

UFRRJ
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
ANIMAL

TESE

Produção de Leite em Pastagens de Capim-Massai em
Sistemas Agrossilvipastoris

Aline Barros da Silva

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**PRODUÇÃO DE LEITE EM PASTAGENS DE CAPIM-MASSAI EM
SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS**

Aline Barros da Silva

Sob a Orientação do Professor
Carlos Augusto Brandão de Carvalho

e Coorientação da Pesquisadora
Roberta Aparecida Carnevalli Monteiro

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutora** no
Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal, área de Concentração
em Zootecnia.

Seropédica, RJ
Abril de 2021

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586p Silva, Aline Barros da, 1989-
Produção de Leite em Pastagens de Capim-Massai em
Sistemas Agrossilvipastoris / Aline Barros da Silva.
Rio de Janeiro, 2021.
212 f.

Orientador: Carlos Augusto Brandão de Carvalho.
Coorientadora: Roberta Aparecida Carnevalli
Monteiro.
Tese (Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal, 2021.

1. Conforto térmico. 2. Megathyrus maximus. 3.
Sistema sombreamento moderado. I. Carvalho, Carlos
Augusto Brandão de, 1971-, orient. II. Monteiro,
Roberta Aparecida Carnevalli, 1974-, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 5708 / 2021 - PPGZ (12.28.01.00.00.00.61)

Nº do Protocolo: 23083.030751/2021-16

Seropédica-RJ, 05 de maio de 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
ALINE BARROS DA SILVA

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutora**, no Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Área de Concentração em Zootecnia.

TESE APROVADA EM 30/04/2021.

Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

Banca Examinadora:

Carlos Augusto Brandão de Carvalho, Dr. UFRRJ - (Presidente)

Inácio de Barros, Dr. EMBRAPA

Marcelo Dias Müller, Dr. EMBRAPA

Adenilson José Paiva, Dr. UFRRJ

André Moraes Moura, Dr. UFRRJ

(Assinado digitalmente em 06/05/2021 08:23)

ADENILSON JOSE PAIVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptNAP (12.28.01.00.00.00.62)
Matrícula: 3157825

(Assinado digitalmente em 06/05/2021 08:58)

ANDRE MORAIS MOURA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DPA (12.28.01.00.00.00.63)
Matrícula: 3058101

(Assinado digitalmente em 06/05/2021 09:34)

CARLOS AUGUSTO BRANDAO DE CARVALHO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptNAP (12.28.01.00.00.00.62)
Matrícula: 1322816

(Assinado digitalmente em 12/05/2021 16:03)

INACIO DE BARROS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 662.552.606-15

13/05/2021

https://sipac.ufrj.br/sipac/protocolo/documento/documento_visualizacao.jsf?imprimir=true&idDoc=752980

(Assinado digitalmente em 13/05/2021 07:56)

MARCELO DIAS MÜLLER

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 079.869.977-96

Para verificar a autenticidade deste documento entre em
<https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **5708**, ano:
2021, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **05/05/2021** e o código de
verificação: **4c6ea9e036**

DEDICATÓRIA

Dedico à Deus,
que me sustentou e deu coragem para seguir
em frente.

Ao meu companheiro
de todas as horas, Danilo Antonio Morenz,
pelo amor, incentivo e apoio na minha
caminhada.

Aos meus pais
Paulo José da Silva (*in memoriam*) e Luzia
Barros da Silva que me ensinaram a batalhar
pelos meus sonhos.

As minhas irmãs
Anna Paula e Idalina, e aos meus sobrinhos
Arthur e Esther que me deram força e
incentivo na minha jornada.

Aos meus avós
Milton Barros (*in memoriam*) e Esther Barros
(*in memoriam*), pelo exemplo de vida.

Aos meus sogros
Marcia Maria Mendes Antonio Morenz e Irton
da Veiga Morenz (*in memoriam*) por todo o
apoio e carinho.

À minha “vó”
emprestada Maria da Penha Mendes Antonio,
que sempre me ajudou em oração, e por seu
exemplo de fé e amor.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e o sustento.

À minha família e amigos, que sempre estiveram torcendo por mim.

À UFRRJ e ao PPGZ, pela minha formação profissional. Aos professores e aos funcionários do programa de pós-graduação em zootecnia da UFRRJ.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de doutorado (Código de financiamento – 001).

À Embrapa Agrossilvipastoril, pela oportunidade de realizar meu experimento, pelos recursos físicos, financeiros e mão de obra.

À COOPERNOVA, pela parceria que contribuiu para condução do experimento (com mão-de-obra, doação de doses de sêmen para inseminação, análise da qualidade do leite, entre outros).

À Prefeitura Municipal de Sinop/MT, também pelo apoio com mão-de-obra.

Ao Danilo Antonio Morenz, pela parceria em todas as etapas do doutorado, além de seu grande incentivo na minha carreira.

À minha orientadora e amiga, Dra. Roberta Aparecida Carnevalli Monteiro pelo aprendizado, apoio na condução do doutorado e conselhos, que me incentivaram e foram decisivos na minha trajetória durante o doutorado.

Ao meu orientador, prof. Dr. Carlos Augusto Brandão de Carvalho pela confiança, amizade e por todos os elogios e críticas que contribuíram para o meu desenvolvimento.

Ao Dr. Jorge Lulu, pesquisador da área de Agrometeorologia da Embrapa Agrossilvipastoril, por ter disponibilizado os dados de clima para elaboração de alguns dados.

Ao Dr. Inácio de Barros, pelo auxílio e interpretação nas análises estatísticas multivariadas.

Ao prof. Dr. Dalton Henrique Pereira (UFMT/Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais/Curso de Zootecnia/Sinop), por disponibilizar animais para coleta de inóculos para os ensaios de digestibilidade *in vitro*.

À minha amiga Valéria Spyridion Moustacas, pelo auxílio na condução do experimento, e que junto com sua família me deram todo apoio nessa fase da minha vida em Sinop.

Aos estagiários que passaram pela Embrapa Agrossilvipastoril, de diferentes instituições, e que contribuíram em campo e em laboratório para a realização das atividades do experimento, além das horas de descontração e incentivo que foram muito importantes para meu desenvolvimento profissional e pessoal. Em especial à Carla Fernanda Pereira de Oliveira, Eduarda Benedetti Favero, Karina da Silva Rodrigues, Bruna Letícia Nunes Miguel, Mari Lúcia Marques Xavier, Cleonice Mendes, Larissa Karoline Vieira de Bomfim, Franciele Caetano Sampaio, Francisco das Chagas de Abreu Pereira, Carla Neves e Atiana Bertoti - UFMT/Sinop/MT; Juliano Viana de Souza Cruz - Unesp/Dourados; Fernando Costa Luciano - UNIFIMES/ Mineiro/GO; Chayenne Bittencourt Caus - IFES/Espírito Santo; Gabriela Cássia Teza Fortunato e Luana Pereira dos Santos - IFMT/Sorriso/MT; Gabrielli Abatti Pereira - UDESC/Chapecó/SC).

À equipe da Embrapa Agrossilvipastoril, em especial ao: Antônio Sérgio, Dr. Diego Batista Xavier, Dr. Austeclínio Lopes de Farias Neto, Cledir Marcio Schuck, Lucas Rezer Cardoso, David Kischkel, Fábio Peixoto Silva, João Carlos Magalhães, Anízia Fátima Francisco Betti, Edson Urias de Pinho, e aos demais colaboradores que contribuíram para realização das atividades do experimento, por compartilhar conhecimento, pela amizade durante esses anos de experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram na realização deste trabalho.

A todos vocês muito obrigada!!!

EPIGRAFE

“A vida é um constante recomeço. Não se dê por derrotado e siga adiante. As pedras que hoje atrapalham sua caminhada amanhã enfeitarão a sua estrada”

Desconhecido

“Para se ter sucesso, é necessário amar de verdade o que se faz. Caso contrário, levando em conta apenas o lado racional, você simplesmente desiste. É o que acontece com a maioria das pessoas.”

Steve Jobs

“Ora, a fé é a certeza daquilo que esperamos e a prova das coisas que não vemos.”

Hebreus 11:1

BIOGRAFIA

Aline Barros da Silva, filha de Paulo José da Silva (*in memoriam*) e Luzia Barros da Silva, nascida em 29 de novembro de 1989 na cidade do Rio de Janeiro – RJ/ Brasil.

Em 2006, ingressou no Ensino Médio e Técnico em Agropecuária Orgânica no Colégio Técnico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CTUR – Seropédica), com conclusão em 2008.

Em 2009, ingressou no ensino superior no curso de Bacharelado em Zootecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ – Seropédica), com conclusão no 1º Semestre de 2014. Durante a graduação, estagiou no setor de Caprinocultura da Fazenda da UFRRJ (2010 a 2012), foi bolsista de apoio técnico do programa de extensão universitária da UFRRJ (PROEXT/ 2012 a 2013), monitora na área de nutrição animal aplicada (2013) e bolsista de Iniciação Científica do Programa PROIC/UFRRJ (2013 a 2014).

No segundo semestre de 2014, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRRJ com bolsa da CAPES e desenvolveu pesquisa na área de manejo e ecofisiologia de plantas forrageiras. Em agosto/2016, defendeu a dissertação e obteve título de Mestre em Ciência Animal.

Em outubro de 2016 (segundo semestre), iniciou o doutorado também pelo PPGZ/IZ/UFRRJ e com bolsa CAPES, desenvolveu pesquisa na área de produção de leite em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), em parceria com a Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop/MT, com defesa de tese em 30 de abril de 2021.

RESUMO

SILVA, Aline Barros da. **Produção de Leite em Pastagens de Capim-Massai em Sistemas Agrossilvipastoris**. 2021. 212 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal, Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

Uma melhoria no ambiente da criação de animais gera grandes benefícios nos resultados de produção, obtidos dentro da pecuária leiteira em regiões tropicais do Brasil. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho produtivo e qualitativo do capim-Massai, além do desempenho e comportamento animal de vacas mestiças, em três sistemas, um em monocultivo do capim à pleno sol (pleno sol-SPS) e dois sob regimes de sombra com eucalipto (sombreamento moderado-SSM e sombreamento intenso-SSI). O experimento foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril (Sinop/MT) no período entre 06/01/2018 e 14/06/2019. Foram avaliadas as características estruturais do pasto, perda, aproveitamento e oferta de forragem, valor nutritivo da forragem, microclima, taxa de lotação, comportamento animal, produção individual e qualidade do leite. Os dados foram analisados sob estatística univariada pelo SAS[®] On Demand e PDIFF ($p < 0,10$) e multivariada (análise discriminante e de componentes principais). A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi maior no SPS, com diferença de 25% para o SSM e 50% para o SSI. Os valores médios de ITU foram superiores a 72 nos três sistemas. A massa de forragem pré-pastejo, a massa seca de lâminas foliares e massa seca de colmos no SSM foram intermediárias aos demais sistemas (6.885, 3.206 e 2.105 kg ha⁻¹ MS, respectivamente). Os valores de densidade volumétrica e aproveitamento da forragem também foram intermediários no SSM (109,1 ha⁻¹ cm⁻¹ MS e 2.999 kg ha⁻¹ MS, em média) em relação aos demais sistemas. Maiores teores de proteína bruta foram obtidos no SSI (13,6%), intermediários no SSM (11,3%) e menores no SPS (10,1%). No verão/2017, a produção individual de leite foi maior no SSI do que no SPS, ambas semelhantes àquela do SSM (15,5 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite). No período de chuvas, as vacas dos sistemas sombreados buscaram por sombra em maior frequência (66,5%, em média) que as do SPS (15,9%), enquanto que no período de seca, houve frequência intermediária no SSM (59,7%), com maior valor para o SSI (73,2%). Em condições de baixa incidência da RFA, os colmos do capim-Massai foram menos espessos e mais leves nos sistemas com sombreamento, devido ao manejo do pasto sob 95% de interceptação luminosa. O microclima afetou positivamente o desempenho produtivo do capim-Massai a pleno sol, contudo afetou negativamente o teor de proteína bruta de sua forragem. No SSM, houve maior produtividade do capim-Massai em relação ao SSI, concomitante ao maior teor de proteína bruta da forragem do que no SPS. A produção de leite foi muito dependente da produção de massa seca, o que frequentemente é privilegiado nos sistemas em monocultivo deste capim. O sombreamento moderado promove equilíbrio entre a produção e o valor nutritivo do capim-Massai, assim como ambiência para vacas leiteiras, nas distintas épocas do ano no norte do Mato Grosso-Brasil.

Palavras-chave: Conforto térmico, *Megathyrus maximus*, Sistema sombreamento moderado

ABSTRACT

SILVA, Aline Barros da. **Milk Production in Massai Grass Pastures in Agrosilvopastoral Systems**. 2021. 212 p. Thesis (Doctorate in Animal Science, Zootechnics). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

An improved animal husbandry environment generates great benefits in the production results, obtained within dairy farming in Brazilian tropical regions. The aim was to evaluate the productive and qualitative performance of massai grass, the performance animal behavior of crossbred cows subjected to shade regimes with eucalyptus and in monoculture (full sun system-FSS; moderate shade system-MSS and intensive shade system-ISS). The experiment was carried out at Embrapa Agrossilvipastoril (Sinop, Mato Grosso state, Brazil) from 01/06/2018 to 06/14/2019. Structural characteristics, grazing losses, forage utilization and offers, nutritive value forage of massai grass, microclimate, stocking rates, animal behavior, individual production and milk quality were evaluated. The data under univariate statistics by SAS[®] On Demand and PDIFF ($p < 0.10$) and multivariate (discriminant and principal component analysis) analyses were performed. The photosynthetic active radiation (PAR) was higher in the FSS, with a difference of 25% for the MSS and 50% for ISS. The average values of temperature and humidity indexes (THI) were higher than 72 in the three systems. The pre-grazing forage mass, dry mass of leaf blade and dry mass stem in MSS were intermediate to other systems (6,885; 3,206; and 2,105 kg ha⁻¹ DM, respectively). The bulk density and utilization forage values were also intermediate in MSS (109.1 ha⁻¹ cm⁻¹ DM and 2,999 kg ha⁻¹ DM, on average) compared to other systems. Higher crude protein contents were obtained in ISS (13.6%), intermediate in MSS (11.3%) and lower in SFS (10.1%). In summer/2017, individual milk production was higher in ISS than in the FSS, both similar to that in MSS (15.5 kg cow⁻¹ day⁻¹ of milk). In the rainy season, cows in shaded systems sought shade more frequently (66.5% on average) than those in SFS (15.9%), while in the dry period, the frequency was intermediate in MSS (59.7%), with a higher value for ISS (73.2%). Under conditions of low PAR, the stems of massai grass were less thick and lighter in the shaded systems, which can be attributed to pasture management by 95% light interception. The microclimate affected positively the productive performance of the Massai grass in full sun environment, however it affected negatively the crude protein content. In the MSS, there was greater productivity of grass-Massai in relation to the ISS, concomitant to the higher crude protein content of the forage than in the FSS. Milk production was very dependent on dry mass production, which is often favored in grass monoculture systems. Milk production was highly dependent on dry matter production, which is often favored in monoculture of this grass systems. Moderate shading promotes a balance between production and nutritional value of the Massai grass as well as ambience for dairy cows in the seasons of the year in northern Mato Grosso-Brazil.

Keywords: *Megathyrus maximus*, Moderate shading system, Thermal comfort

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Sistemas Agrossilvipastoris	3
2.2 Interações Árvores-Pastagens.....	5
2.2.1 Luz.....	5
2.2.2 Qualidade da forragem	8
2.3 Interações Árvores-Pastagens-Animais.....	10
2.4 <i>Megathyrus maximus</i> cv. Massai	12
2.5 Conforto Térmico de Bovinos	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Área, Período, Delineamento e Tratamentos Experimentais.....	17
3.2 Histórico da Área e Condição Experimental	19
3.3 Dados Climáticos.....	26
3.4 Avaliações	28
3.4.1 Variáveis microclimáticas	28
3.4.2 Componente forrageiro.....	29
3.4.3 Componente animal.....	32
3.5 Processamento dos Dados e Análise Estatística	36
4 RESULTADOS	38
4.1 Variáveis Microclimáticas	38
4.1.1 Microclima em função do crescimento vegetal.....	38
4.1.2 Comportamento animal em função do microclima	39
4.2 Componente Forrageiro.....	46
4.2.1 Altura dos pastos	46
4.2.2 Massa de forragem e composição morfológica	48
4.2.3 Índice de área foliar	52
4.2.4 Densidade volumétrica da forragem.....	53
4.2.5 Taxa de acúmulo de forragem	54
4.2.6 Ciclos de pastejos e acúmulo de forragem	55
4.2.7 Perdas de forragem e sua composição morfológica	56
4.2.8 Aproveitamento de forragem.....	58
4.2.9 Ofertas de forragem.....	59
4.2.10 Composição morfológica do pastejo simulado.....	61
4.2.11 Valor nutritivo da forragem pastejada.....	63
4.2.12 Taxas de lotação animal	64
4.3 Componente Animal.....	68
4.3.1 Consumo de ração	68
4.3.2 Produção de leite	68
4.3.3 Contagem de células somáticas e composição química do leite	69
4.3.4 Desempenho animal por área e taxa de lotação animal adicional	71
4.3.5 Comportamento animal	71
4.4 Análise Discriminante e de Componentes Principais.....	91
4.4.1 Verão/2017 e outono/2018 (duas ordenhas).....	92
4.4.2 Inverno/2018 (uma ordenha com uso de silagem).....	109
4.4.3 Primavera/2018 e verão/2018 (Uma ordenha).....	117

5 DISCUSSÃO	136
5.1 Verão/ 2017 e Outono/2018	136
5.2 Inverno/2018.....	144
5.3 Primavera/2018 e Verão/2018	147
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	158
7 CONCLUSÕES.....	159
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160
ANEXOS	182

1 INTRODUÇÃO

O setor leiteiro possui grande destaque para o agronegócio no Brasil, a começar por constituir uma cadeia produtiva ampla que envolve uma série de serviços (econômicos-sociais-ambientais) e insumos que ajudam a manter o setor, além de possuir participação significativa no PIB da pecuária. O que é constatado pela atual classificação do Brasil como o terceiro maior produtor mundial de leite, com 36 bilhões de litros em 2019 (FAO STAT, 2021), devido o país possuir um dos maiores rebanhos de gado leiteiro do mundo (16,3 milhões de vacas ordenhadas ano⁻¹), porém com baixa produção de leite por vaca (média de 2.206 litros vaca⁻¹ ano⁻¹ de leite), abaixo da média mundial (2.699 litros vaca⁻¹ ano⁻¹ de leite), ou seja, uma baixa produtividade (FAO STAT, 2021).

Neste contexto, é importante destacar que a atividade leiteira no Brasil é exercida em sua grande maioria por pequenas propriedades rurais, com maior ou menor tecnificação, distribuídas praticamente em todo o território nacional (MAIA *et al.*, 2013), e essa diversidade no perfil dos estabelecimentos agropecuários produtores de leite, mostra que ainda há muitos desafios para aumentar a produtividade, que vão desde aspectos político-econômicos (“preço do leite”, condições das estradas para escoamento da produção, bonificações, fiscalizações, entre outros) como sociais (saúde, educação e segurança, que permitam manter o produtor e sua família na atividade) (RAMOS *et al.*, 2018).

Somado a isso as condições climáticas adversas das regiões de clima tropical e subtropical, também é outro fator que pode limitar a produção de leite, por prevalecer altas temperaturas do ar, em virtude da elevada radiação solar incidente além dos demais elementos climáticos (umidade e vento) que podem causar desconforto ambiental ao bem-estar animal e afetar o crescimento, produção, qualidade do leite e a reprodução de vacas leiteiras (BIAVATTI *et al.*, 2014; LAMBERTZ *et al.*, 2014; VIZZOTTO *et al.*, 2015). Neste aspecto, sabe-se que a região Centro-Oeste do Brasil (Mato Grosso) possui temperatura máxima que varia de 28 °C, durante o período de chuva, e até 40 °C durante o período de seca (que está relacionado à falta de nuvens nesta época do ano), o que aumenta a incidência da radiação solar e resulta em baixa umidade do ar pela falta de chuva, condições consideradas inapropriadas para a pecuária leiteira, devido ao estresse térmico e ao consequente comprometimento da produção e sobrevivência dos animais (ALVAREZ, *et al.* 2013).

Os sistemas agrossilvipastoris possuem grande potencial para contornar tais adversidades, como: a melhoria do conforto térmico ao fornecer sombra para o gado e proporcionarem um ambiente com temperatura mais amena; melhoria do valor nutricional da forragem; possibilidade de suplementação alimentar para os animais por meio do pastejo, ou fornecimento no cocho de forragem conservada, produzida a partir do componente agrícola; e, conseqüentemente, o aumento da produção de leite (BALBINO *et al.*, 2011a; BONAUDO *et al.*, 2014; CORDEIRO *et al.*, 2015; ALVES *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2019).

Vale destacar que a pecuária brasileira é caracteristicamente desenvolvida em pastagens, devido a fatores econômicos, à diversidade climática e de espécies e, também, pela produtividade e qualidade dos pastos encontrados nas diferentes regiões do país que contribuem para um menor custo da forragem produzida. Estes ecossistemas representam uma influência importante sobre a provisão dos serviços ambientais em diferentes partes do mundo (BONAUDO *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2018). Porém, a expansão territorial de forma indiscriminada e arbitrária, tem trazido graves conseqüências, como por exemplo, o aumento de áreas improdutivas, em virtude da baixa fertilidade dos solos e conseqüente degradação das pastagens, comprometendo muito a conservação dos recursos naturais e, conseqüentemente o desenvolvimento da pecuária nacional (DIAS-FILHO, 2011). O que é constatado pelos 99,30

milhões de hectares de áreas de pastagens degradadas, equivalentes a 54,4% da área total de pastagens do Brasil, estimada em 182,45 milhões de hectares (equivalentes a 21,5% da área territorial do país) pela LAPIG (2019).

