga**, 2002.

MATARAZZO, S. V. Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento tipo free-stall para vacas em lactação. Piracicaba, **ESALQ**, p. 155, 2004.

MONTEITH, J. L.; ONG, C.K.; CORLETT, J. E. Microclimatic interactions in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, n. 45, p. 31-44, 1991.

MORAIS, H. ; CARBONIERI, J. ; REIS, H. A. N. . Microclima e produção de forrageira em sistema silvipastoril no Norte do Paraná. In: I Simpósio Internacional de Arborização de Pastagens em Regiões Subtropicais, 2013, Curitiba. **Anais do I Simpósio Internacional de Arborização de Pastagens em Regiões Subtropicais**, 2013.

MOURA, D. J.; BUENO, L. G. F.; LIMA, K. O.; CARVALHO, T. M. R.; MAIA, A. P. A. Strategies and facilities in order to improve animal welfare. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 311-316, 2010.

MOREIRA, G. R.; SALIBA, E. O. S.; MAURÍCIO, R. M.; SOUSA, L. F.; FIGUEIREDO, M. P.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. marandu em sistemas silvipastoris. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.61, n.3, p. 706-713, 2009.

MURGUEITIO, E. Impacto ambiental de la ganaderia de leche em Colômbia y alternativas de solución. **Livestock Research for Rural Development**, v. 15, n. 10, 2003.

MYERS, P. K. R.; ROBBINS, G. B. Sustaining productive pastures in the tropics. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 25, n. 2, p. 104-110, 1991.

NÃÃS, I. de A. Princípios do conforto térmico na produção animal. Por: Irenilza de Alencar Nããs. **São Paulo: Ícone**, 1989.

NAIR, P. K. R.; MOHAN KUMAR, B.; VIMALA, D. N. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **J Plant Nutr Soil Sci**, v. 172, n. 1, p. 10-23, 2009.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A., ALMEIDA, C. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009.

NOGUEIRA, I. M. B. Acúmulo de biomassa e valor nutritivo de *Urochloa spp.* E *Panicum maximum* cv. Tanzânia em sistema silvipastoril. Dourados, **Universidade Federal da Grande Dourados**, Tese Doutorado, 2014.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; BOTELHO, A.; HIGASHIKAWA, E. M.; MAGALHÃES, W. M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.31, p. 748-757, 2007.

OLIVEIRA, M. E.; LEITE, L. L.; CASTRO, L. H. R. Influência de árvores de baru (*Dipteryx alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*) no solo sob pastagem de braquiária. In: International symposium soil functioning under pastures in intertropical areas, 2000, **Brasília. Proceedings... Brasília**: Embrapa Cerrados/IRD, 2000.

OVALLE, C.; AVENDAÑO, J. Utilización silvopastoral del espinal. II. Influencia del espino (*Acacia caven* (Mol.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 44, n. 4, p. 353-362, 1984.

PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; MALAQUIAS JR, J.D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 44, n. 11, p. 1528-1535, 2009.

PACIULLO, D. S. C.; DE CARVALHO, C. A. B.; AROIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PARMEJIANI, R. S. Microclima e características agrônômicas de *Brachiaria decumbens* em um sistema silvipastoril. Piracicaba, **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Dissertação (Mestrado), p.95, 2012.

PAYNE, W. J. A. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest Ecology and Management**, n.12, p. 1-36, 1985.

PENNING, P. D.; PARSONS, A.J.; ORR, R.J.; TEACHER, T.T. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. **Grass and Forage Science**. Hurley, v. 46, p.15-28, 1991.

PERI, P. L.; LUCAS, R. J.; MOOT, D. J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactyllis glomerata* growing under diferente light regimes. Netherlands, **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v.70, p.63-79, 2007.

PEZZONI, T.; VITORINO, A. C.; DANIEL, O.; LEMPP, B. Influência de *Pterodon emarginatus* Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* Stapf em sistema silvipastoril. **Cerne**, Lavras, v.18, n.2, p.293-301, 2012.