O aumento da demanda por alimentos, aumento nos custos de produção e competitividade entre os commodities, vem exigindo cada vez mais a diversificação de atividades nos sistemas agropecuários (KICHEL *et al.*, 2014). Neste contexto é importante ressaltar que nos últimos anos os setores agrícola e pecuário estão sob grande pressão pela obtenção de alternativas mais sustentáveis de produção, conjuntamente com práticas de maior responsabilidade ambiental, e economicamente viáveis. O objetivo principal dessa busca é garantir a máxima produtividade do sistema, porém seguindo os princípios da conservação dos recursos naturais, resultando também nos contextos de ecoeficiência dos sistemas produtivos e de segurança alimentar das nações e/ou povos.

Atualmente, existem práticas no mercado, até mesmo um “*marketing*” de incentivo ao consumo por produtos não nocivos ao meio ambiente, ou ainda, produtos obtidos de animais criados em sistema com o máximo de bem-estar. Para o mercado exterior, esses produtos são vistos de forma muito positiva, o que também auxilia na divulgação e no incentivo pela busca por mais tecnologias pelo produtor para se adequar ao mercado consumidor.

O sistema agrossilvipastoril pode ser considerado como tecnologia de uso da terra, que garante maior biodiversidade e sustentabilidade aos ecossistemas quando comparados a quaisquer monocultivos (BERNARDINO & GARCIA, 2009). Ressalta-se, que a combinação de componentes mais adaptáveis a este tipo de sistema aliado ao manejo e manutenção correta dos componentes, contribuem para a redução dos problemas decorrentes do desmatamento e da degradação de diferentes ecossistemas (BALBINO *et al.*, 2011a; PORFÍRIO-DA-SILVA *et al.*, 2012; BONAUDO *et al.*, 2014).

Contudo, antes de adotar um sistema, como no caso de um sistema agrossilvipastoril, é importante realizar um planejamento das combinações favoráveis ao desenvolvimento e equilibrar a presença destes componentes por área (BETTENCOURT *et al.*, 2020), assim como, selecionar espécies com boa capacidade produtiva, adaptadas ao manejo e ambientadas às condições edafoclimáticas do local a serem implantadas. Portanto, a escolha de plantas forrageiras adaptadas a ambientes sombreados é um dos pontos mais importantes a serem considerados, uma vez que a planta responde aos níveis de irradiância com alterações morfofisiológicas, que vão influenciar nas características estruturais e no valor nutritivo da forragem (CARVALHO *et al.*, 2014).

Neste contexto, vale ressaltar que ainda são poucos os estudos com uso do capim-Massai em sistemas integrados, apesar disso, verifica-se que este capim possui potencial para ser adotado em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, comprovado tanto por sua boa adaptação ao sombreamento artificial de até 75% durante a fase de estabelecimento (VIEIRA *et al.*, 2013), como pelo aumento de sua taxa de acúmulo da matéria seca quando cultivado sob até 30% de sombra (ANDRADE *et al.*, 2004).

O estudo proposto baseia-se na hipótese de que vacas lactantes mantidas em sistemas agrossilvipastoris com sombreamento moderado são mais produtivas do que vacas em sistema com sombreamento intenso e à pleno sol devido às melhores condições de conforto térmico para os animais e à maior produção de forragem sem perda de qualidade, em distintas épocas do ano na região de transição Cerrado-Amazônia.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo e qualitativo do capim-Massai, o desempenho (produção e composição do leite) e o comportamento de vacas mestiças submetidas a dois regimes de sombra em sistemas agrossilvipastoris ou em monocultivo a pleno sol e manejadas sob lotação intermitente na região Norte do Mato Grosso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas Agrossilvipastoris

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou agrossilvipastoril, é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, que busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, valorização do homem e a viabilidade econômica da atividade agropecuária, o que representa uma oportunidade para melhorar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (BALBINO *et al.*, 2011a; BONAUDO *et al.*, 2014; PACIULLO *et al.*, 2017).

Os principais impactos desejáveis sobre o meio ambiente com implantação do sistema agrossilvipastoril são: maior aproveitamento da área de pastagens, preservação da biodiversidade e de corredores de fauna, recuperação de solos e ecossistemas degradados, redução de resíduos químicos no produto e diminuição da necessidade de alimentos concentrados, volumosos e de suplementos externos ao sistema (CORDEIRO *et al.*, 2015; ALVES *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2019).

A integração lavoura-pecuária-floresta por ser a mais complexa das modalidades de integração, necessita de um prévio conhecimento sobre as condições edafoclimáticas da região, além das possíveis combinações das culturas, manejo, e comercialização, antes da sua implantação, com objetivo de atender além da preservação dos recursos naturais, promover maior produção vegetal e animal (BALBINO *et al.*, 2011a; BIAVATTI *et al.*, 2014; LIMA & GAMA, 2018).

É importante considerar que, com o passar do tempo, cada componente passa por constantes alterações naturais durante o seu desenvolvimento, sendo necessário, realizar a manutenção para manter o equilíbrio do sistema (MAURIG & BERNARDI, 2017). Assim como ocorre no estabelecimento do componente arbóreo, o sombreamento causado é mínimo e de pouco efeito significativo sobre o componente forrageiro, mas conforme as árvores crescem, as mudanças no microclima se tornam mais acentuadas, o que pode afetar o crescimento e a compatibilidade da cultura associada (ABRAHAM *et al.*, 2014; BERNARDIS *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2016a).

As árvores no sistema agrossilvipastoril desempenham diferentes funções, como produção de madeira, frutos, sementes, resina, látex, óleos e também influencia na luminosidade, umidade e temperatura sob a copa, e promovem o incremento da diversidade, da ciclagem de nutrientes, melhoria do microclima para criação animal, proteção do solo, entre outros serviços ambientais (BERNARDI *et al.*, 2014).

De acordo com Bernardis *et al.* (2014), as árvores utilizadas nos sistemas integrados de produção devem apresentar, de preferência, copas que permitam a passagem de luz para o crescimento das forrageiras, com densidade que não ultrapasse dos 40 a 50% de cobertura arbórea na área de pastagem, a fim de não comprometer o desempenho forrageiro. Os mesmos autores relataram que espaçamento recomendado entre as árvores é variável, e depende da arquitetura das espécies arbóreas, do modo de distribuição das árvores, da fertilidade do solo, entre outros fatores.

Segundo Pontes *et al.* (2017), diversos fatores podem mudar a intensidade de competição pelos recursos edafoclimáticos, entre eles o arranjo das árvores e a densidade de plantio, copas das árvores, orientação do plantio, o que poderá beneficiar ou inviabilizar o crescimento da espécie forrageira sombreada. Crestani *et al.* (2017), avaliaram características estruturais e acúmulo de forragem do capim-Piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatã) em área de

integração lavoura-pecuária-floresta sob regime de sombreamento moderado (338 árvores ha⁻¹) e sombreamento intenso (714 árvores ha⁻¹), verificaram que em relação ao sistema sem árvores (à pleno sol), o efeito do sombreamento reduziu o acúmulo de forragem para 39% e 67% no sombreamento moderado e intenso, respectivamente.

A busca por espécies forrageiras mais adaptadas ao sombreamento também é uma forma que permite melhorar a eficiência produtiva da forragem (TAIZ *et al.*, 2017). De acordo com trabalhos citados na literatura, forrageiras tolerantes ao sombreamento apresentam modificações morfofisiológicas quando submetidas ao sombreamento, que lhes conferem maior capacidade de produção, quando comparadas às espécies não tolerantes em cultivo sob luminosidade reduzida (ABRAHAM *et al.*, 2014; PACIULLO *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2017).

De acordo com Faria *et al.* (2018), toda a gramínea, mesmo aquelas consideradas tolerantes ao sombreamento, apresentam redução da sua produção quando submetidas a ambientes com sombreamento intenso, contudo, a implantação de sistemas de integração com plantio menos adensado de árvores pode ser uma estratégia para manter a incidência da radiação solar, e assim garantir a persistência das pastagens (GOMES, 2019). Segundo Paciullo *et al.* (2011a), em estudo sobre a interação do pasto e o componente florestal dispostos em renques sobre as características produtivas e nutricionais de *Urochloa decumbens*, observaram que a proximidade ao renque das árvores influenciou nas características estruturais da forrageira, mas a forragem localizadas entre sete e 10 m de distância do renque foi privilegiada pelos efeitos benéficos da sombra moderada, o que propiciou aumento na produção de massa de forragem, perfilhos e concentração de proteína bruta.

Ainda nesse contexto, o componente animal se beneficia da melhor qualidade do ambiente da pastagem arborizada, uma vez que a presença de árvores nestes ambientes ameniza a influência microclimática sobre o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (CRUZ *et al.*, 2011; CUARTAS CARDONA *et al.*, 2014; SIERRA-MONTOYA *et al.*, 2017; DOMICIANO *et al.*, 2018). Isso acontece em ambientes de clima tropical, através da redução de incidência da radiação solar direta, temperatura ambiente, velocidade do vento e aumento na umidade relativa do ar, principalmente por amenizar o estresse térmico, e assim reduzir o gasto de energia para manutenção e evitar a redução do consumo (RODRIGUES, SOUZA & PEREIRA FILHO, 2010; KARVATTE JÚNIOR *et al.*, 2016; DALTRO *et al.*, 2020). Além disso, em conformidade ao relatado na literatura (BERCHIELLI *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2019; PEZZOPANE *et al.*, 2020), a integração pode ser uma estratégia de melhoria da qualidade das pastagens, como à redução do teor de fibra, aumento da proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da forragem.

Conforme verificado por Summer *et al.* (2019), o estresse térmico provoca efeitos consideráveis no bem-estar e sobre o desempenho de bovinos, como exemplo, sob condições de clima quente e úmido, vacas leiteiras podem produzir leite com características de qualidade inferior, especialmente àquelas relacionadas à fabricação de queijos. Além disso, sob estresse térmico, os animais podem modificar seu comportamento para reduzir a quantidade de calor endógeno produzido e promover a perda de calor (SCHÜTZ *et al.*, 2011), como por exemplo, reduzem o tempo em atividade de pastejo, aumentam o tempo em ócio e o consumo de água (FERREIRA *et al.*, 2011; CARNEVALLI *et al.*, 2019a). A redução da atividade de pastejo, reduz a ingestão de matéria seca e como consequência afeta o desempenho produtivo dos animais, como reduzir a produção de leite ou o ganho de peso corporal (SOREN, 2012; MELLADO *et al.*, 2016).

Ainda, segundo Bernabucci *et al.* (2010), para cada aumento no índice de temperatura e umidade foi verificado uma perda de 0,27 kg de leite. Pinarelli *et al.* (2003) citaram que, sob

estresse, vacas da raça holandesa podem reduzir em até 17% da produção de leite para o nível de produção de 15 kg animal⁻¹ dia⁻¹ de leite e de 22% para vacas de 40 kg animal⁻¹ dia⁻¹ de leite. Outros trabalhos da literatura reportam que bovinos de corte podem reduzir em até 10% o consumo de matéria seca quando a temperatura ambiente se eleva de 25 °C para 30 °C sob estresse térmico (CORSI & GOULART, 2006; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006; BARBOSA FILHO *et al.*, 2010). De acordo com Daltro *et al.* (2020), vacas leiteiras são as que mais sofrem com a temperatura elevada, principalmente àquelas de alta produção, por serem mais sensíveis ao calor e assim possuem maior dificuldade em dissipá-lo. Segundo Carnevalli *et al.* (2019a), a inserção de árvores nas pastagens pode amenizar o calor e melhorar as condições do ambiente.

Portanto, o produtor ao fazer uso de algumas estratégias de manejo ambiental, como a arborização da pastagem, de forma que a inclusão de árvores na área permita um equilíbrio entre a produção de forragem, e ainda, e conforto térmico para as vacas, poderá melhorar o bem-estar do animal e a sua produção.

2.2 Interações Árvores-Pastagens

2.2.1 Luz

Árvores e pastagens formam um estrato superior e inferior, respectivamente, e nesse tipo de sistema o componente arbóreo é o mais favorecido na competição por luz, e a diminuição do rendimento das gramíneas tropicais, sob a sombra é de aproximadamente proporcional à quantidade de sombreamento, quando o suprimento de água e nutrientes não são limitantes (NASCIMENTO *et al.* 2019; PACIULLO *et al.*, 2021). Assim, a produção da vegetação que ocupa o estrato inferior fica dependente da densidade ou espaçamento do componente arbóreo (GOMES *et al.*, 2020) e à sua adaptação fisiológica à baixa intensidade de luz. Além disso, outras características do componente arbóreo como o fechamento de copa, o arranjo, densidade e povoamento das árvores, devem ser considerados, a fim de se obter o máximo de benefício da inclusão de espécies arbóreas em pastagens de gramíneas (PACIULLO *et al.*, 2011a; PEZZOPANE *et al.*, 2021). Segundo Surki *et al.* (2020), o sombreamento reduz a interceptação de luz pela planta submetida ao sombreamento, o que leva a menores quantidades de assimilação de carbono e conseqüentemente redução da produtividade da planta. Uma vez que a taxa fotossintética foliar líquida pode reduzir sob o sombreamento e ocorrer um rápido fechamento estomático (KIM *et al.*, 2010).

A luz é o recurso ambiental mais rapidamente afetado para as plantas forrageiras cultivadas sob árvores, a limitação da quantidade de luz que chega ao dossel forrageiro pode comprometer sua produção, principalmente quando associada à qualidade de luz disponível (VARELLA *et al.*, 2011; SANTIAGO-HERNANDEZ *et al.*, 2016; GEREMIA *et al.*, 2018). A intensidade e a qualidade da luz (relação vermelho:vermelho distante) sob as copas das árvores podem variar em função das espécies, densidade do dossel e duração dos raios solares, mas a intensidade da luz sob à sombra neutra é relativamente fácil de quantificar e a qualidade da luz (distribuição dos comprimentos de luz) permanece inalterada (PANG *et al.*, 2019).

As folhas das árvores absorvem com maior eficiência os comprimentos de onda correspondentes ao azul e vermelho (KLUGE *et al.*, 2015; MELO, 2020). Com isso, reduz a proporção de radiação fotossinteticamente ativa que chega ao dossel forrageiro sob as copas das árvores, o que altera o ambiente para a produção da forragem e provoca mudanças significativas na morfologia das plantas (GEREMIA *et al.*, 2018).

A produção final de matéria seca de uma planta depende, de forma geral, da eficiência com que as folhas captam a luz, e convertem a energia radiante em energia química por meio do processo da fotossíntese. Entretanto, apenas uma fração do espectro solar é utilizado pela planta no processo de conversão, por causa da sensibilidade seletiva dos cloroplastos, essa fração é conhecida como radiação fotossinteticamente ativa (RFA), considerada como o fluxo na faixa de 400 a 700 nm do espectro (TAIZ *et al.*, 2017).

De acordo com Steidle Neto *et al.* (2008), as unidades de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) podem ser expressas em termos de densidade de fluxo de fótons fotossintéticos ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e, para aplicações meteorológicas, a RFA é expressa em termos de densidade de fluxo de energia radiante (W m^{-2}). McCree (1972) propôs para conversão de unidades de fótons fotossintéticos em energia ou vice-versa, o fator $4,57 \text{ mol MJ}^{-1}$ para condições de incidência de radiação solar direta e difusa, e $4,24 \text{ mol MJ}^{-1}$ para ambientes onde ocorre somente incidência de radiação solar difusa.

Existem trabalhos na literatura que consideram que a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) corresponde a uma fração da radiação global (R_g) igual a 50% (OLIVEIRA *et al.*, 2007a), embora outros trabalhos tenham reportado razões da ordem de 45% (MCCREE, 1972), 47% (ASSIS & MENDES, 1989), 48% (BRITTON & DODD, 1976). Conforme verificado, em outros trabalhos, deve ser considerado que a razão entre RFA e a radiação global (R_g) sofre variações espaciais, sazonais e interanuais, dependendo das condições meteorológicas relevantes e do clima local (STEIDLE NETO *et al.*, 2008).

Segundo Magalhães *et al.* (2018), no ecótono Cerrado/Amazônia, os renques triplos e simples (espaçados 30 e 37 metros, respectivamente) podem alterar a transmissão de radiação fotossinteticamente ativa nos locais mais próximos do renque (face sul ou norte), sendo dependente da altura das árvores, largura e espaçamento dos renques, latitude local, época do ano e hora do dia. Ainda de acordo com Sallo *et al.* (2014), outros parâmetros como a nebulosidade e as diferenças na ocupação do solo também podem alterar o balanço de radiação.

A redução da luminosidade influencia na menor produção de matéria seca da gramínea e na morfologia das plantas como: maior relação parte aérea: raiz, maior área foliar específica, menor índice de área foliar, alterações na relação folha: caule e no ângulo de inclinação das folhas (GOBBI *et al.*, 2009; GOBBI *et al.*, 2011). Sob as copas das árvores, é comum a planta compensar a redução da luminosidade com o aumento das taxas de alongamento de colmos (PACIULLO *et al.*, 2011b; PACIULLO *et al.*, 2016). Esse mecanismo (estiolamento) permite a elevação de suas folhas e melhora a distribuição da radiação ao longo do perfil do dossel (GOMIDE *et al.*, 2011). Esse mesmo efeito foi verificado no trabalho de Castro *et al.* (1999), que observaram maior crescimento do colmo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Megathyrsus maximus* cv. Vencedor e *Setaria anceps* cv. Kazungula sob redução da luminosidade.

No trabalho de Coelho *et al.* (2014), ao compararem o efeito de diferentes arranjos espaciais no sub-bosque de capim-Braquiária em sistema silvipastoril, notaram que o sistema em pleno sol apresentou 29% de interceptação luminosa, enquanto os sistemas em sub-bosque apresentaram 51% de interceptação luminosa. Os mesmos autores afirmaram que apesar dessa diferença numérica, a quantidade de radiação interceptada pelas plantas em sol pleno foi de $220 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, enquanto a dos arranjos em linhas duplas e simples foi de 99,3 e 153,5, respectivamente. Concluíram por meio destes resultados, que as plantas em sub-bosque utilizaram mecanismos adaptativos para aumentar a quantidade de luz interceptada em condições limitantes, mesmo apresentando taxa de crescimento reduzida.

Além disso, sob condição de sombreamento, a redução da relação vermelho:vermelho distante promove menor densidade populacional de perfilhos em gramíneas, reforça a

importância da luz na produção de novos perfilhos nas pastagens de gramíneas (ABRAHAM *et al.*, 2014; PEZZOPANE *et al.*, 2015; PACIULLO *et al.*, 2016). Desta forma, pode-se concluir que para manter o desenvolvimento do perfilho, em condições de sombreamento, a planta prioriza o crescimento dos perfilhos existentes, em detrimento da produção de novos perfilhos. Paciullo *et al.* (2016) avaliaram duas cultivares de *M. maximus* (Tanzânia e Massai) sob três níveis de sombreamento (0, 37 e 58%) e quatro níveis de adubação nitrogenada (0, 50, 100 e 150 mg N dm⁻³), verificaram que sob condição de sombreamento intenso, as cultivares apresentaram limitação a resposta à adubação, em termos de aparecimento de novos perfilhos.

Segundo Kim *et al.* (2010), pode ocorrer maior mortalidade de perfilhos em função da limitação no suprimento de carbono gerada pela competição por luz. Neste sentido, no trabalho de Barros *et al.* (2018), em que foi avaliado o capim-Piatã em sistemas integrados, foi constatado que áreas sob maiores densidades de árvores apresentaram menor cobertura do solo devido à redução na incidência da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel.

Os níveis decrescentes de luminosidade podem tornar as folhas de gramíneas mais longas e finas. Essa modificação foi observada por Wong & Wilson (1980) em folhas de plantas de *Megathyrsus maximus*, que modificaram sua estrutura, se tornando maiores, mais tenras e estioladas, para melhorar a adaptação e competição pela radiação. Segundo Gómez *et al.* (2013), as gramíneas forrageiras em ambientes sombreados aumentam a área foliar específica (SLA), como resposta adaptativa a menor incidência luminosa.

Segundo Maximov (1984), a modificação das folhas em ambientes sombreados se deve a redução do parênquima palissádico, motivada pela menor transferência de CO₂ para o mesófilo. Sousa *et al.* (2010) relataram que plantas com radiação restrita permitem manutenção de maiores teores de clorofila em folhas devido a menor taxa de degradação por fotooxidação. Além disso, os mesmos autores relataram que isso se deve também ao maior desenvolvimento de grana, conjunto de discos membranáceos (tilacóides), dispostos em pilha, que contêm clorofila e estão localizados nos cloroplastos.

No caso de plantas mais adaptadas às sombras, é comum a planta priorizar as reservas de crescimento para o aumento da área foliar e assim, promover maior concentração de clorofila para melhorar a captação por luz (GÓMEZ., 2013; LOPES *et al.*, 2017).

Em experimentos com gramíneas do gênero *Urochloa* (*Brachiaria*) sob sombreamento, Lopes *et al.* (2017) encontraram maiores teores de clorofila com o maior nível de sombreamento (70%). Oliveira *et al.* (2013) também encontraram maior teor de clorofila nas folhas de *Megathyrsus maximus* cv. ‘Tanzânia’ e de *Andropogon gayanus* cv. ‘Planaltina’, cultivadas à sombra quando comparadas àquelas ao pleno sol.

Os efeitos da competição por luz entre os componentes serão minimizados a partir da seleção adequada das espécies arbóreas, do espaçamento e da idade das árvores. Neste contexto, a escolha por árvores com copa não muito densa, permite maior passagem de luz e favorece o crescimento da forrageira. Segundo Curtis (1981), para adotar espécies arbóreas com copa frondosa e alta, são importantes que a altura atingida seja no mínimo de dois e, no máximo, de três metros de altura. Já para Andrade *et al.* (2012), no planejamento de sistemas silvipastoris deve-se considerar uma densidade arbórea que promova cobertura da projeção das copas de 10 a 40% da área da pastagem. À medida que a cobertura arbórea aumenta, práticas silviculturais, como a desrama (retirada de galhos) e o desbaste (retirada de árvores), podem ser adotadas para possibilitar maior incidência de luz no sub-bosque, minimizando os efeitos negativos do sombreamento sobre a produção forrageira (ERGON *et al.*, 2018).

O espaçamento (distância entre árvores e entre renques de árvores), considerando a altura das árvores, adotado para amenizar a competição por luz entre espécies (forrageira e

arbórea) vai depender da arquitetura e das espécies arbóreas, do modo de distribuição das árvores (exemplos: em fileiras, distribuídas no pasto, em sub-bosques), da fertilidade do solo, entre outros fatores. Alguns estudos em parcelas indicaram que o crescimento máximo de gramíneas de clima temperado e tropical, tolerantes ao sombreamento, foi obtido com 40 a 70% de transmissão de luz (CARVALHO *et al.*, 2002; BERNARDINO & GARCIA, 2009). Ainda, com base nos resultados da literatura obtidos com gramíneas do gênero *Megathyrsus maximus* constata-se tolerância ao sombreamento de 75% (MATTA *et al.*, 2008; MEDILLINA-SALINAS *et al.*, 2013; VIEIRA *et al.*, 2013).

O direcionamento ou sentido das fileiras e/ou renques de árvores também deve ser considerado, em função do posicionamento do sol (Leste-Oeste ou Norte-Sul), uma vez que também influencia na maior ou menor luz solar incidente no estrato inferior (BERNARDINO, 2007). Nesse sentido, Bosi *et al.* (2014) observaram que houve redução da produtividade de forragem e do índice de área foliar, além de aumento da altura das plantas e da área foliar específica do capim-Braquiária nas distâncias de dois metros dos renques durante a época quente e chuvosa, para o plantio de árvores nativas em renques e no sentido norte-sul. Paciullo *et al.* (2011a) concluíram que a região do pasto, localizada entre sete e 10 metros de distância do renque arborizado, ocorre o melhor aproveitamento dos efeitos benéficos da sombra moderada sobre a densidade de perfilhos, a massa de forragem e os acúmulos de massa seca e de proteína bruta.

A seleção de forrageiras tolerantes ao sombreamento, também é uma opção para minimizar o efeito de competição entre espécies. Dentre as gramíneas recomendadas para o cultivo sob sombreamento, estão o *Andropogon gayanus*, o *Megathyrsus maximus* e *Urochloa decumbens* (ANDRADE, 1994; MACEDO & ZIMMER, 2007; PACIULLO *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019). No Norte de Minas Gerais, essas gramíneas são aquelas mais utilizadas, devido sua tolerância às condições edafoclimáticas da região e aos sistemas de produção instalados, sobretudo pela pecuária extensiva de corte, em sua maioria, e de leite.

2.2.2 Qualidade da forragem

Alterações na composição química são frequentemente observadas em pastagem sob sombreamento, porém esta alteração muitas vezes é variável de um estudo para outro, devido a grande natureza de avaliações, como exemplo, estudos com diferença de espaçamentos e idade das árvores. No trabalho de Araújo *et al.* (2013), os autores observaram que ao testarem três espaçamentos com eucalipto, não influenciaram na composição química da *Urochloa decumbens*, supostamente, devido ao pequeno porte das árvores no momento das avaliações (± 1 m aos 6 meses e 3,5 m aos 24 meses), o qual não foi suficiente para promover alterações.

O sombreamento também influencia a qualidade da forragem e, como consequência, o desempenho dos animais nas pastagens. Carvalho *et al.* (1995) observaram que cinco gramíneas forrageiras tropicais apresentaram diminuição do teor de matéria seca sob a copa do Angico vermelho. Segundo os mesmos autores, essa redução estava ligada a maiores participações de folhas verdes nas áreas sombreadas, o que representa uma vantagem para o pastejo, uma vez que as folhas geralmente têm melhor valor nutritivo que os colmos.

De forma geral, os resultados encontrados na literatura indicam que plantas submetidas ao sombreamento moderado possuem maior teor de nitrogênio na folha, o que influencia no teor proteico da forragem (SOUSA *et al.*, 2010; PACIULLO *et al.*, 2016; PACIULLO *et al.*, 2021). Neste contexto, em pastagem de *Urochloa decumbens* sombreadas o teor de proteína bruta foi de 25% e 33% maior que aqueles a pleno sol durante o primeiro (2014/2015) e o segundo (2015/2016) ano experimental, respectivamente (LIMA *et al.*, 2019). Resposta semelhante também foi verificada por Soares *et al.* (2009), que avaliaram cinco

espécies forrageiras (*Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Megathyrsus maximus* cv. Aruana, *Hemarthria altissima* cv. Florida, *Axonopus catharinensis* e *Cynodon dactylon* híbrido Tifton-85) sob a copa de *Pinus taeda*, e concluíram que houve aumento do teor de proteína bruta nas espécies forrageiras cultivadas sob luminosidade reduzida, com média de 14% de proteína bruta superior às espécies a pleno sol.

Segundo Lemaire & Chartier (1992), este aumento no teor de proteína bruta nas lâminas foliares das plantas sombreadas pode ser justificado pelo fato de haver uma porcentagem de nitrogênio ideal para determinado nível de produção de massa seca, como no ambiente sombreado ocorre redução da massa seca, acaba concentrando mais nitrogênio nas plantas. Assim, se a pleno sol há maior produção de massa seca, isso dilui mais o nitrogênio absorvido e translocado para as partes aéreas do que nas plantas sombreadas, que geralmente apresentam menores produções de massa (SOARES *et al.*, 2009; HANISCH *et al.*, 2016).

Sob outro aspecto, para Wilson (1996), o maior teor de proteína bruta nas plantas sombreadas é consequência também tanto do maior teor de umidade associado à temperatura do solo, que favorece as taxas de mineralização e ciclagem de nitrogênio, como do menor tamanho das células de plantas sombreadas, uma vez que, embora a quantidade de nitrogênio seja a mesma na célula, as concentrações desse nutriente são maiores em plantas sombreadas (KEPHART & BUXTON, 1993).

Já para os teores de fibra e de digestibilidade da forragem, há ampla variação dos resultados das respostas em plantas submetidas ao sombreamento (LIN *et al.*, 2001; KALLENBACH *et al.*, 2006; SOUSA *et al.*, 2010). Nesse sentido, Paciullo *et al.* (2007) observaram efeito significativo sobre o teor de FDN da *Urochloa decumbens*, com menor teor sob a copa das árvores (73,1%) e maior no pleno sol (75,9%). De acordo com os autores, a maior concentração de FDN na forragem de plantas cultivadas a pleno sol, é consequência da maior disponibilidade de fotoassimilados, o que resulta no aumento da quantidade de tecido esclerenquimático, com maior número de células e paredes celulares espessas. Lima *et al.* (2019), encontraram menor valor para o teor de FDN no sistema silvipastoril (658,1 g kg⁻¹) comparado ao sistema pleno sol (676,6 g kg⁻¹). Os mesmos autores, verificaram que para o conteúdo de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), não houve influência quanto ao tipo de sistema testado.

Já Carvalho *et al.* (2002) não verificaram efeito do sombreamento sobre o teor de FDN na parte aérea de gramíneas tropicais dos gêneros *Urochloa*, *Megathyrsus* e *Cynodon*, mas observaram que o sombreamento influenciou no desenvolvimento vegetativo dessas gramíneas, retardando o florescimento, fato positivo para o manejo dessas forrageiras. De maneira similar, Oliveira *et al.* (2013) também não encontraram diferença no teor de FDN em função dos níveis de sombreamento para o *Andropogon gayanus* cv. 'Planaltina' e *Megathyrsus maximus* cv. 'Tanzânia', apresentando características semelhantes às plantas cultivadas a pleno sol. Em contrapartida, Coelho *et al.* (2014) avaliaram dois arranjos espaciais [(um com linhas duplas 9 × 2 × 2m) e o outro com linha simples (9 × 2m)] e dois locais de amostragem (no centro da entrelinha e sob a copa das árvores) do sub-bosque de capim-Braquiária em sistema silvipastoril, encontraram maior valor de FDN (74,75%) no cultivo do capim-Braquiária em linhas duplas de eucalipto, segundo os autores esse resultado pode ser explicado pela maior participação de colmos na forragem e, conseqüente aumento no seu teor de parede celular, uma vez que os colmos são órgãos de sustentação e concentram boa parte da fibra das plantas.

Em espécies de gramíneas forrageiras perenes, Kephart e Buxton (1993) concluíram que sob 63% de sombra, o conteúdo da parede celular decresceu em apenas 3% e o teor de lignina em 4%, o que refletiu no aumento de 5% da digestibilidade. Segundo os mesmos

autores, esse aumento ocorreu em função da menor concentração da parede celular das forrageiras crescidas sob sombreamento.

Paciullo *et al.* (2016), avaliaram as cultivares Tanzânia e Massai do *Megathyrus maximus*, e concluíram que os teores de FDN e FDA foram maiores no capim-Massai quando comparado ao capim-Tanzânia, ambos sob efeito de sombreamento.

Sobre o teor de lignina, não há um consenso das informações de plantas forrageiras submetidas ao sombreamento. De acordo com Lima (2006), plantas cultivadas sob a sombra tendem a apresentar maior teor de lignina quando comparadas àquelas sem restrição luminosa, porém plantas sombreadas possuem menor idade fisiológica, o que pode resultar em menores teores de lignina e que, portanto, além da concentração é importante conhecer também a composição da lignina. A lignina pode apresentar menor interferência sobre os componentes da parede celular quando possuir menor proporção de siringaldeído e menor relação do siringaldeído: vanilina (JUNG & DEETZ, 1993). A vanilina e o siringaldeído são monômeros que podem complexar ou não a hemicelulose e celulose, respectivamente, e, portanto, caracterizar se a fibra possui qualidade nutritiva. Conforme verificado no estudo de Sousa *et al.* (2010) sob condições de sombreamento natural do capim-Marandu, no qual a lignina presente possuía maior proporção de siringaldeído, portanto, menos entremeada com a hemicelulose e a celulose. Os autores concluíram que se tratava de uma fibra de melhor qualidade nutritiva.

2.3 Interações Árvores-Pastagens-Animais

Entre o animal e o meio ambiente, existe constante transferência de calor, e quando essa transferência é ineficiente, os animais domésticos realizam mecanismos termorregulatórios não só para reduzir o estresse ambiental, mas principalmente, para manter a homeotermia (SOUZA *et al.*, 2010a). Portanto, é comum ocorrer aumento da frequência respiratória, como forma de dissipar calor excedente, e quando mantida por várias horas pode interferir na ingestão de alimentos, água e ruminação, adicionar calor endógeno a partir da atividade muscular e desviar a energia que poderia ser utilizada em outros processos metabólicos e produtivos (SOUZA *et al.*, 2010b). A presença do componente arbóreo nas pastagens, por meio do sombreamento, modifica o microclima, melhora as condições ambientais para os animais à pasto e, desta forma, influencia nas respostas sobre o consumo e o desempenho animal (FAÇANHA, CHAVES & MORAIS, 2013; LIMA *et al.*, 2019; GIUSTINA, 2020). Isto porque, as árvores servem de abrigo para os animais, no qual vão poder se proteger contra ventos frios, geadas, granizo, tempestades, variação brusca de temperatura do ar e do efeito da radiação solar (MEDRADO *et al.*, 2009), somado ao fato de que algumas espécies arbóreas podem servir como alimento para os animais além da forragem das pastagens, o que pode influenciar na qualidade da dieta (GIUSTINA, 2020).

É constatado na literatura científica que, sob a copa das árvores, a temperatura média pode ser de 2 a 3 °C menor que a temperatura em pastagens a pleno sol, podendo chegar a uma diferença de até 9,5 °C (PEZO & IBRAHIM, 1998; BAUMER, 1991). Pires *et al.* (2005), encontraram, a céu aberto, temperaturas de 36 a 40 °C, que chegaram a ser reduzidas para 26 a 32 °C. Além disso, as árvores interferem na transmitância da radiação solar, o que reduz o incremento calórico dos animais em pastejo. Quando os animais estão em conforto térmico, fora da zona de estresse calórico, ingerem 20% menos água, além de melhorar a conversão alimentar e pastejar por maior período, aumentando a produção de carne e leite (CASTRO *et al.*, 2008).

Magalhães *et al.* (2001) detectaram resposta positiva para o desempenho produtivo de ovinos deslanados (ganho de peso corporal de 79,5 g animal⁻¹ dia⁻¹) mantidos sob 45% de

sombra propiciada pela seringueira, a qual amenizou os efeitos depressivos do estresse térmico. Townsend *et al.* (2000) observaram que novilhos bubalinos mantidos em pastagem sob sombreamento de seringal e pastagem com bosque de espécies florestais nativas ganharam mais peso que aqueles mantidos em pastagens a pleno sol (757, 472 e 337 g animal⁻¹ dia⁻¹, respectivamente), o que demonstra os efeitos benéficos da sombra. Paciullo *et al.* (2011c), no experimento com desempenho de novilhas leiteiras em sistema silvipastoril, com consórcio entre *Urochloa decumbens* com quatro espécies arbóreas e um sistema de monocultura de *Urochloa decumbens*, obtiveram resultado para o ganho anual por área, maior no silvipastoril (355 kg ha⁻¹) comparado ao sistema de monocultura (317 kg ha⁻¹).

Algumas espécies de leguminosas arbóreas como a Acácia (*Acacia mangium*), Jurema branca (*Mimosa artemisiana*), Leucena (*Leucaena leucocephala*), a Gliricídia (*Glyricidia sepium*), Cratília (*Cratilia argentea*), Angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), Angico branco (*Anadenanthera colubrina*), Jacarandá-da-baía (*Dalbergia nigra*) e Jacaré (*Piptadenia* spp.) são reconhecidas por adicionar nutrientes à pastagem de gramíneas (CASTRO & PACIULLO, 2006; XAVIER *et al.*, 2011; FREITAS *et al.*, 2013). Uma maneira de disponibilizar essas árvores adultas como alimento para os animais é a poda dos galhos laterais, o que retrata a importância da utilização de espécies com o potencial de rebrota no sistema. Outras maneiras seriam sob a forma de bancos de proteína, ou consorciada com o pasto. É importante destacar que existem espécies arbóreas que são capazes de manter a produção de folhas e frutos na estação mais crítica do ano (déficit hídrico), sendo estes produtos (folhas e frutos) apreciados pelos animais (GIUSTINA, 2020).

Segundo Hohnwald *et al.* (2016), os animais são vistos também como elementos aceleradores do processo de ciclagem de nutrientes no sistema, uma vez que grande parte da biomassa ingerida retorna ao solo na forma de fezes e urina. Porém, o excesso de sombra e/ou a constante concentração de animais (altas taxas de lotação) sob a copa das árvores leva à distribuição desuniforme de dejetos na área de pastagem (distribuição errática) e pode resultar até na perda total da cobertura vegetal do solo, além de promover maior acúmulo de dejetos (fezes e urina) sob as árvores, intensificando a redução da fertilidade do solo na área do sistema silvipastoril como um todo, devido a excessiva deposição de nutrientes de forma errática na pastagem e muito concentrada próximo às árvores, o que contribui para uma menor eficiência de absorção e uso de nutrientes, tornando-os também mais suscetíveis às perdas (DANIEL & COUTO, 1998). Neste contexto, deve-se considerar que o retorno do nitrogênio a superfície do solo via urina é ineficiente para a ciclagem de nitrogênio, devido à distribuição das excretas no pasto ser irregular (errática), além das perdas por volatilização e lixiviação, destacando que o aporte de N no local de excreta atinge o equivalente a 500-1500 kg ha⁻¹ de N-ureia.

No trabalho de Lima *et al.* (2019) ao avaliar as características de valor produtivo e nutritivo de *Brachiaria decumbens* e o desempenho de novilhas leiteiras em silvipastoril e à pleno sol durante o verão e outono de dois anos consecutivos (sistemas nos 17 e 18 anos após o estabelecimento), verificaram que o crescimento das árvores ao longo dos anos, reduziu a incidência de radiação disponível para o crescimento da pastagem, os mesmos autores relataram que apesar do sombreamento intenso ter aumentado o teor de proteína bruta, influenciou de forma negativa na produção da forragem neste sistema, levando a uma menor taxa de lotação e ganho de peso por unidade de área comparado ao sistema à pleno sol.

Os trabalhos científicos destacam que deve ser considerado que os animais podem causar danos às árvores em diferentes intensidades, e depende da espécie, idade do animal (categoria) e da árvore, e do manejo de pastejo adotado (PORFÍRIO-DA-SILVA *et al.*, 2012; VARELLA *et al.*, 2011; TRICHES *et al.*, 2020). Os danos compreendem o consumo das folhas, da casca dos troncos, quebra de galhos e mesmo de caules (GIUSTINA, 2020), além

do consumo de brotos terminais que pode provocar deformações de fustes, comprometendo a qualidade da madeira produzida, no caso de plantios envolvendo essências florestais (BRUN *et al.*, 2017; HOHNWALD *et al.*, 2000).

De acordo com Franke & Furtado (2001), a recomendação para evitar esses tipos de danos é iniciar o pastejo apenas no momento que as árvores tenham uma altura em que as folhas fiquem fora do alcance dos animais. Com exceção para algumas espécies arbóreas, como o *Pinus* sp., que a folhagem é de baixa aceitabilidade; nestes casos o pastejo pode ser antecipado, desde que o diâmetro do caule não seja limitante. Para algumas espécies arbóreas, já existe recomendação para entrada dos animais a partir de 24 meses de plantio (BERNARDI *et al.*, 2014; TRICHES *et al.*, 2020), como exemplo, a seringueira e eucalipto. Nesse sentido, Giustina (2020) obteve desempenho satisfatório com bezerros de rebanho leiteiro em silvipastoril com cajueiro (var. CCP76 e EMB51) e goiabeira var. Paluma aos 48 meses de idade.

Segundo Hodgson (1985), a garantia de sucesso na produção animal em pastagens, depende da adoção de três condições básicas: produção de uma grande quantidade de forragem de bom valor nutritivo, grande proporção da forragem produzida deve ser colhida pelos animais, e elevada eficiência de conversão dos animais. Ou seja, deve haver um equilíbrio harmônico entre três fases do processo de produção: crescimento, utilização e conversão. Nos sistemas integrados, adoção dessas condições pode ser vista como um grande desafio. Mas possível mesmo em ambientes com interações mais complexas, desde que haja bom planejamento e conhecimento técnico-científico para obter eficiência na produção animal.

2.4 *Megathyrsus maximus* cv. Massai

No Brasil, entre as gramíneas mais utilizadas para a produção animal, destacam-se os cultivares da espécie *Megathyrsus maximus*, principalmente pela boa adaptação em climas tropicais e subtropicais e alta produtividade (GOMES *et al.*, 2011). Entre os cultivares, o cultivar Massai, um híbrido espontâneo entre *Megathyrsus maximus* e *Megathyrsus infestum* (Registro SNPA BRA 007102, e ORSTOM T21) foi lançado comercialmente em 2001 pela Embrapa Gado de Corte e parceiros (LEMPP *et al.*, 2001), com o objetivo de aumentar a diversidade de plantas forrageiras para a alimentação animal.

O capim-Massai é uma planta cespitosa de baixo porte, com folhas estreitas (em torno de 0,9 cm) e eretas, que apresenta pilosidade média, inflorescências do tipo intermediária entre panícula e racemo, com exigência média a alta em relação à fertilidade dos solos, e que apresenta alta produção de forragem sob pastejo, com maior participação de folhas na massa de forragem (LEMPP *et al.*, 2001). Em trabalho realizado por Lempp *et al.* (2001) com ensaios em parcelas, foi verificado que o capim-Massai apresentou acúmulo de massa seca de folhas de 15,6 Mg ha⁻¹ (semelhante ao capim-colonião com 14,3 Mg ha⁻¹). A maior produção de folhas é uma característica importante, principalmente para o crescimento da planta, uma vez que a folha é o componente morfológico mais fotossinteticamente ativo (MARTUSCELLO *et al.*, 2015).

Lopes *et al.* (2013) e Lopes *et al.* (2014), em estudo sobre o estabelecimento do capim-Massai em casa de vegetação sob cinco doses de nitrogênio, observaram que a taxa de alongamento dos colmos não foi influenciada pelas doses de nitrogênio, os mesmos autores enfatizaram o potencial de crescimento do capim-Massai quando comparado a outras forrageiras, que consiste em aumentar a produção da biomassa foliar, com aumento na taxa de alongamento foliar, enquanto outras gramíneas geralmente alteram o alongamento do colmo. Além disso, deve-se considerar que o alongamento do colmo excessivo promove efeito

indesejável na qualidade da forragem, principalmente pelo acréscimo da fração da forragem (colmos) que detém maiores teores das frações fibrosas da gramínea (SILVA *et al.*, 2014).