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; PARMEJIANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvipastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v.74, n. 1, p.110-119, 2015.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p. 1258-1263, 2011.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p. 1-7, 2010.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado café/coqueiro anão-verde. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 487-499, 2005.

PEZZOPANE, J. R. M.; GALLO, P. B.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A.A. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro anão-verde. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 293-302, 2003.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo. Colombo: **Embrapa Florestas**, p.48, 2010.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul. Para quê adotá-los?. In: Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, 2003, Campo Grande, MS. **Anais... Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável**. Campo Grande, MS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, v. CD-Rom. p. 1-13, 2003.

RANGEL, J. H. A.; ALMEIDA, S. A.; MUNIZ, E. N. Sistema silvipastoril: uma alternativa para a produção de ruminantes. In: MUNIZ, E. N.; GOMIDE, C. A. M.; RANGEL, J. H.; ALMEIDA, S. A.; SÁ, C. O.; SÁ, J. L. Alternativas alimentares para ruminantes II. Aracaju, **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 245-267. 2008.

REIS, G. L.; LANA, A. M. Q.; EMERENCIANO NETO, J. V.; LEMOS FILHO, J. P.; BORGES, I.; LONGO, R. M. Produção e composição bromatológica do campim-marandu sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. **Biosci J**. Uberlândia, v. 29, p.1606-1615, 2013.

REIS, G. L.; LANA, A. M. Q.; MAURÍCIO, R. M.; BORGES, I.; MOREIRA, G. H. F. A.; LANA, R. M. Q.; SOUSA, L. F.; QUINZEIRO NETO, T. Influence of a silvopastoral system on forage parameters in the brazilian savanna. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 174-184, 2011.

RIBEIRO, A. M.; OLIVEIRA, M. E. de; SILVA, P. C.; RUFINO, M. O. A.; RODRIGUES, M. M.; SANTOS, M. S. Canopy characteristics, animal behavior and forage intake by goats grazing on Tanzaniagrass pasture with different heights. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 34, n. 4, p. 371-378, 2012.

RODRIGUES, T. J. D., RODRIGUES, L. R. A., REIS, R. A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, Jaboticabal, **Anais**. Jaboticabal: FUNEP- UNESP, 1993.

SAMARAKOON, S. P.; WILSON, J. R.; SHELTON, H. M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 114, p.161-169, 1990.

SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P.; CÉSAR, M. F.; PIMENTA FILHO, E. C.; ACOSTA, A. A. A.; SANTOS, J. R. S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.142-149, 2005.

SANTOS, D.R. dos. Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos. (Tese de Doutorado). **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre. p. 210, 2000.

SILVA, L. C.; LUCAS, F. T.; BORGES, B. M. M. N.; SILVA, W. J. Influência da radiação fotossinteticamente ativa no crescimento e desenvolvimento de forrageiras tropicais. **FAZU em Revista**. n. 7, p. 63-67, 2010.

SILVA, R. G. Predição da configuração de sombras de árvores em pastagens para bovinos. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 268-281.2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 2. ed. **Viçosa, MG: UFV**. p.178, 2002.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.38, n. 3, p.443-451, 2009.

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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.4, p.1029-1037, 2007.

SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. A.; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate i silvipastoral systems with eucalyptus in rank with diferente Heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p. 685-694, 2010.

SOUZA, J. L. de.; NICÁCIO, R. M.; MOURA, M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Renewable Energy**. v.30, p. 1203-1220, 2005.

TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A.M.F.; VILELA, R.A. et al. Manejo ambiental e instalações para vacas leiteiras em ambiente tropical. In: WORKSHOP DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, I. **Nova Odessa**, p.1-24, 2008.

VIEIRA, M. M. M.; MOCHEL FILHO, W. J. E. Influência dos fatores abióticos no fluxo de biomassa e na estrutura do dossel. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, p. 15-24, 2010.

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicales**, v. 25, p. 23-26, 2003.

YOUNG, Anthony et al. **Agroforestry for soil management**. CAB international, 1997.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Nairobi: ICRAF, p. 276, 1991.

WILSON, J. R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 47, p. 1075-1093, 1996.