Em outros trabalhos da literatura também é verificado que o capim-Massai possui mecanismo de alongamento do colmo diferenciado quando comparado entre as gramíneas, conforme verificado por Sousa *et al.* (2019), que avaliaram a dinâmica de crescimento e produção do capim-Massai submetido a frequências de desfolhação, e concluíram que a frequência de cortes não afetou a taxa de alongamento de colmos. Portanto, é uma das características favoráveis do capim-Massai comparado a outras gramíneas, principalmente ao considerar que o alongamento excessivo de colmos pode mudar o padrão de comportamento animal em pastejo reduzindo o consumo (CARVALHO *et al.*, 2009).

O capim-Massai se destaca pela boa cobertura de solo, elevada capacidade de emitir folhas e perfilhos, que garante rápida rebrotação após corte ou pastejo, e, conseqüentemente, impede o crescimento de plantas invasoras na pastagem, é, portanto, um cultivar promissor para uso em sistema extensivo ou intensivo sob lotação rotativa e para fenação (JANK *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2013; FERNANDES *et al.*, 2017; GURGEL *et al.*, 2017). Além disso, apresenta resistência à cigarrinha das pastagens, entre os cultivares é o menos exigente em fertilidade de solo e mais eficiente na utilização dos nutrientes, exige precipitação pluviométrica acima de 700 mm, resistente a estiagens prolongadas, e pode ser cultivado em solos ácidos com índice de saturação das bases acima de 40% e 5 mg dm⁻³ de fósforo (FARIA, 2007).

A altura recomendada para o manejo do capim-Massai na entrada sob lotação contínua é de 40-50 cm e sob lotação rotacionada de 55-60 cm, e a altura recomendada de saída é de 25-30 cm (TOWNSEND *et al.*, 2011). Apesar do seu menor porte, apresenta cerca de 80% de folhas na massa de forragem, semelhante aos cultivares Tanzânia e Mombaça, e teor de proteína bruta nas folhas (12,5%) e nos colmos (8,5%) semelhantes ao cultivar Tanzânia (JANK *et al.*, 2010).

Um levantamento realizado por Valadares Filho *et al.* (2015) com diferentes forrageiras para estimar a composição bromatológica de forrageiras, entre elas a do capim-Massai, constataram valores de proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), Lignina, digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DivMS) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DivMO) expressos na base da MS de: 7,43%; 81,24%; 46,92%; 7,90%; 48,68% e 50,93%, respectivamente, para o capim-Massai. Silva *et al.* (2018) avaliaram o capim-Massai em diferentes fontes e doses de nitrogênio em estações do ano, e obtiveram com avaliação da composição química do capim-Massai (corte à 15 cm do solo), valores médios de 11,8% proteína bruta e de 72,9% de fibra em detergente neutro. Vargas Junior *et al.* (2013) ao avaliar a disponibilidade e valor nutritivo de três forrageiras, entre elas o capim-Massai, sob pastejo de ovinos, concluíram que qualidade do capim-Massai sob lotação contínua foi inferior em relação às outras, com baixo teor de PB, FDN, DivMO e alto de FDA, com valores de: 9,3%, 72,8%, 59,3% e 39,9%, respectivamente, nas águas. Cardoso *et al.* (2019) avaliaram as características morfogênicas, estruturais, bromatológicas e de produção do capim-Massai, em três alturas de pastejo sob lotação rotacionada e obtiveram os seguintes valores com para pastejos realizados a 35 cm de altura dos pastos: 15,7% PB; 77,9% FDN; 38,4% FDA e 51,8% DivMO.

Os valores de fibra em detergente neutro para o capim-Massai, conforme verificado nos trabalhos citados e em outros na literatura, são considerados altos, mesmo que para forrageiras tropicais, por apresentarem valores acima de 55 a 60% FDN na matéria seca, que é o limite para se obter bom consumo voluntário de forragem (VAN SOEST, 1994). Segundo Lempp (2007), isso se deve à estrutura anatômica do capim-Massai, chamada de girder I, que consiste em um arranjo de células esclerenquimáticas entre as células epidérmicas e as

bainhas do feixe vascular nas lâminas foliares, o que dificulta e até mesmo impede a remoção da epiderme por digestão ou por força física e limita o consumo voluntário pelos animais (EUCLIDES *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2012a).

Apesar de algumas restrições quanto ao valor nutritivo, o capim-Massai apresenta alta produção de matéria seca de folhas, conforme verificado anteriormente. Deve ser considerado que uma maior oferta de forragem promove maior seletividade em pastejo e contribui para aumento na taxa de lotação (CARVALHO *et al.*, 2007; FONTES *et al.*, 2014; SAMPAIO *et al.*, 2016). De acordo com Santos *et al.* (2016b), deve ser levado em consideração que, a dieta consumida pelo animal em pastejo difere morfológicamente e quimicamente daquela ofertada na pastagem, e de acordo com a oferta de forragem, sua acessibilidade e aceitabilidade, e com o valor nutricional da forragem, influenciam o consumo voluntário de forragem nas pastagens. Ainda neste contexto, é importante destacar que a folha viva é o componente morfológico de maior preferência do animal (SANTOS *et al.*, 2011) em razão de sua maior digestibilidade (VAN SOEST, 1994), acessibilidade (PEREIRA *et al.*, 2010) e de sua menor resistência à apreensão em comparação ao colmo (NAVE *et al.*, 2010). Portanto, o pastejo seletivo pode contribuir para a ingestão dos nutrientes necessários à sua manutenção e produção (SANTOS *et al.*, 2016b).

2.5 Conforto Térmico de Bovinos

A base genética dos bovinos leiteiros criados no território brasileiro geralmente é constituída por raças de ambientes em que o clima é temperado, e esses animais não possuem características morfofisiológicas adaptadas a uma região de clima tropical, principalmente em regiões como no bioma Cerrado, com duas estações bem definidas por chuvas concentradas no verão e seca no inverno, o que leva aos baixos índices zootécnicos e produtivos (FERREIRA *et al.*, 2014).

A zona intertropical brasileira, apresenta temperatura média anual superior a 20 °C, temperatura máxima ultrapassando os 30 °C, radiação incidente superior a 1.000 Wm⁻² hora⁻¹, e alta umidade relativa do ar (NICODEMO *et al.*, 2018). Portanto, o clima é um dos fatores que mais afeta a produção animal no Brasil, principalmente, por causar alterações nos seus parâmetros fisiológicos e comportamentais, caracterizando o estresse térmico; este por sua vez, compromete a produtividade e a reprodução do rebanho causando o declínio na reprodução e produção animal (DALTRO *et al.*, 2020).

Animais homeotérmicos, como é o caso dos bovinos, são capazes de manter a temperatura corporal independente das variações da temperatura ambiente, para isso mecanismos fisiológicos, metabólicos e comportamentais dos animais são ativados (DAHL *et al.*, 2020). Na literatura, constata-se que os animais são capazes de trocar calor com o ambiente por meio de quatro mecanismos básicos: condução, convecção, radiação e evaporação (BAÊTA & SOUZA, 2010; SOUZA *et al.*, 2010c; SILVA *et al.*, 2012b; POLSKY & KEYSERLINGK, 2017; SAMMAD *et al.*, 2019). As três primeiras referem-se às formas sensíveis de transferência de calor e necessitam de um gradiente térmico para seu funcionamento. Quando o ambiente térmico representa uma situação de desafio para o animal, principalmente com o aumento da temperatura ambiente, há uma redução da eficiência da dissipação de calor da forma sensível, e conseqüentemente, o acionamento dos mecanismos de transferência de calor como a sudorese e o aumento da frequência respiratória (NÓBREGA *et al.*, 2011; SOUZA & BATISTA, 2012).

Segundo BAÊTA & SOUZA (2010), as melhores condições climáticas para os bovinos são aquelas na faixa de temperatura do ar entre 10 e 27 °C, umidade relativa do ar entre 60 e 70%, velocidade do vento 1,4 a 2,2 m s⁻¹. Para Naães (1989), bovinos estarão

confortáveis com radiação incidente de $800 \text{ W}^{-1} \text{ m}^2 \text{ hora}^{-1}$, possibilitando maior perda de calor. Pires & Campos (2003), consideram que as melhores condições de temperatura e umidade relativa para criar animais, em termos gerais, estão em torno de 13 a 18 °C e 60 a 70%, respectivamente. Ainda neste contexto, o que vai determinar a condição climática ideal para o animal, será uma série de fatores, cujos principais são a genética, idade, sexo ou condições fisiológicas, que irão modelar a natureza da resposta biológica de um animal a um estressor (MOBERG, 1987).

O conforto térmico pode ser mensurado por meio de índices, entre eles o mais comumente utilizado é o índice de temperatura e umidade (ITU), que considera a integração entre umidade relativa do ar (UR) e a temperatura do bulbo seco (Tbs) (OLIVEIRA *et al.* 2017; SAMMAD *et al.*, 2019; TAO *et al.*, 2020). Porém, este índice não considera a radiação solar incidente, o que diminui sua precisão quando em ambientes externos. Outro índice de conforto térmico, e recomendado para análise em ambientes externos é o de temperatura e umidade do globo (ITGU) (BUFFINGTON *et al.*, 1981), este índice integra os efeitos combinados da Tbs, umidade relativa do ar UR, e radiação solar (Rs), além da velocidade do vento. Porém, sua maior limitação é a necessidade de instrumentação específica para a sua determinação, de forma geral, essa determinação não é contemplada por estações meteorológicas automáticas, razão pelo qual se utiliza o ITU.

O valor de referência do índice de temperatura e umidade varia muito na literatura, mas a maioria dos autores consideram que ambientes com ITU acima de 72 é prejudicial para o desempenho de vacas de alta produção (DU PREEZ *et al.*, 1990; VALTORTA & GALLARDO, 1996; SOUZA *et al.*, 2010a; HOLFMANN *et al.*, 2019; OSEI-AMPONSAH *et al.*, 2020; TAO *et al.*, 2020). Herbut & Angrecka (2018), em uma revisão sobre o uso do ITU para detectar estresse por calor, observaram que a redução na produção de leite ocorreu com valores de ITU entre 68 a 74. Essa variação pode ser explicada pelas diferença entre raças dos animais, níveis de produção, instalações, etc. Osei-Amponsah *et al.* (2020), ao avaliarem o impacto do estresse térmico em vacas em lactação a pasto ordenhadas por ordenhadeira robotizada, adotaram categorias de ITU, classificadas como baixo ($\text{ITU} \leq 72$), médio (ITU de 73 a 82) e alto ($\text{ITU} \geq 83$).

Kemer *et al.* (2020), em um estudo com objetivo de caracterizar a condição térmica do ambiente para a bovinocultura leiteira no Estado de Santa Catarina, verificaram que para vacas com produção de leite média normal de 10, 20 e 30 kg dia⁻¹ o máximo declínio observado foi 4,87; 10,81 e 16,75 kg dia⁻¹ respectivamente, quando o valor de ITU foi de 71,6, 72,3 e 74,5 respectivamente. Ainda nesse contexto, Barbosa & Damasceno (2002) relataram que em períodos mais quentes, é possível que ocorram reduções de até seis horas na duração do cio das vacas.

Embora a preocupação geral da pesquisa seja com os altos valores de ITU, é importante ressaltar que valores mínimos de ITU também podem influenciar na produção. Conforme verificado no trabalho de Broucek *et al.* (1991), com vacas submetidas a baixas temperaturas por longos períodos, os autores relataram que o declínio na produção foi resposta ao efeito térmico que ocorreu diretamente sobre o tecido mamário, ocasionando redução do fluxo sanguíneo para o úbere.

Em períodos com registros de alta temperatura ambiente e baixa velocidade do vento, os bovinos modificam seus padrões comportamentais para manter a temperatura corpórea, como exemplos: redução no tempo de alimentação e ruminação, aumento nas horas de ócio, aumento na seleção por concentrados ao invés da forragem, aumento na frequência de pastejo noturno, aumento no consumo de água, e redução de até 30% na ingestão de alimentos (MALAFAIA *et al.*, 2011; GERON *et al.*, 2014; SIMÕES, 2014).

Outra característica que pode ser observada, em vacas quando submetidas ao estresse por calor e sem acesso à sombra, é em relação à sua posição, pois as vacas ficam mais tempo em pé durante o dia, possivelmente para aumentar a radiação de calor do corpo e tendem a se aglomerar em torno de bebedouros, a fim de se refrescarem (CARNEVALLI *et al.*, 2019a). Estes mesmos autores, ao avaliarem a influência do nível de sombra no comportamento de novilhas leiteiras em sistemas silvipastoris, verificaram durante a estação chuvosa, que a principal diferença entre os sistemas foi o local escolhido pelos animais para permanecerem durante o dia. Nas condições a pleno sol, as novilhas procuraram e ficaram a maior parte do tempo nos bebedores, onde elas se refrescaram se molhando, e permanecendo em ócio (mais de 61% das novilhas) em locais lamacentos, enquanto, novilhas em sistemas com sombra, realizaram outras atividades como pastejo e ruminação nas áreas de sombra. Além disso, os mesmos autores relataram que os animais compensaram alterações na rotina diária, modificando as atividades de pastejo e ociosidades durante o dia, ou seja, optavam por realizar o pastejo durante os períodos mais frescos e a ociosidade durante os períodos mais quentes. Esses fatos são indícios de que os animais modificaram seu comportamento para se ajustar a temperatura do ambiente.

Portanto, para se obter bons índices produtivos, é imprescindível dar condições para o animal manter-se na zona da termoneutralidade, uma vez que em equilíbrio térmico, o animal necessita de baixos níveis energéticos para sua manutenção, resultando em maior disponibilidade da energia metabolizada para processos produtivos (KEMER *et al.*, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área, Período, Delineamento e Tratamentos Experimentais

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, município de Sinop/MT (latitude 11° 51' 43" Sul, longitude 55° 35' 27" Oeste e 384 m de altitude). O clima da região é classificado, segundo Köppen tropical de savana com inverno seco (Aw), que alterna entre estação chuvosa e estação seca (SOUZA *et al.*, 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo em relevo plano (VIANA *et al.*, 2015).

O período experimental teve início com as atividades de campo em 06/01/2018 (corte de uniformização do pasto de capim-Massai) que se estenderam até 14/06/2019 (último corte de forragem do capim-Massai), e término com execução das análises químico-bromatológicas em 22/12/2019.

A estrutura da área experimental foi implantada em 2010, assim no início do período experimental a área já estava estabelecida a oito anos, sendo mantida como concebida, foi destinada a avaliação de longo prazo de um sistema de integração lavoura-pecuária floresta (ILPF) ou agrossilvipastoril, variando apenas a utilização de áreas entre renques de árvores com a rotação entre lavoura anual e pastagem ao longo do tempo. No primeiro ano foi cultivada a lavoura de milho, juntamente com a *Urochloa ruziziensis* cv. Kennedy, seguida de milho com o capim-Massai no segundo ano. O terceiro ano de cultivo da área foi considerado o primeiro ano da pastagem seguido pelo segundo ano da pastagem, ou seja, quarto ano de cultivo. Neste estudo detalhou o primeiro e segundo ano da pastagem dentro do sistema agrossilvipastoril. No ano subsequente (quinto ano de cultivo), a lavoura voltará a ser cultivada, e este ciclo recomeça.

A área experimental possui 10 ha divididos em três sistemas de produção com diferentes regimes de luz: pleno sol (SPS); sombreamento moderado (SSM); sombreamento intenso (SSI). Em todos os sistemas de produção a área útil de cultivo (lavoura e/ou pastagem de capim-Massai) foi de 2,4 ha de área total (Figura 1), mas o tamanho da área total do piquete foi maior nos sistemas sombreados devido a consideração da inclusão das árvores. Assim, no SPS, como não havia o componente arbóreo, a área total possuía 2,4 ha (área de cultivo de lavoura e/ou pastagem de capim-Massai); no SSM, que foi estabelecido com duas fileiras duplas de árvores localizadas somente nas laterais dos piquetes, com espaçamento de 2 m entre plantas e 3 m entre fileiras nos renques (distância de 52 m entre renques), a área total foi de 2,6 ha (83 % de área de cultivo de forragem, com densidade de 338 árvores ha⁻¹ e área basal das árvores de 15,2 m² ha⁻¹), no SSI as árvores foram plantadas nas divisas e no interior da área dos piquetes, com renques triplos de 15 m de distância entre eles e o mesmo espaçamento entre as árvores e linhas de árvores do SSM, o que resultou na área total de 4,2 ha (58% de área de cultivo de forragem, com densidade de 714 árvores ha⁻¹ e área basal das árvores de 31 m² ha⁻¹). As linhas de plantio foram ordenadas no sentido Leste/Oeste, e a disposição dos sistemas estabelecida de forma a evitar que o sombreamento oriundo da área de um sistema fosse projetado sobre outras áreas dos outros sistemas. O capim-Massai não foi plantado sob a copa das árvores, respeitando o espaço de 1,5 m da linha de plantio das árvores (área de domínio da árvore). Com base nessa concepção, as avaliações consideradas por área tiveram base somente na área útil de pasto de todos os tratamentos (2,4 ha).



Figura 1. Área experimental localizada na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT. Sistema pleno sol (SPS), sistema sombreamento moderado (SSM) e sistema sombreamento intenso (SSI).

As áreas dos sistemas de produção (2,4 ha para o SPS, 2,6 ha para o SSM e 4,2 ha para o SSI) foram divididas em 10 piquetes de 0,24, 0,26 e 0,42 ha cada (Unidade Experimental - UE), respectivamente, dos quais cinco piquetes representativos de cada sistema foram selecionados para avaliação da pastagem. Além destes, outros cinco piquetes de cada sistema foram também utilizados como áreas reserva para manutenção das condições de manejo dos pastos.

A espécie arbórea utilizada foi o eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* clone H13), plantado em 2010 nos sistemas sombreados, enquanto a espécie forrageira foi o capim-Massai (*Megathyrsus maximus* cv. Massai), semeado juntamente com o milho em 2017 para estabelecimento da pastagem em todos os sistemas. O capim-Massai foi manejado sob os critérios de 95% de interceptação luminosa e de 50% da altura de entrada para as condições de pré e pós-pastejo, respectivamente, sob o método de pastejo por lotação intermitente ou rotacionada.

As variáveis avaliadas do componente forrageiro foram suas características estruturais nas condições de pré e pós-pastejo, índice de área foliar, composição morfológica e densidade volumétrica da forragem, acúmulo e taxa de acúmulo de forragem, perdas, aproveitamento e oferta de forragem, número de pastejos (número de ciclos de pastejo), composição morfológica, valor nutritivo da forragem do pastejo simulado (teores de matéria mineral, fibra insolúvel em detergente neutro e ácido, proteína bruta, lignina e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica) e taxa de lotação animal (instantânea e média).

As variáveis avaliadas do componente animal foram: consumo de silagem, comportamento animal (localização, postura a atividade), produção individual de leite, composição química (teores de gordura, proteína, lactose, além dos estratos secos totais e desengordurado) e qualidade do leite (contagem de células somáticas).

Para avaliação do componente forrageiro (capim-Massai), os três tratamentos (SPS, SSM e SSI) foram distribuídos em delineamento de blocos completos casualizados, com cinco repetições (piquetes), sob arranjo de parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pelos três sistemas (tratamentos) e as subparcelas pelos meses ou estações do ano, em função da variável considerada.

Para avaliação do componente animal, também foram considerados os mesmos delineamentos e tratamentos experimentais do componente forrageiro, porém as unidades experimentais foram constituídas de acordo com cada conjunto de dados conforme a natureza das informações.

As variáveis microclimáticas estudadas foram temperatura média do ar, umidade relativa média do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. Além da avaliação do índice de temperatura e umidade (uma das avaliações de conforto térmico animal). Devido ao número de estações disponíveis (nove estações automáticas meteorológicas distribuídas entre os sistemas, sem repetições) os dados foram apresentados de forma descritiva.

3.2 Histórico da Área e Condição Experimental

A estrutura física foi estabelecida em 2010 e faz parte da base experimental destinada a avaliação de longo prazo de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), rotacionando a lavoura anual e pastagem em quatro áreas de mesmo arranjo experimental. De um total de 50 ha, 10 ha destinados para instalações e os 40 ha restantes divididos em quatro quadrantes de 10 ha cada destinados ao plantio (Figura 1).

Em outubro de 2018 (31/10/2018), uma amostragem foi realizada para caracterizar as propriedades químicas do solo da área experimental nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm durante o período experimental (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados das análises químicas de solo dos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI) da Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop/MT, realizada em 31/10/2018, nas profundidades de 0 - 10 e de 10 - 20 cm.

De 0 - 10 cm de profundidade			
Análise química*	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso
pH (H ₂ O)	5,5	5,4	5,6
P (mg dm ⁻³)	12,81	13,41	22,46
K (mg dm ⁻³)	109	111	112
Ca (cmolc dm ⁻³)	2,14	1,8	2,69
Mg (cmolc dm ⁻³)	1,14	1,00	1,24
Al (cmolc dm ⁻³)	0,05	0,10	0,00
H (cmolc dm ⁻³)	4,87	5,31	5,48
H+Al (cmolc dm ⁻³)	4,92	5,41	5,48
MO (g dm ⁻³)	27,33	30,37	31,35
S (cmolc dm ⁻³)	3,56	3,08	4,23
T (cmolc dm ⁻³)	8,47	8,49	9,71
V (%)	41,97	36,26	43,55
De 10 - 20 cm de profundidade			
Análise química*	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso
pH (H ₂ O)	5,4	5,4	5,5
P (mg dm ⁻³)	10,11	7,02	10,17
K (mg dm ⁻³)	90	98	101
Ca (cmolc dm ⁻³)	1,54	1,47	2,24
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,81	0,82	1,00
Al (cmolc dm ⁻³)	0,05	0,10	0,05
H (cmolc dm ⁻³)	4,83	5,05	4,95
H+Al (cmolc dm ⁻³)	4,88	5,15	5,00
MO (g dm ⁻³)	22,13	26,11	29,11
S (cmolc dm ⁻³)	2,57	2,54	3,49
T (cmolc dm ⁻³)	7,46	7,69	8,49
V (%)	34,51	33,05	41,12

* P, K, Na, N, Cu, Fe e Mn (Mehlich⁻¹). H+Al= Acetato de cálcio, pH 7,0. M.O.= Dicromato de Sódio.

No ano de 2016, foram semeados o milho juntamente com o capim-Massai na área experimental. Antes do semeio a área foi dessecada com glifosato para retirar os restos culturais do milho (cultura solteira anterior). No dia 14/12/2016, o milho (variedade Dekalb 390 – tecnologia VT Pro) foi semeado juntamente com o capim-Massai, com espaçamento de 45 cm entre linhas (densidade de semeadura do milho de 60 mil sementes ha⁻¹) do capim-Massai por metro linear (6 kg ha⁻¹ de sementes comerciais com 78% de valor cultural). A adubação de plantio utilizada foi de 200 kg ha⁻¹ de fertilizante comercial formulado (NPK 04-30-16).

No ano de implantação, foram realizadas duas adubações de cobertura, a primeira com 80 kg ha⁻¹ de adubo comercial formulado (NPK 20-00-20) no estágio de quatro folhas do milho, e a segunda com 150 kg ha⁻¹ de ureia no estágio de sete folhas do milho.

No mês de abril de 2017, o milho foi ensilado possibilitando o desenvolvimento do capim-Massai para estabelecimento da pastagem. A silagem de milho foi utilizada para suplementação dos animais no período de seca/2018 (início nos dias 07, 09 e 12/06/2018 para os sistemas sombreamento moderado, pleno sol e sombreamento intenso, respectivamente, e término em 17/10/2018). Entre 09 e 11/10/2017 foi realizada uma última adubação de formação do capim-Massai com 100 kg ha⁻¹ de KCl (60% K₂O), no dia 13/10/2017 com 400 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% P₂O₅) e no dia 23/10/2017 com 120 kg ha⁻¹ de ureia (45% N).

O rebanho de 89 animais, até janeiro/2018, era composto por 32 vacas lactantes, 11 novilhas prenhes, e 19 vacas secas (não lactantes) e 27 bezerros. Antes do início do experimento, esses animais foram separados em lotes por categoria animal e manejados sob lotação rotacionada nos sistemas de produção.

Nos dias 06/12/2017, 07/12/2017 e 15/12/2017 (antes do início das avaliações experimentais), os animais foram separados em lotes e introduzidos na área experimental para consumo do excesso de forragem nos sistemas sombreamento intenso, sombreamento moderado e pleno sol, respectivamente. Entre os dias 06 e 09/01/2018, foram realizados cortes da massa de forragem para dar início as avaliações do experimento, utilizando-se roçadeira acoplada ao trator para rebaixamento e obtenção de um resíduo a 15 cm do solo (Figura 2). Esse procedimento foi realizado somente no início do experimento com objetivo de assegurar condição uniforme para avaliação dos sistemas. A partir da roçada, iniciaram-se as avaliações conforme as metas de entrada (interceptação luminosa e altura correspondente) e saída (50% da altura de pré-pastejo) para controle das condições experimentais.



Figura 2. Manejo de uniformização do pasto nos sistemas de produção em (ocupação dos lotes de animais entre os dias 06 e 15/12/2017; Corte com roçadeira entre os dias 06 e 09/01/2018). A - Sistema pleno sol (SPS); B - Sistema sombreamento moderado (SSM); C - Sistema sombreamento intenso (SSI).

As unidades experimentais (piquetes) receberam adubações de manutenção em cobertura sob diferentes formas e momentos. A primeira foi realizada antes do início do experimento (10/01/2018) somente com a ureia (100 kg ha⁻¹ de ureia), em aplicação única distribuída à lanço e de forma mecanizada. A segunda foi realizada quase um ano após a primeira adubação (Tabela 2), utilizando-se fertilizante comercial de formulação (NPK), equivalente a um total de 100 kg ha⁻¹ de N, aplicados de forma manual e parcelada em duas

aplicações em cada piquete na área útil de cultivo (12 kg de 20-00-20 por piquete, por aplicação), após os pastejos e saída dos animais dos piquetes.

Tabela 2. Datas das aplicações da primeira e segunda parcelas da segunda adubação de cobertura do capim-Massai, com 12 kg por piquete do adubo formulado 20-00-20 em cada parcela, após a primeira adubação de cobertura em 10/01/2018.

Piquetes	Pleno sol		Sombreamento moderado		Sombreamento intenso	
	1ª parcela	2ª Parcela	1ª parcela	2ª Parcela	1ª parcela	2ª Parcela
1	31/01/2019	07/03/2019	22/02/2019	14/03/2019	21/01/2019	06/03/2019
2	21/01/2019	(*dose única)	21/01/2019	07/03/2019	21/01/2019	22/02/2019
3	18/02/2019	14/03/2019	31/01/2019	22/02/2019	21/01/2019	06/03/2019
4	14/02/2019	19/03/2019	01/02/2019	07/03/2019	31/01/2019	22/02/2019
5	31/01/2019	14/03/2019	21/01/2019	22/02/2019	31/01/2019	06/03/2019

*Necessário para dar oportunidade a este piquete de acompanhar o desenvolvimento dos outros piquetes.

Após o corte de uniformização, foi verificado que várias touceiras de capim-Massai morreram devido o ataque por formigas, o que resultou em muitas áreas descobertas (espaços) e sem a presença do capim na área dos piquetes (Figura 3). Assim, foi necessário realizar o controle de formigas com isca formicida granulada em forma de pellets à base de Sulfluramida 3 g kg⁻¹ (0,3% m/m), para o controle de formigas cortadeiras dos gêneros Atta (saúvas) e Acromyrmex (quenquéns), com distribuição de iscas feita de forma sistemática aplicando os micro-porta-iscas, com a aproximadamente 30 cm de distância dos formigueiros encontrados.



Figura 3. Morte das touceiras de capim-Massai pelo ataque de formigas nos sistemas sombreamento intenso (SSI), sombreamento moderado (SSM) e pleno sol (SPS).

No dia 02 de fevereiro de 2018, após o controle das formigas, foi possível realizar o replantio do capim-Massai nas áreas afetadas (descobertas), com sementes em linha e espaçamento de 45 cm entre linhas de semeio.

O monitoramento da interceptação luminosa (IL) foi realizado antes de cada pastejo utilizando-se um ceptômetro analisador de dossel, com o aparelho LAI 2200 da Licor® (LICOR, 1992). As leituras de monitoramento foram realizadas semanalmente até atingir aproximadamente 90% de IL, a partir daí, o monitoramento foi a cada dois dias para garantir a meta de 95% de IL. Foram tomadas uma medida de referência (acima do dossel) para cada 15 medidas tomadas no nível do solo (abaixo do dossel) aleatoriamente. De acordo com os regimes de sombra, as medidas de referência foram tomadas dentro dos piquetes nos sistemas pleno sol e sombreamento moderado, e fora do piquete em “campo aberto” caso do sistema

sombreamento intenso, para não haver influência da sombra das árvores (CRESTANI *et al.*, 2017). A estimativa da porcentagem de IL foi obtida pela fórmula (CARNEVALLI, 2006):

$$\%IL = 100 - (RFA \text{ transmitida} \div RFA \text{ incidente} \times 100)$$

Onde:

%IL: % Intercepção luminosa

RFA: Radiação fotossinteticamente ativa.

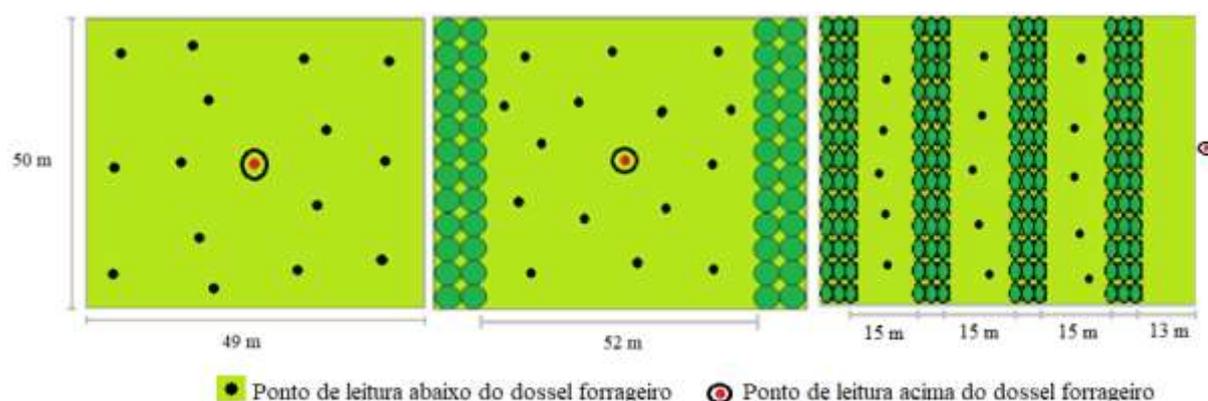


Figura 4. Croqui da distribuição dos locais de leitura da intercepção luminosa nas unidades experimentais (piquetes) dos sistemas: A - pleno sol (SPS); B - sombreamento moderado (SSM); C - sombreamento intenso (SSI).

A altura do pasto de capim-Massai foi estimada utilizando-se uma régua de um metro de comprimento, graduada em centímetros, em 20 pontos representativos de toda a área útil de pastejo de cada piquete, sob procedimento aleatório. A altura em cada ponto foi correspondente à altura média verificada com base nas curvaturas das folhas em torno da régua, conforme descrito por Carnevalli (2006). O monitoramento da altura foi realizado na condição de pré-pastejo, imediatamente após e no mesmo dia da avaliação de intercepção luminosa. A altura de pós-pastejo, estabelecida previamente como a metade da altura de entrada dos animais nos piquetes na condição de pré-pastejo (meta de manejo de intensidade de desfolha), foi monitorada diariamente, sob mesmo procedimento amostral das alturas pré-pastejo e com base nas alturas médias dos colmos e/ou folhas restantes no pasto de capim-Massai, até que fosse obtida a altura meta de resíduo de 50% da altura de entrada dos animais (FONSECA *et al.*, 2012) para retirada dos animais da área.

Para avaliação do componente animal (comportamento, produção, composição química e qualidade do leite) foram utilizadas, um mínimo seis e máximo de oito vacas leiteiras traçadoras (por sistema), mestiças das raças Holandês Preto e Branco e Gir-leiteiro (grupamentos genéticos: 7/8, 3/4 e 5/8 Holandês Preto e Branco), primíparas (no início do experimento) e múltiparas, com peso corporal médio de 600 kg, selecionadas após dois meses do parto.

Após a seleção das vacas para compor os tratamentos dos sistemas, estas foram identificadas com um colar de cor diferente para cada sistema, além disso, receberam um

outro colar com transponder (chip), que permitia a captação de informações individuais das vacas por sensores instalados na entrada da sala de ordenha. Essas características de avaliação (tempo de ordenha, fluxo do leite- $L\ min^{-1}$, e quantidade de leite ordenhado) foram enviados para um banco de dados do software Alpro™ de gerenciamento de rebanho.

Os lotes de vacas de prova ou traçadoras foram mantidos sempre seguindo uma distribuição equivalente de grupamento genético e período de lactação entre os sistemas, e algumas substituições foram realizadas conforme a necessidade. Todos os animais tiveram acesso à água e mistura mineral à vontade durante todo o período experimental.

Animais reguladores de diferentes categorias (vacas lactantes, vacas não lactantes e novilhas) foram utilizados quando necessário para a manutenção das condições experimentais, para tanto o período de permanência no piquete foi variável até que se atingisse a meta de altura para saída (altura de resíduo igual a 50% da altura de entrada dos pastos nos piquetes).

As avaliações seguiram o manejo da fazenda experimental, no qual houve também modificações no número de ordenhas por dia por devido à falta de recursos humanos (mão-de-obra e hora de trabalho da empresa) e financeiros para manter o manejo com duas ordenhas. Assim, no verão/2017 e outono/2018 a ordenha (mecanizada) foi realizada duas vezes ao dia (06h 00 às 08h 00 – ordenha da manhã e 14h 00 às 16h 00 - ordenha da tarde) e, no inverno/2018 até o verão/2018 a ordenha foi realizada uma vez ao dia (6h 30 às 8h 00).

Após as ordenhas, as vacas foram conduzidas para o local de alimentação ('canzil') onde receberam concentrado comercial. Até o dia 02/07/2018, as vacas receberam $7\ kg\ animal^{-1}\ dia^{-1}$ de concentrado (metade após a ordenha da manhã e a outra metade após a ordenha da tarde), mesmo com o fornecimento da silagem no outono/2018 foi respeitado esse mesmo manejo. Após essa data e sob única ordenha diária (a partir de 02/07/2018), as vacas receberam $3\ kg\ animal^{-1}$ de concentrado no cocho de alimentação após a ordenha e $2\ kg\ animal^{-1}$ misturados à silagem no cocho localizado no pasto (02/07/2018 a 17/10/2018), e a partir da suspensão do fornecimento de silagem, o concentrado comercial foi fornecido de uma só vez no dia ($5\ kg\ animal^{-1}\ dia^{-1}$ de concentrado) após a ordenha.

Para conhecimento da composição químico-bromatológica das silagens e dos concentrados comerciais, utilizados para alimentação dos animais durante o período experimental, foram amostradas e realizadas suas análises químico-bromatológicas (Tabela 3).

Tabela 3. Composição químico-bromatológica da silagem de milho e do concentrado comercial com base em suas matérias secas.

Alimento	%MS	%MM	%EE	%FDN	%FDA	%LIG	%PB	%DivMO
Silagem/ Silo 1	32,03	3,28	4,53	44,59	25,76	2,04	6,04	80,78
Silagem/ Silo 2	27,14	4,10	5,42	42,40	23,91	2,22	9,26	85,43
Silagem/ Silo 3	28,87	4,52	4,86	42,79	23,99	3,13	8,97	87,84
Silagem/ Silo 4	29,47	5,44	4,69	45,27	25,46	3,17	8,75	80,14
Silagem/ Silo 5	29,61	4,39	4,04	41,26	21,74	2,33	7,67	84,26
*CC/ Lote 1	90,94	5,92	2,78	18,12	5,07	0,40	17,62	100,0
*CC/ Lote 2	96,67	10,30	5,02	22,43	8,70	0,63	16,81	98,33
*CC/ Lote 3	96,48	10,48	5,24	14,52	4,49	2,49	18,20	99,24
*CC/ Lote 4	96,99	8,38	4,63	14,54	7,07	1,16	18,17	98,50
*CC/ Lote 5	97,26	7,68	5,85	16,39	6,14	1,15	16,78	97,60

Silo 1: outono/2018; Silo 2: inverno/2018; Silo 3: inverno/2018; Silo 4: inverno/2018; Silo 5: primavera/2018. *CC= Concentrado comercial. Lote 1: verão/2017 e outono/2018; Lote 2: inverno/2018; Lote 3: primavera/2018; Lote 4: verão/2018; Lote 5: outono/2019. Matéria seca= %MS; Matéria mineral= %MM; Extrato etéreo= %EE; Fibra insolúvel em detergente neutro= FDN; Fibra insolúvel em detergente ácido= FDA; Lignina= %LIG; Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica= %DivMO.

Devido à escassez do pasto de capim-Massai a partir de 30/05/2018, as vacas receberam silagem de milho (Tabela 3) da lavoura proveniente dos sistemas agrossilvipastoris, com início nos dias 07, 09 e 12 de junho de 2018 para os sistemas sombreamento moderado, pleno sol e sombreamento intenso, respectivamente.

A silagem foi fornecida duas vezes ao dia (manhã e tarde), e um controle diário foi realizado para manter sobras de proximamente 10% do fornecido. Para tanto, um cocho-trenó (de 3,90 x 1,0 x 0,45 m de comprimento, largura e altura, respectivamente) foi alocado em um único piquete por sistema (Figura 5). Para o transporte, mistura e pesagem da silagem foi utilizado um vagão forrageiro.



Figura 5. Vacas em alimentação com silagem nos cochos-trenó.

3.3 Dados Climáticos

Os dados meteorológicos de precipitação e temperatura (máxima e mínima; Figura 6) e de balanço hídrico (balanço hídrico normal por THORNTHWAITE & MATHER, 1955; Figura 7), do período experimental (06/01/2018 a 14/06/2019) foram obtidos do banco de dados da estação meteorológica automática, localizada no campo experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop/MT.

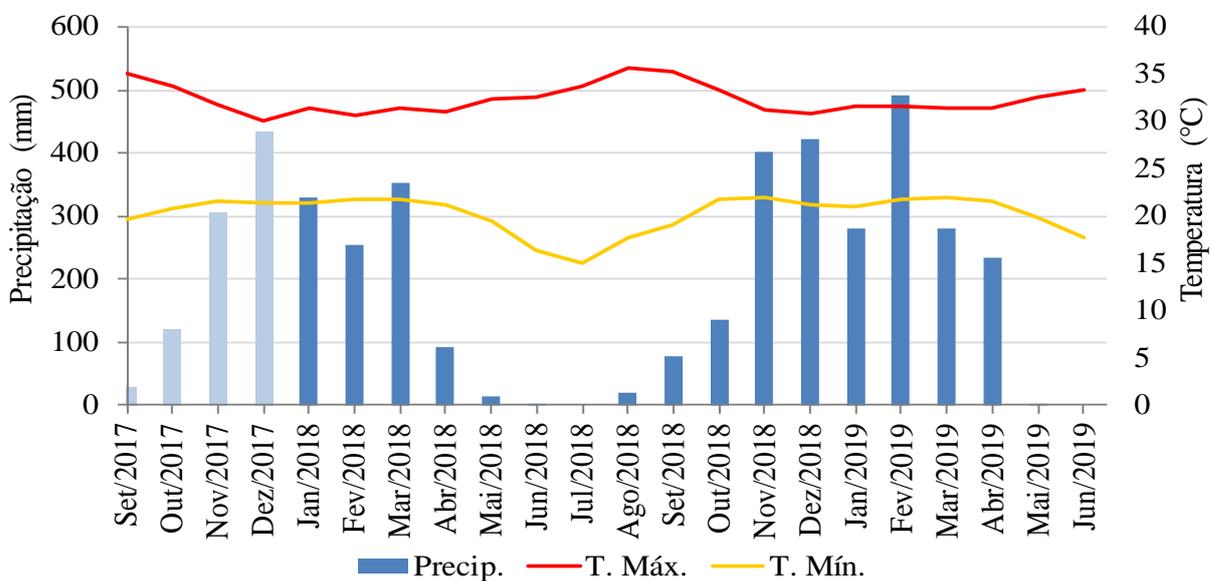


Figura 6. Precipitação (mm; azul), temperatura máxima (°C; vermelho) e temperatura mínima (°C; amarelo) de setembro de 2017 a junho de 2019 para a área experimental. Fonte: Banco de dados da estação meteorológica automática localizada no campo experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop - MT.

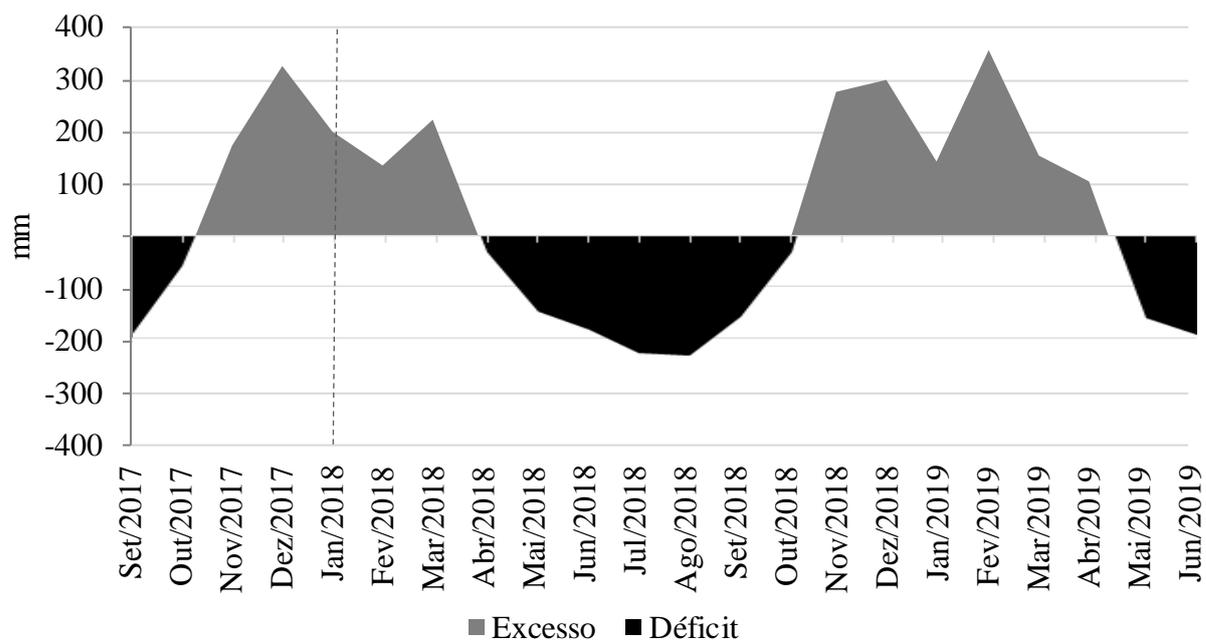


Figura 7. Extrato do balanço hídrico mensal de setembro de 2017 a junho de 2019, com início do período experimental em janeiro de 2018 (linha tracejada) segundo Thornthwaite & Mather (1955) - Fonte: Banco de dados da estação meteorológica automática da Embrapa Agrossilvipastoril.

3.4 Avaliações

3.4.1 Variáveis microclimáticas

Para estudar as modificações microclimáticas dos sistemas de produção, foram coletadas as informações de temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), radiação fotossinteticamente ativa ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e velocidade do vento (m s^{-1}) de nove estações meteorológicas automáticas que foram instaladas em 2013 nos sistemas de produção (LULU *et al.*, 2019a). Para isso, foram utilizados sensores específicos acoplados aos sistemas automáticos de aquisição de dados (*Datalogger*), programados para leitura a cada cinco segundos e obtenção dos valores médios e totais a cada 15 minutos, além dos valores horários e diários. Além disso, o monitoramento das variáveis microclimáticas foi realizado nas seguintes alturas: Temperatura do ar - 1,70 m; radiação fotossinteticamente ativa - 1,90 m; umidade relativa do ar média - 1,70 m; velocidade do vento - 2,0 m.

Os dados instantâneos da densidade de fluxo de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram obtidos em $\mu\text{mols m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e foram convertidos para irradiância ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$).

As estações meteorológicas foram alocadas em quatro posições de medidas para os sistemas com sombra (moderado e intenso) na forma de um transecto entre dois renques: sob o renque de árvores (P2 e P6), entre a face sul (P3 e P7), parte central entre os renques (P4 e P8) e entre os renques da face norte (P5 e P9). Já para o sistema pleno sol, a localização foi única no centro da parcela (P1) (Figura 8).



Figura 8. Distribuição das nove estações meteorológicas na área experimental. Estação P1: Sistema pleno sol (SPS); Estações P2, P3, P4 e P5: Sistema sombreamento moderado (SSM); Estações P6, P7, P8 e P9: Sistema sombreamento intenso (SSI). Fonte: adaptado de Google Earth Pro; Cortesia, Jorge Lulu – Embrapa Agrossilvipastoril.

Para avaliação do conforto ambiental foi utilizado o índice de temperatura e umidade pela equação (THOM, 1959; BUFFINGTON *et al.*, 1982):

$$ITU = Ta + (0,36 \times TPO) + 41,2$$

Onde:

Ta= temperatura de bulbo seco em (°C);

TPO= Temperatura do ponto de orvalho (°C).

Para análise dos dados em função do comportamento animal, foram utilizados os valores das médias horárias de temperatura média, umidade relativa média, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento, ocorridos no intervalo das 06h 00 às 18h 00, além da temperatura média do ar no intervalo entre 10h 00 e 14h 00 para cada estação do ano e sistema. Os valores das variáveis microclimáticas foram obtidos das médias das estações meteorológicas de cada sistema, ou seja, para o sistema pleno sol foram apenas as informações da estação P1, já para o sistema sombreamento moderado foram as médias das quatro estações (P2, P3, P4 e P5), enquanto para o sistema sombreamento intenso foi a média das informações das três estações meteorológicas (P6, P8 e P9). A P7 não foi considerada devido ao seu mal funcionamento).

As avaliações do comportamento animal foram agrupadas nas estações de verão/2017 (14, 16 e 19 de março/2018), outono/2018 (13, 15 e 21 de junho/2018), inverno/2018 (13, 17 e 19 de setembro/2018), primavera/2018 (10, 12 e 14 de dezembro/2018) e verão/2018 (13, 15 e 18 de março/2019), no outono/2018 não foi possível dar continuidade as avaliações do componente animal devido ao encerramento das lactações e a falta de um grupo homogêneo de animais para substituição.

Os dados microclimáticos foram detalhados em função dos dias e do intervalo de horas da avaliação, além do sistema, a fim de detalhar a resposta do comportamento animal em função do microclima. Foram utilizados para cálculos os dados de temperatura média do ar, temperatura média no intervalo entre 10h 00 e 14h 00, radiação fotossinteticamente ativa, velocidade do vento e índice de temperatura e umidade dos três dias de avaliação do comportamento animal (representativos das estações avaliadas no período experimental) no intervalo entre 06h 00 e 18h 00. A média da umidade relativa do ar foi agrupada apenas por estação do ano, devido às falhas nos sensores de algumas estações meteorológicas.

Os dados microclimáticos também foram analisados em função dos sistemas e estações do ano do período experimental, a fim de verificar a resposta sobre o crescimento vegetal, para isso, foram considerados os dados diários de radiação fotossinteticamente ativa, temperaturas média e máxima do ar, além da velocidade do vento obtidos das estações meteorológicas de cada sistema e, dessa forma, calculadas as médias mensais, sendo os dados posteriormente distribuídos por estação do ano.

3.4.2 Componente forrageiro

Ao atingir 95% de interceptação luminosa, foram realizadas as avaliações que antecederam o pastejo dos animais nos piquetes. Estas mensurações no pré-pastejo foram realizadas com frequência semanal, até que o IL alcançasse o valor de 90%, quando, então, a avaliação passou a ser realizada a cada três dias durante a fase de rebrota do capim-Massai até atingir a meta de 95% de interceptação da luz pelo dossel forrageiro dos pastos.

As avaliações do capim-Massai foram agrupadas nas estações de verão/2017 (21/12 a 20/03), outono/2018 (21/03 a 21/06), inverno/2018 (21/06 a 22/09), primavera/2018 (22/09 a 21/12), verão/2018 (21/12 a 20/03) e outono/2019 (21/03 a 21/06).

A massa de forragem [MF, em kg ha⁻¹ de massa seca (MS)] na condição de pré e pós-pastejo foi estimada por meio do corte de três pontos de amostragem utilizando molduras de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m) cada em pontos com altura média representativa do piquete, antes da entrada (pré-pastejo) e após a saída (pós-pastejo) dos animais dos piquetes. Os locais de amostragem foram selecionados de forma sistemática, possuindo como referencial as cercas divisórias de cada piquete no sistema pleno sol e a distância mínima de 1,5 m dos troncos das árvores das fileiras iniciais próximas à área de pasto nos sistemas sombreados. As amostras foram cortadas manualmente à 5 cm do solo, com auxílio de um cutelo serrilhado a fim de não comprometer o estande do pasto. Após o corte, estas amostras de forragem foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e transportadas ao laboratório de processamento de amostras, onde foram pesadas, fracionadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada de ar a 60 °C para obtenção de suas respectivas massas secas.

As avaliações de perdas de forragem foram realizadas durante o período de pastejo. Para tanto, foram alocadas três molduras quadradas de 1,0 m² em pontos representativos das alturas médias dos piquetes, antes da entrada dos animais. Estas áreas foram limpas (retirados os componentes morfológicos residuais da forragem depositados sobre o solo) antes da entrada dos animais nos piquetes. As perdas de forragem foram estimadas a partir da coleta dos componentes morfológicos (lâminas foliares, colmos, material morto e senescente) destacados e, ou, desperdiçados pelos animais durante o pastejo, logo após a saída dos animais dos piquetes (no mesmo dia ou no dia seguinte à saída dos animais).

Após a obtenção das amostras de massa e perdas de forragem, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e transportadas até o preparo das amostras, onde foram pesadas, subamostradas, com peso de aproximadamente 140g, fracionadas nos componentes lâmina foliar, pseudocolmo (colmo + bainha) e material morto, pesadas e pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas, seguido de novas pesagens após secagem para obtenção de suas respectivas massas secas e dos cálculos das participações dos componentes morfológicos na massa de forragem.

Antes de serem pré-secas em estufa, as lâminas foliares da subamostra da massa de forragem pré-pastejo foram mensuradas em um integrador de área foliar modelo LI-3100C Area Meter (LI-COR®), segundo as recomendações do fabricante (LI-COR, 2004), e posteriormente secas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas, para obtenção de seus pesos secos. Por meio da relação entre massa seca das lâminas foliares e a leitura da área foliar pelo aparelho integrador, foram calculados a área total das folhas contidas na subamostra, e o IAF correspondente (cm² de lâminas foliares/ cm² de solo).

A densidade volumétrica da forragem (kg ha⁻¹ cm⁻¹ de massa seca) foi estimada com base nos valores dos quocientes obtidos pela divisão da massa por sua respectiva altura média, na condição de pré-pastejo.

A partir da massa de forragem estimada após a saída dos animais dos piquetes (MF pós-pastejo), o acúmulo de forragem (AF) foi estimado pelo quociente obtido entre as diferenças da MF no intervalo compreendido para cada ciclo de pastejo (AF = MF ciclo n – MF pós-pastejo ciclo n-1). Posteriormente, foi calculada a taxa de acúmulo de forragem (TAF) pela divisão do AF pelo intervalo de desfolha (dias) de cada ciclo. As médias mensais foram calculadas de forma ponderada a partir das taxas de cada ciclo de pastejo e do número de dias de ocupação em cada mês por ciclo de pastejo.

O número de pastejos ou de ciclos de pastejo foi contabilizado pelo número de vezes que os animais retornaram aos piquetes de cada sistema e, com base nestes resultados calculada a média de número de pastejos ou ciclos realizados em cada sistema durante o período experimental.

O aproveitamento de forragem foi estimado pela diferença entre a massa de forragem pré-pastejo e a massa de forragem residual somada a massa de forragem desperdiçada pelos animais no pós-pastejo (perdas de forragem).

A oferta de forragem (OF) foi calculada com base na massa de forragem pré-pastejo aproveitada pelos animais, além do peso corporal médio dos animais e dias de ocupação dos animais no piquete. Quando necessário, o lote das vacas de prova ou traçadoras foi substituído pelo lote de animais reguladores para manter as condições experimentais. Prioritariamente as vacas traçadoras faziam o pastejo de ponta por 24 a 48 horas, contudo quando a massa de forragem foi superior a capacidade de colheita destes animais dos lotes, havia inserção de outros animais reguladores para controle da colheita, os quais também foram contabilizados nos cálculos de lotação dos piquetes.

Como a taxa de lotação animal foi variável, em função, tanto da quantidade de animais para atingir a altura de resíduo para a saída (50% da altura de entrada) como da disponibilidade de animais para desempenhar tal função, foi necessário calcular as ofertas de forragem de acordo com os diferentes lotes e tempos de permanência nos piquetes, conforme descrito nas seguintes fórmulas:

$$OF_{1^{\circ}dia} (kg \text{ de MS } 100 \text{ kg}^{-1}) = (kg \text{ MS}_{0,24 \text{ ha}} \div n^{\circ} \text{ animais} \div PC_{\text{m\u00e9dio}}) \times 100$$

$$OF_{\text{tra\u00e7adoras}} = \left[(kg \text{ MS}_{0,24 \text{ ha}} \div N^{\circ} \text{ animais} \div PC_{\text{m\u00e9dio}}) \times 100 \right] \div n^{\circ} \text{ dias ocupados}$$

$$OF_{\text{m\u00e9dia}} = kg \text{ MS}_{0,24 \text{ ha}} \div N^{\circ} \text{ total de animais} \times \text{dias ocupados} \div (PC_{\text{m\u00e9dio}} \div 100)$$

$$OF_{\text{dispon\u00edvel}} = For. \text{ aprov. } (kg \text{ MS}_{0,24 \text{ ha}}) \div N^{\circ} \text{ total de animais} \times \text{dias} \div (PC_{\text{m\u00e9dio}} \div 100)$$

Em que:

OF= Oferta de forragem;

PC= peso corporal (kg);

kg de MS ha⁻¹= Quantidade de forragem dispon\u00edvel, em kg de mat\u00e9ria seca ha⁻¹;

\u00c1rea \u00fatil de pastejo= 0,24 ha;

For. Aprov.= Forragem aproveitada [MF pr\u00e9-pastejo – (MF residual + Perdas de forragem)]

Para a estimativa do valor nutritivo da forragem, a amostragem foi realizada segundo a t\u00e9cnica de simula\u00e7\u00e3o de pastejo descrita por Euclides *et al.* (1992). As amostragens foram realizadas sempre pela manh\u00e3, no dia da entrada dos animais nos piquetes, e coletadas aproximadamente 500 g de amostra por unidade experimental. Em seguida, as amostras foram pesadas e subamostradas, sendo uma subamostra (de aproximadamente 140 g) separada para estimativa dos componentes morfol\u00f3gicos, e a segunda subamostra (com aproximadamente 360 g) para estimativa do valor nutritivo da forragem.

As amostras para estimativa do valor nutritivo da forragem foram pr\u00e9-secadas em estufa de circula\u00e7\u00e3o for\u00e7ada de ar a 60 \u00b0C, por 72 horas e, em seguida, processadas em moinho de facas (tipo “Wiley”) utilizando peneira de porosidade de 1 mil\u00edmetro (mm) e armazenadas em potes de pl\u00e1stico com tampa. Ap\u00f3s a moagem, foram determinados os teores de mat\u00e9ria seca (MS), mat\u00e9ria mineral (MM) e prote\u00edna bruta (PB), seguindo os procedimentos do M\u00e9todo para An\u00e1lise de Alimentos – INCT – Ci\u00eancia Animal (DETMANN *et al.*, 2012). Para fibra insol\u00favel em detergente neutro (FDN), fibra insol\u00favel em detergente \u00e1cido (FDA) e lignina foi utilizado o Fiber Analyser (ANKOM^{\u2122}), e para Digestibilidade *in vitro* da mat\u00e9ria org\u00e2nica (DivMO) foi utilizado o fermentador ruminal DAISY II (ANKOM^{\u2122} Technology Corp, Fairport, NY), sendo que para estas an\u00e1lises foram seguidas as t\u00e9cnicas descritas por Van Soest *et al.* (1991).

3.4.3 Componente animal

Este trabalho de pesquisa foi realizado com autorização das Comissões de Ética no uso de animais (CEUA) da Embrapa Agrossilvipastoril e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com respectivos protocolos de números: 002/2016 e 23083.007488/2017-85.

Em função das desordens fisiológicas manifestadas pelas vacas logo no início do experimento, observadas no sistema pleno sol, foi necessário dar acesso à sombra em determinados horários, em que a condição microclimática foi muito severa. Portanto, foi necessário considerar que os animais do sistema pleno sol tiveram acesso restrito à sombra.

Para avaliação do comportamento animal, o conjunto de dados foi retirado da média das vacas nos 25 tempos de avaliação do comportamento, como repetições os três dias de avaliação, com dados distribuídos de acordo com o período de avaliação (Estação do ano e/ou períodos do ano, e/ou turno do dia). Para a avaliação da produção de leite, o conjunto de dados foi gerado da média de vacas leiteiras mestiças das raças Holandês Preto e Branco e Gir-leiteiro (grupamento genético: 7/8, 3/4 e 5/8 Holandês Preto e Branco, com peso corporal médio de 588 kg \pm 46, selecionadas após dois meses do parto), blocadas em função do grupamento genético, com seis ou oito vacas (repetições) por tratamento em função do período de avaliação considerado. Como repetição foram consideradas as médias das quatro semanas mensais, com dados distribuídos de acordo com as estações do ano que os animais foram avaliados. O mesmo número de animais de mesmo grupamento genético foi distribuído de forma homogênea nos três sistemas. Ainda, para avaliação da composição química do leite, o conjunto de dados foi originado de médias mensais, agrupados por estação do ano, e as repetições foram os animais. Como o experimento foi de longa duração, foi necessário realizar substituições das vacas traçadoras durante ao fase experimental (janeiro a junho/2018: seis vacas; julho a setembro/2018: oito vacas; e outubro a fevereiro/2018: seis vacas), de fevereiro a junho/2019, todas as vacas encerraram a lactação, e não havia animais para substituição, com isso não foi possível dar continuidade a avaliação do desempenho animal.

Animais reguladores foram utilizados quando necessário para a manutenção das condições experimentais (altura de resíduo igual a 50% da altura de entrada dos pastos nos piquetes).

As avaliações foram realizadas todos os dias durante o período experimental. As taxas de lotação (instantânea e média), assim como os dias de ocupação de cada piquete durante o período experimental e sistemas foram calculados em função da oferta de forragem, com alteração do lote de animais quando necessário, para controlar altura de saída do pasto (50% da altura de entrada dos pastos nos piquetes) pelo uso de animais reguladores.

As taxas de lotação animal, instantânea (UA ha⁻¹ dia⁻¹) e média (UA ha⁻¹) foram calculadas com base nas fórmulas:

$$TL \text{ instantânea (UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}) = PC \text{ total nos dias de ocupação} \div \text{área} \div 450$$

$$TL \text{ média (UA ha}^{-1}) = PC \text{ total nos dias de ocupação} \div \text{área} \div 450 \div \text{dias do mês}$$

Em que:

TL= taxa de lotação;

Área =0,24 ha;

UA=450 kg;

PC= peso corporal (kg).

A pesagem do leite foi realizada semanalmente durante todo o período experimental para obtenção da produção de leite individual (kg vaca dia⁻¹) e por área (kg de leite ha⁻¹ dia).

A produção de leite de cada animal foi corrigida para 4% de gordura, segundo a fórmula (NRC, 2001):

$$LCG = (0,4 \times PL) + [15 \times (\%G \times 100) \times PL]$$

Em que:

LCG= Leite corrigido para gordura;

PL=Produção de leite;

%G= teor de gordura.

A qualidade do leite (composição química e contagem de células somáticas) foi determinada a partir de amostras de leite cru, coletadas entre os meses de maio/2018 a janeiro/2019. As amostras de leite foram coletadas de forma fracionada, sendo 2/3 na ordenha da manhã e 1/3 na da tarde. Quando se fez uma única ordenha no dia, a amostra de leite foi obtida em uma única coleta pela manhã. Todas as amostras foram coletadas em coletores automáticos acoplados ao sistema da ordenha mecânica, que captava pequenas quantidades de leite durante todo o fluxo da ordenha. Desta forma, foi obtida uma amostra homogênea de todo o leite individual (Figura 9).



Figura 9. Coleta de amostras individuais de leite para avaliação de sua qualidade. A: recipiente com leite; B: recipiente acoplado ao coletor da ordenha sem leite.

Semanalmente, foi realizada limpeza e higienização de todos os equipamentos da ordenha mecânica. Além dos equipamentos da ordenha, os recipientes coletores de amostra composta do leite (por animal) também passavam por processos de higienização em laboratório. Para isso, cada recipiente individual com volume de 80 mL era desinfetado, seco em estufa à 100 °C por 06h 00, e posteriormente foram lacrados e identificados. Os recipientes somente foram abertos no momento de acoplagem ao coletor individual da ordenha, e após o início do fluxo do leite.

Dessa forma, mensalmente, coletaram-se para cada animal uma alíquota de 40 mL de leite. Imediatamente após a coleta, as amostras obtidas foram transferidas para frascos de polietileno com conservante Bronopol[®] de capacidade para 50 mL cada, identificados por animal e sistemas de produção.

As amostras foram imediatamente acondicionadas em caixa isotérmica com gelo reciclável, a uma temperatura de 4 °C, e transportadas no mesmo dia pela COOPERNOVA para o Laboratório de Qualidade do leite do Centro de Pesquisa em Alimentos, da Universidade Federal de Goiás (CPA), no qual foram realizadas as análises para determinação da composição centesimal do leite (teores de proteína, gordura, lactose, sólidos totais, extrato seco desengordurado) e qualidade (contagem de células somáticas) do leite cru refrigerado. A metodologia empregada para análise nos itens amostrados são: ISO 13366-2/IDF 148-2 de 2006 (IDF 148-2, 2006) para a Contagem Celular Somática (CCS) cujo princípio da técnica é citometria de fluxo, e ISO 9622/ IDF 141 de 15/09/2013 (IDF 141C, 2013) para Determinação da Composição Centesimal do Leite (Gordura, Proteína, Lactose, Caseína) cujo princípio da técnica é a do Infravermelho próximo.

Em virtude de a alimentação dos animais ter modificado ao longo do período experimental (pasto e silagem de milho), as coletas de amostras do leite realizadas em maio/2018 foram atribuídas a outono/2018; as realizadas em julho, agosto e setembro de 2018 a inverno/2018; as realizadas em novembro e dezembro de 2018 foram agrupadas como primavera/2018; e aquelas realizadas em janeiro de 2019 a verão/2018. Os meses de junho e outubro de 2018, foram meses de transição (pasto-silagem-pasto), desta forma, não foram considerados representativos na qualidade do leite.

As avaliações dos aspectos comportamentais das vacas leiteiras ocorreram segundo metodologia adaptada de Mello *et al.* (2017), realizadas por um único observador treinado com auxílio de um binóculo, com intervalo a cada 30 minutos, iniciadas às 06h00 e encerradas às 18h00, totalizando 25 horários de observação. Foram avaliados os itens: localização (sol ou sombra), postura (em pé ou deitada) e atividade (frequência de animais em: pastejo, ruminção, ócio, deslocamento, visita ao bebedouro, visita ao cocho de sal, visita ao cocho de silagem). Além disso, as avaliações do comportamento animal foram realizadas em cada estação do ano, com três dias de repetições, e em dias alternados de manejo típico da fazenda experimental, a fim de não influenciar no comportamento natural dos animais durante o dia. Os dias de avaliação foram: 14, 16 e 19/03/2018 (verão/2017); 13, 15 e 21/06/2018 (outono/2018); 13, 17 e 19/09/2018 (inverno/2018); 10, 12 e 14/12/2018 (primavera/2018) e 13, 15 e 18/03/2019 (verão/2018).

Devido ao grande número de informações geradas, os dados de comportamento foram organizados em períodos: período de chuvas (verão/2017, primavera/2018 e verão/2018), de transição (outono/2018) e de seca (inverno/2018). Quando necessário foi plotado em gráfico do comportamento animal em função das horas do dia nos períodos.

Em função das respostas fisiológicas apresentadas pelas vacas no sistema pleno sol (como por exemplo: dispnéia, salivação, respiração com boca aberta e língua para fora da cavidade oral, além do sangramento nasal), verificadas e diagnosticadas à campo (Figura 10), foi permitido o acesso destas vacas ao corredor com sombra parcial, durante os horários mais quentes do dia, concomitante à baixa umidade relativa do ar e nebulosidade. Neste contexto, foi necessário considerar que os animais do sistema pleno sol tiveram acesso restrito à sombra durante todo o período experimental.



Figura 10. Vacas em estresse térmico no sistema pleno sol. A) Vaca em distúrbio comportamental. B) Vaca com sangramento nasal. C) Vacas ofegantes e aglomeradas próximas ao bebedouro. D) Vacas ofegantes com acesso a sombra do corredor.

Durante o verão/2017 (período de chuva), o acesso à sombra do corredor pelas vacas do sistema pleno sol ocorreu no intervalo entre 13h 00 e 14h 30 e, após esse horário, as vacas foram deslocadas para o curral para ordenha da tarde. Enquanto no verão/2018 foi permitido o acesso ao corredor no intervalo entre 14h 30 e 17h 00.

No outono/2018 (período de transição), não foi necessário permitir acesso das vacas ao corredor, porque nos horários mais quentes do dia as vacas estavam sob manejo da ordenha da tarde (intervalo entre 14h 00 e 16h 00) e após o retorno ao piquete, as condições climáticas dentro do piquete e no corredor de acesso foram semelhantes (com o céu nublado), e por livre escolha os animais optaram por ficar dentro dos piquetes.

Já no inverno/2018 (período de seca) este intervalo de acesso ao corredor ocorreu entre 08h 00 (retorno da ordenha) até 09h 00 (antes do fornecimento da silagem da manhã) e no período entre 11h 30 e 14h 00 (antes do fornecimento da silagem da tarde).

Durante a primavera/2018 (período de chuva), no turno da manhã, foi observado projeção de sombra da copa das árvores de eucalipto do sistema com sombreamento moderado sobre uma pequena área (aproximadamente 2,0 m a partir da cerca) do sistema pleno sol, assim, não foi necessário permitir acesso à sombra do corredor nesse turno do dia (Figura 11A). Isso ocorre porque na latitude ($11^{\circ}51'S$) de Sinop/MT o sol, ao longo do ano, permanece voltado para o sul entre 20/10 e 20/02 e para o norte entre 20/02 e 20/10 e, portanto, há uma redução de transmissão da radiação próximo à face norte dos renques (MAGALHÃES *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020). Assim, no intervalo entre 14h 00 e 16h 00 foi permitido acesso ao corredor, mesmo com nebulosidade os animais frequentavam (Figura 11B).



Figura 11. A. Vacas localizadas na faixa sombreada do sistema pleno sol. B. Vacas com acesso livre ao corredor.

O consumo de matéria seca da ração total (silagem e concentrado comercial) foi controlado semanalmente (07/06/2018 a 17/10/2018) permitindo sempre uma sobra mínima de 10% no cocho. O consumo de matéria seca (CMS) foi obtido pela seguinte fórmula:

$$\begin{aligned}
 CMS \text{ silagem} &= (\text{Oferecido} - \text{Sobra}) \times MS \div n^{\circ} \text{ de animais} \\
 CMS \text{ Total} &= CMS \text{ silagem} + CMS \text{ concentrado}
 \end{aligned}$$

O desempenho animal foi avaliado pela produção total de leite do lote, de acordo com a alimentação volumosa (pasto/silagem/pasto) nos períodos das chuvas 1, seca e chuvas 2, respectivamente. Para calcular a produtividade ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foi considerada a soma da produção de leite média das vacas traçadoras, considerando os dias de ocupação nos piquetes e a área ocupada por sistema.

3.5 Processamento dos Dados e Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS® On Demand (SAS INSTITUTE INC, 2020) (Statistical Analysis System). Para cada conjunto de variáveis, um arranjo experimental foi utilizado. Quando utilizadas análises com medidas repetidas no tempo, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993) para a escolha das matrizes de variância e covariância.

Os efeitos de sistemas e de meses ou estações do ano e suas interações foram considerados como efeitos fixos, e aqueles de blocos como efeitos aleatórios para as variáveis do componente forrageiro. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e as comparações entre elas feita pela probabilidade da diferença (PDIFF), utilizando-se o teste “t” de Student, a 10% de probabilidade do erro.

Para avaliação do desempenho animal e da qualidade do leite, foi adotado o delineamento em blocos completos casualizados com parcelas subdivididas, com os sistemas alocados à parcela, e os meses/estações do ano às subparcelas, com repetição animal. No caso, da avaliação do comportamento animal, os horários de avaliação foram alocados às subparcelas e os dias sequenciais de análises, considerados como repetições.

Para examinar as relações existentes entre as variáveis estudadas, e destas com os tratamentos e as épocas do ano em que foram medidas, análises multivariadas foram realizadas no conjunto de dados do experimento. Estes dados foram submetidos a dois tipos de análises: A Análise Discriminante (AD) e a Análise de Componentes Principais (ACP). Para isso, um conjunto de dados foi selecionado a partir das variáveis mais representativas dos efeitos de causa da variação estudados (análise da correlação de Pearson): Altura pré-pastejo, massa de forragem pré-pastejo, massas secas de lâminas foliares e de colmos na massa de forragem pré-pastejo, densidade volumétrica da forragem, aproveitamento de forragem, consumo de ração, teor de proteína bruta da forragem, produção de leite, contagem de células somáticas, frequência de localização (vacas à sombra), postura (em pé), atividade (pastejo; ócio; visita ao cocho de silagem) e variáveis microclimáticas (temperaturas média e máxima; radiação fotossinteticamente ativa e índice de temperatura e umidade).

Para selecionar as Componentes Principais, a regra de Kaiser (KAISER, 1960) foi aplicada para inspeção visual da projeção da nuvem de observações no plano das Componentes Principais e na identificação das características multivariadas dos diferentes tratamentos e das épocas estudadas (Eigenvalues maiores ou igual a 1 foram retidas para a inspeção da projeção das observações).

As análises multivariadas foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico para Excel (XLSTAT) para identificar grupos homogêneos, considerando o universo de todas as variáveis que foram significativas por análise de variância univariada.

4 RESULTADOS

4.1 Variáveis Microclimáticas

4.1.1 Microclima em função do crescimento vegetal

Os valores de temperatura média do ar e de velocidade do vento foram semelhantes entre os sistemas de produção, porém houve diferença de até 1 °C entre os sistemas pleno sol e o sombreamento intenso nas estações de inverno/2018 e outono/2019 para os valores de temperatura máxima do ar (Tabela 4). Os maiores valores de temperatura máxima do ar, entre as estações e sistemas, foram verificadas no inverno/2018, com maior valor absoluto para o sistema a pleno sol (35,2 °C).

Tabela 4. Médias de temperatura média, e máxima do ar e velocidade do vento por estação do ano das estações meteorológicas nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso
°C - Temperatura média do ar			
Verão/2017	25,1	24,8	24,7
Outono/2018	25,2	24,9	24,9
Inverno/2018	25,2	24,9	24,7
Primavera/2018	26,0	25,8	25,7
Verão/2018	25,7	25,5	25,3
Outono/2019	26,2	25,7	25,8
°C - Temperatura máxima do ar			
Verão/2017	31,5	31,2	30,6
Outono/2018	32,0	31,5	31,2
Inverno/2018	35,2	34,5	34,1
Primavera/2018	33,5	33,3	32,9
Verão/2018	33,0	32,7	32,2
Outono/2019	33,3	32,4	32,2
m s ⁻¹ - Velocidade do vento			
Verão/2017	0,68	0,56	0,51
Outono/2018	0,67	0,67	0,54
Inverno/2018	1,06	1,02	0,75
Primavera/2018	0,78	0,77	0,74
Verão/2018	0,69	0,69	0,62
Outono/2019	0,73	0,70	0,62

De forma geral, para todas as estações do ano avaliadas no período experimental, foram verificados maiores valores de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) para o sistema pleno sol, menores para o sistema sombreamento intenso e intermediários no sistema sombreamento moderado (Figura 12). A diferença entre os maiores valores absolutos da RFA entre o sistema pleno sol e os sistemas com sombra foi de até 2,3 MJ m⁻² dia⁻¹ em relação ao

sistema sombreamento moderado e de até $4,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ quando comparado ao sistema sombreamento intenso, durante o inverno/2018 (Figura 12).

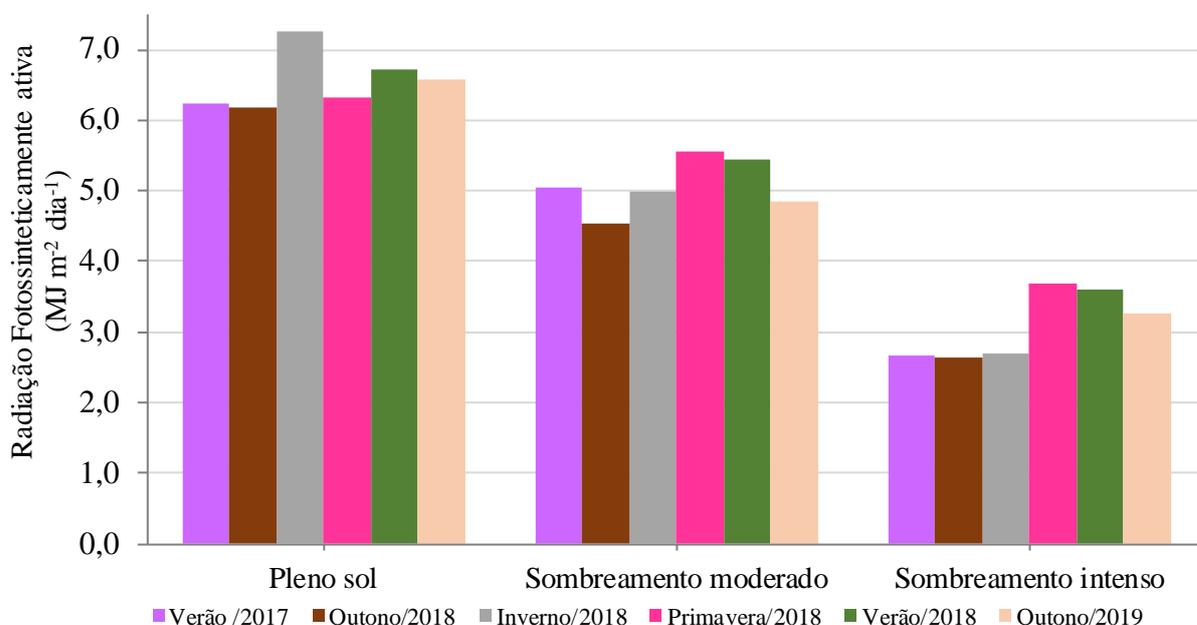


Figura 12. Médias de radiação fotossinteticamente ativa registradas nas estações avaliadas nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso.

Os maiores valores de RFA foram verificados na estação de inverno/2018 para o sistema pleno sol ($7,24 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, em média), e nas estações de primavera/2018 e verão/2018 para os sistemas com sombra, com valores médios de $5,50 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para o sistema sombreamento moderado e de $3,65 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ no sistema sombreamento intenso (Figura 12). Não houve diferenças entre os valores absolutos de RFA entre as estações de verão/2017 e outono/2018 para os sistemas pleno sol e sombreamento intenso, enquanto para o sistema sombreamento moderado houve diferença de $0,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ entre estas mesmas estações. Nas estações de primavera/2018, verão/2018 e outono/2019, a RFA reduziu nos sistemas com sombra, enquanto no sistema pleno sol esse padrão de resposta foi diferente, com aumento da RFA na primavera/2018 para o verão/2018 (Figura 12). Entre estações, os maiores valores absolutos de RFA foram verificados durante a primavera/2018 e o verão/2018 para os sistemas sombreados.

4.1.2 Comportamento animal em função do microclima

Os resultados médios de temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa média do ar (%), índice de temperatura e umidade, obtidos no intervalo entre 06h00 e 18h00 durante as estações de verão/2017, outono/2018, inverno/2018, primavera/2018 e verão/2018 (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17, respectivamente), são apresentados como estatística descritiva.

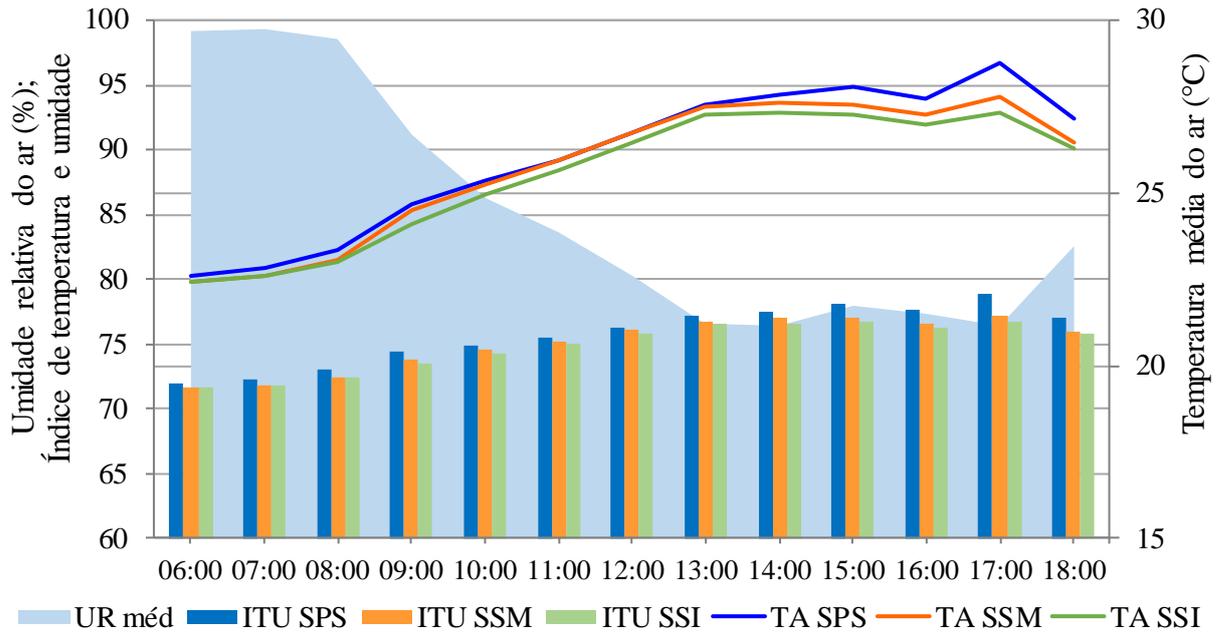


Figura 13. Médias dos valores de temperatura média do ar (TA), umidade relativa média do ar (UR méd) e índice de temperatura e umidade (ITU) e no intervalo entre 06h 00 e 18h 00 na estação de verão/2017 nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

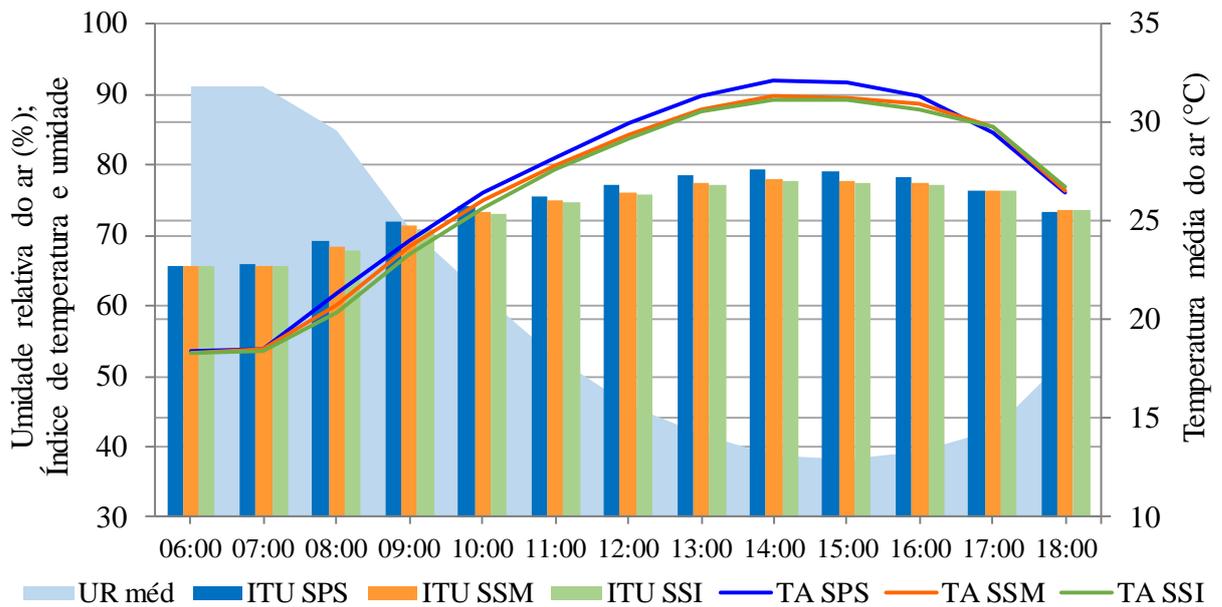


Figura 14. Médias dos valores de temperatura média do ar (TA), umidade relativa média do ar (UR méd) e índice de temperatura e umidade (ITU) no intervalo entre 06h 00 e 18h 00 na estação de outono/2018 nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

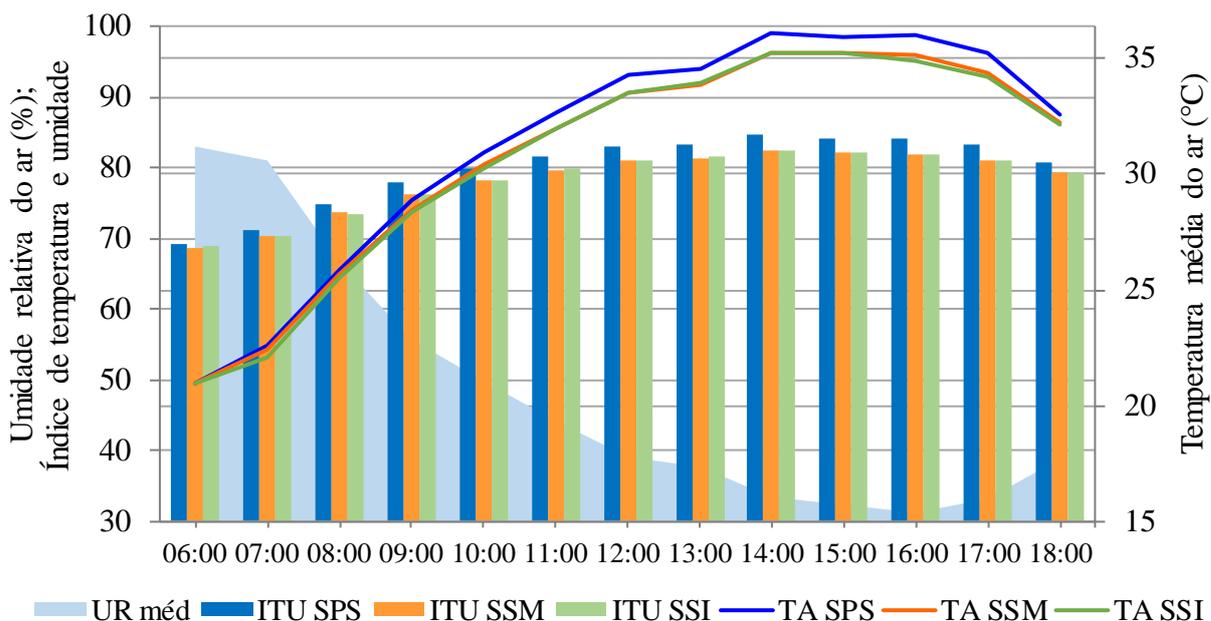


Figura 15. Médias dos valores de temperatura média do ar (TA), umidade relativa média do ar (UR méd) e índice de temperatura e umidade (ITU) no intervalo entre 06h 00 e 18h 00 na estação de inverno/2018 nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

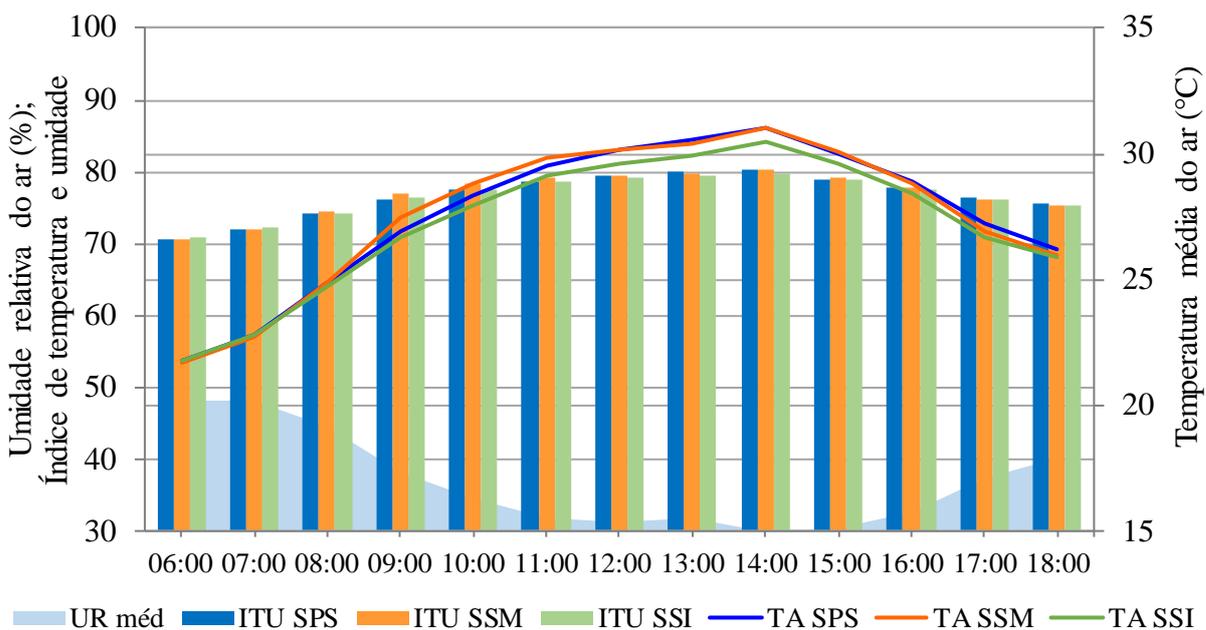


Figura 16. Médias dos valores de temperatura média do ar (TA), umidade relativa média do ar (UR méd) e índice de temperatura e umidade (ITU) no intervalo entre 06h 00 e 18h 00 na estação de primavera/2018 nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

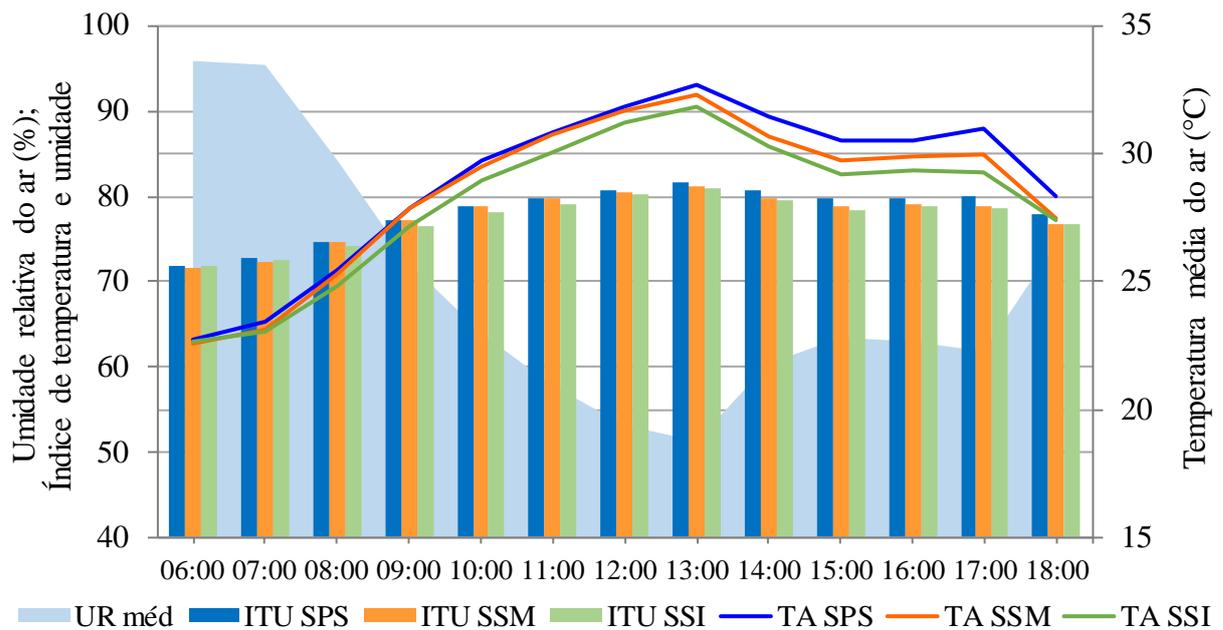


Figura 17. Médias dos valores de temperatura média do ar (TA), umidade relativa média do ar (UR méd) e índice de temperatura e umidade (ITU) no intervalo entre 06h 00 e 18h 00 na estação de verão/2018 nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

De forma geral, foi verificado que em todas as estações do ano os valores médios de ITU foram superiores a 72, com exceção para alguns horários do dia, mesmo nos sistemas com sombra (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17). Ainda neste contexto, foi verificado que os valores médios de ITU dos sistemas com sombra foram inferiores àqueles do sistema pleno sol (valor médio mínimo de 74, no outono/2018).

Durante o verão/2017, no intervalo entre 06h 00 e 13h 00, a temperatura média do ar foi semelhante entre os sistemas, com valores médios de 22 a 27 °C neste intervalo. A média de temperatura máxima no intervalo entre 10h 00 e 14h 00 entre os sistemas foi de 27 °C (Figura 13). Após às 14h 00, a diferença entre valores médios para a temperatura máxima, foi de até 1 °C entre o sistema pleno sol e o sistema sombreamento moderado, e de até 1,5 °C entre o sistema pleno sol e o sistema sombreamento intenso, conforme verificado às 17h 00. No verão/2017, a umidade relativa média do ar atingiu 98% no intervalo entre 06h 00 e 08h 00, quando registrada a maior umidade relativa média do ar durante o dia. Após esse intervalo houve redução na umidade, e uma pequena estabilidade no intervalo entre 13h 00 e 17h 00, no qual foram registrados os menores valores do dia, com 76%, em média. Durante o verão/2017, valores acima de 77 foram registrados para o índice de temperatura e umidade do ar a partir de 13h 00, e às 17h 00 foi registrado o maior índice absoluto nesta estação (79) para o sistema pleno sol, enquanto para os sistemas com sombra o maior valor deste índice foi de 77 nesta mesma estação.

Durante o outono/2018, a temperatura média do ar, no intervalo entre 06h 00 e 18h 00, variou de 18 a 32 °C, com os maiores valores verificados no sistema pleno sol e diferença de até 1 °C em comparação aos sistemas com sombra (Figura 14). Houve diferença de até 1 °C do sistema sombreamento moderado em relação ao sistema pleno sol nos horários de 12h 00, 14h 00, e 15h 00. Após às 16h 00, os valores médios de temperatura reduziram em todos os sistemas e, às 18h 00, foi registrado valor médio de 26 °C. A máxima umidade relativa média

do ar registrada no outono/2018 foi de 91%, conforme verificado no intervalo entre 06h 00 e 07h 00. Depois das 08h 00, foi observado uma queda acentuada da umidade, com média abaixo de 40% no intervalo entre 14h 00 e 16h 00. O índice de temperatura e umidade do ar ficou abaixo de 70 até 08h 00 no outono/2018, após este horário, houve aumento com registros de valores extremos acima de 78. Houve uma diferença entre sistemas às 13h 00, quando foi registrado índice igual a 79 para o sistema pleno sol, enquanto nos sistemas com sombra disponível, índice médio de 77.

No inverno/2018, a temperatura média do ar foi a mais crítica entre todas as estações avaliadas, com valor médio de temperatura de até 36 °C, conforme verificado no sistema pleno sol no intervalo entre 14h 00 e 16h 00 (Figura 15). De forma geral, foi observado que durante o dia, a temperatura média do ar do sistema sombreamento moderado foi semelhante àquela do sombreamento intenso, com diferença de 1 °C do sistema pleno sol. No intervalo entre 10h 00 e 14h 00 a temperatura máxima média em ambos os sistemas foi de 33 °C. O máximo valor médio obtido para umidade relativa do ar nesta estação foi de 83%, verificado no horário de 06h 00, já no intervalo de 12h 00 e 18h 00, a umidade relativa média do ar foi menor que 40%, com valor de 31% às 16h 00. O índice de temperatura e umidade apresentou picos acima de 83 no intervalo entre 12h 00 e 17h 00 no sistema pleno sol durante o inverno/2018, e 82 para os sistemas com sombra. O índice de temperatura e umidade foi o maior registrado entre as estações avaliadas, principalmente no turno da tarde.

Na primavera/2018, no intervalo entre 06h 00 e 18h 00, a temperatura média do ar variou entre 22 e 31 °C, em ambos os sistemas (Figura 16). No intervalo entre 10h 00 e 14h 00 a média da temperatura máxima do ar foi de 30 °C. Os valores verificados de umidade relativa do ar nesta estação foram os mais baixos registrados, em que a umidade relativa média do ar apresentou variação de 30 a 48% para o intervalo entre 06h 00 e 18h 00. A menor umidade relativa do ar foi observada no horário entre de 14h 00 e 15h 00, com valor de 30%. O índice de temperatura e umidade variou de 79 a 80 no intervalo entre 11h 00 e 15h 00.

No verão/2018, a temperatura média do ar, no intervalo entre 06h 00 e 18h 00, foi semelhante entre os sistemas sombreamento moderado e pleno sol, com valor mínimo de 23 °C e máximo de 32 °C. Foi observado que ambos os sistemas apresentaram diferença de até 1 °C a mais do que o sistema sombreamento intenso, com exceção no horário de 13h 00, em que as temperaturas médias do ar entre os sistemas com sombra foram semelhantes, e menores que aquela do sistema pleno sol (Figura 17). A umidade relativa média do ar, no intervalo entre 06h 00 e 07h 00, foi de 95%, após esse intervalo o valor de umidade relativa do ar reduziu para 51%, às 13h 00. O índice de temperatura e umidade variou de 79 a 81 no intervalo entre 11h 00 e 17h 00.

No outono/2018 e inverno/2018, foi verificado que a temperatura média do intervalo entre 10 e 14h 00 foi a maior entre as estações, com destaque para diferença de até 1 °C entre os sistemas pleno sol comparado com aqueles sombreados (Tabela 5). No verão/2018, houve diferença de 0,8 °C entre o sistema pleno sol e o sistema sombreamento intenso e, ao comparar o sistema sombreamento moderado com o sistema sombreamento intenso nesta mesma estação, foi verificado diferença de 0,5 °C (Tabela 5).

Tabela 5. Temperatura média do ar no intervalo entre 10 e 14h 00 nos dias de avaliação do comportamento animal durante as estações avaliadas nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso.

Estações	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso
Temperatura média do ar no intervalo de 10 e 14h 00 (°C)			
Verão/2017	26,7	26,6	26,3
Outono/2018	29,6	29,1	28,8
Inverno/2018	33,7	33,0	33,0
Primavera/2018	28,2	28,5	28,0
Verão/2018	31,3	31,0	30,5

Os valores absolutos de velocidade do vento foram semelhantes entre os sistemas sombreamento moderado e pleno sol, e diferentes daqueles verificados para o sistema sombreamento intenso, com maior destaque durante o outono/2018 (diferença de 24,5%), enquanto para as demais estações houve pequenas diferenças entre os sistemas (Tabela 6).

Tabela 6. Velocidade média do vento no intervalo entre 06 e 18 horas nos dias de avaliação do comportamento animal representados pelas estações avaliadas no período experimental nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso.

Estações	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso
Velocidade média do vento (m s ⁻¹)			
Verão /2017	0,74	0,75	0,66
Outono/2018	1,17	1,16	0,88
Inverno/2018	1,24	1,24	1,00
Primavera/2018	0,89	0,77	0,73
Verão/2018	0,85	0,82	0,75

Entre as estações do ano avaliadas, o maior valor médio para velocidade do vento ocorreu nas estações de outono/2018 e inverno/2018, nas quais foram registrados valores maiores que 1,2 m s⁻¹ para os sistemas pleno sol e sombreamento moderado, e de 0,95 m s⁻¹ para o sistema sombreamento intenso (Tabela 6).

Maiores valores de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), no intervalo entre 06h 00 e 18h 00 nas estações avaliadas, foram verificados no sistema pleno sol, intermediários no sistema sombreamento moderado e menores para o sistema sombreamento intenso (Figura 18). Os valores de RFA obtidos nas estações do ano variaram entre mínimos e máximos valores de 0,8 a 1,2 MJ m⁻² hora⁻¹ no sistema pleno sol, entre 0,6 e 1,0 MJ m⁻² hora⁻¹ no sistema sombreamento moderado, e entre 0,4 e 0,7 MJ m⁻² hora⁻¹ no sistema sombreamento intenso, respectivamente (Figura 18).

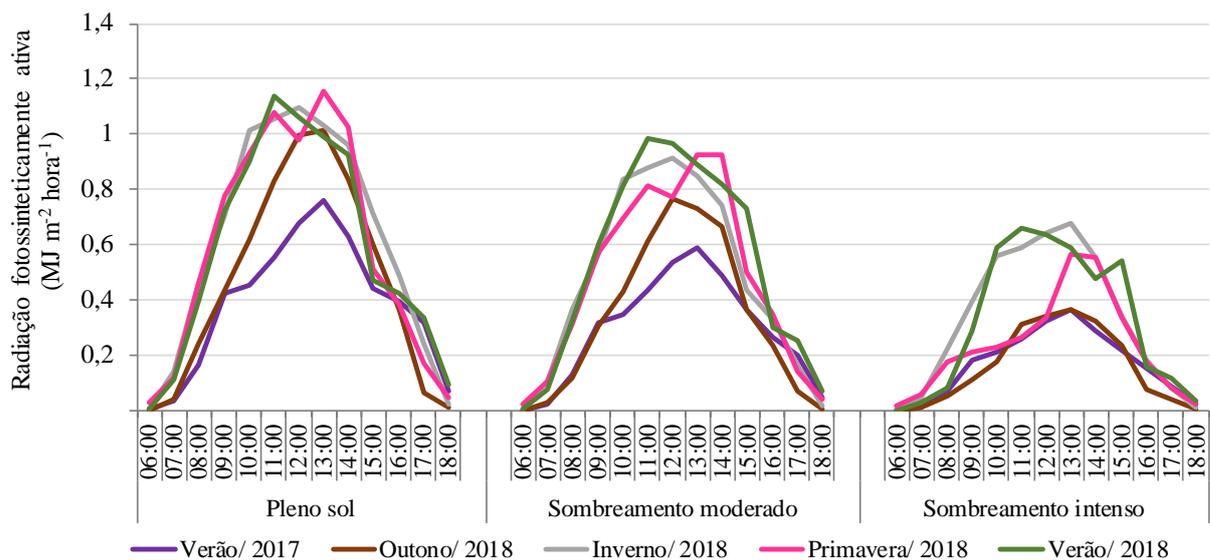


Figura 18. Média de radiação fotossinteticamente ativa ($\text{MJ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$), no intervalo entre 06h 00 e 18h 00 nas estações avaliadas, para os sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso.

O valor máximo da radiação fotossinteticamente ativa ($\text{MJ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$) foi registrado às 13h 00 do verão/2017 para todos os sistemas (Figura 18). Houve diferença de 25 e 50% entre os valores máximos de RFA do sistema pleno sol e dos sistemas sombreamento moderado e sombreamento intenso.

Durante o outono/2018, o máximo valor da RFA no sistema sombreamento moderado foi verificado às 12h 00 ($0,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$). Nesta estação, no sistema pleno sol, o máximo valor da RFA foi observado às 12h 00 e 13h 00 ($1,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$). Para o sistema sombreamento intenso, foi verificado, que nas estações de verão/2017 e outono/2018, ocorreu um mesmo padrão de ocorrência da RFA, com semelhança entre maiores valores da RFA ($0,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$).

4.2 Componente Forrageiro

4.2.1 Altura dos pastos

As alturas dos pastos de capim-Massai nas condições de pré e pós-pastejo (Figura 19) foram influenciadas pelo sistema ($p_{\text{altura pré-pastejo}}=0,0283$; $p_{\text{altura pós-pastejo}}=0,0189$), mês de avaliação ($p_{\text{altura pré-pastejo}}<0,0001$; $p_{\text{altura pós-pastejo}}<0,0001$) e com interação entre sistemasistema e mês de avaliação ($p_{\text{altura pré-pastejo}}=0,0075$; $p_{\text{altura pós-pastejo}}=0,0019$).

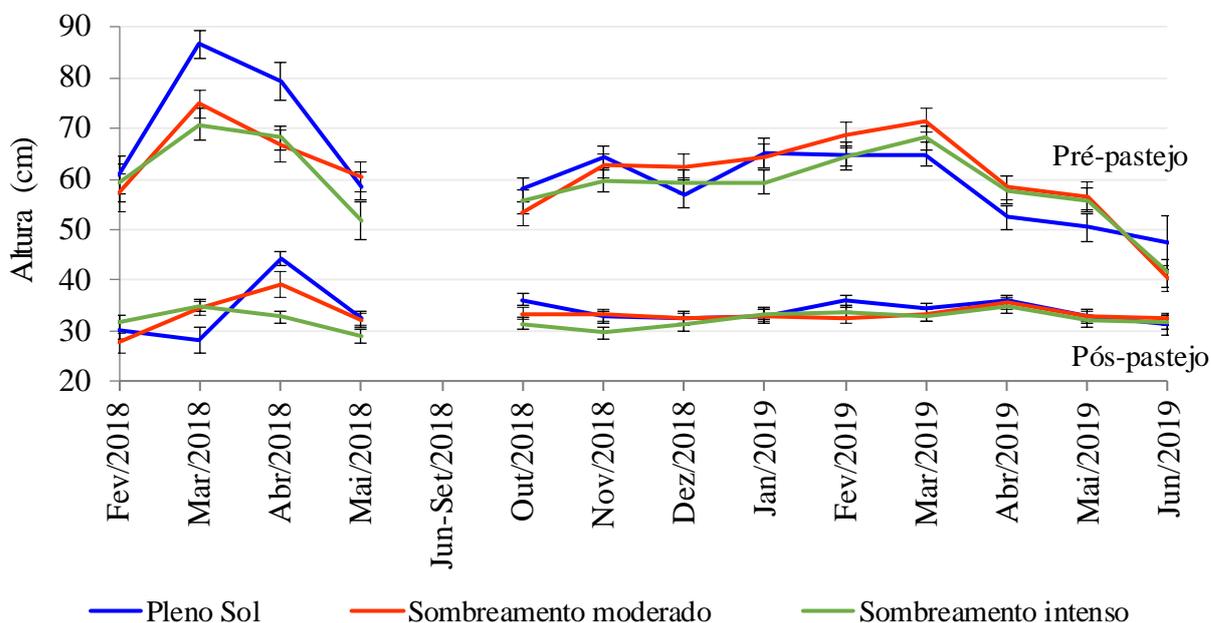


Figura 19. Valores médios de altura (cm) dos pastos de capim-Massai nas condições de pré-pastejo ($p=0,0075$) e pós-pastejo ($p=0,0019$).

Nos meses de março/2018 e abril/2018, houve maior altura pré-pastejo para o sistema pleno sol (Figura 19) com valor superior (valores de 86,7 cm e 79,3 cm, respectivamente) àquelas dos sistemas sombreamento moderado e intenso (valores médios dos meses de março/2018 e abril/2018 de 72,9 cm e 67,5 cm, respectivamente; Figuras 20, 21 e 22). Entre os meses de outubro/2018 a junho/2019, os valores das alturas pré-pastejo dos pastos de capim-Massai dos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso seguiram um mesmo padrão de resposta, com altura máxima em março/2019 (68,2 cm) e mínima em junho/2019 (43,0 cm).



Figura 20. Estrutura dos pastos de capim-Massai do sistema pleno sol no início de abril/2018 (início do outono) no período de florescimento.



Figura 21. Estrutura dos pastos de capim-Massai do sistema sombreamento moderado no início de abril/2018 (início do outono) no período de florescimento.



Figura 22. Estrutura dos pastos de capim-Massai do sistema sombreamento intenso no início de abril/2018 (início do outono) no período de florescimento.

Na condição de pós-pastejo, a altura dos pastos foi semelhante no sistema sombreamento moderado e no sistema sombreamento intenso (34,7 cm, em média), e ambas foram maiores que a altura pós-pastejo do sistema pleno sol (28,1 cm) em março/2018 (Figura 19). Já em abril/2018, a altura pós-pastejo do sistema sombreamento moderado foi intermediária (39,4 cm) entre aquelas do sistema pleno sol (44,3 cm) e do sistema sombreamento intenso (32,8 cm). Entre outubro/2018 e junho/2019, as alturas dos pastos no pós-pastejo variaram de forma semelhante para os três sistemas, com valores que variaram entre 31,8 cm (junho/2019) e 35,4 cm (abril/2019). Em outubro/2018, também houve semelhança entre os valores de altura pós-pastejo dos sistemas sombreamento moderado e sombreamento intenso (32,5 cm, em média), porém com menores valores do que no sistema pleno sol (36,1 cm). Em novembro/2018, a altura do pós-pastejo do sistema sombreamento moderado foi semelhante àquela do sistema pleno sol (33,0 cm, em média) e maiores do que a altura pós-pastejo do sistema sombreamento intenso (29,7 cm).

4.2.2 Massa de forragem e composição morfológica

Na condição de Pré-pastejo

A massa de forragem pré-pastejo foi influenciada pelo sistema ($p < 0,0001$), estação do ano ($p < 0,0001$) com interação entre sistema e estação do ano ($p = 0,0254$) (Figura 23). Da mesma forma, a composição morfológica da massa de forragem pré-pastejo (massa seca de lâminas foliares- MSLF; massa seca de colmos- MSC e massa seca de material morto- MSMM) também foi influenciada pelo sistema ($p_{MSLF} < 0,0001$; $p_{MSC} < 0,0001$ e $p_{MSMM} < 0,0001$), estação do ano ($p_{MSLF} < 0,0001$; $p_{MSC} < 0,0001$; $p_{MSMM} = 0,0075$) com interação entre sistema e estação do ano ($p_{MSLF} = 0,0371$; $p_{MSC} = 0,0003$; $p_{MSMM} < 0,0001$) (Figura 23).

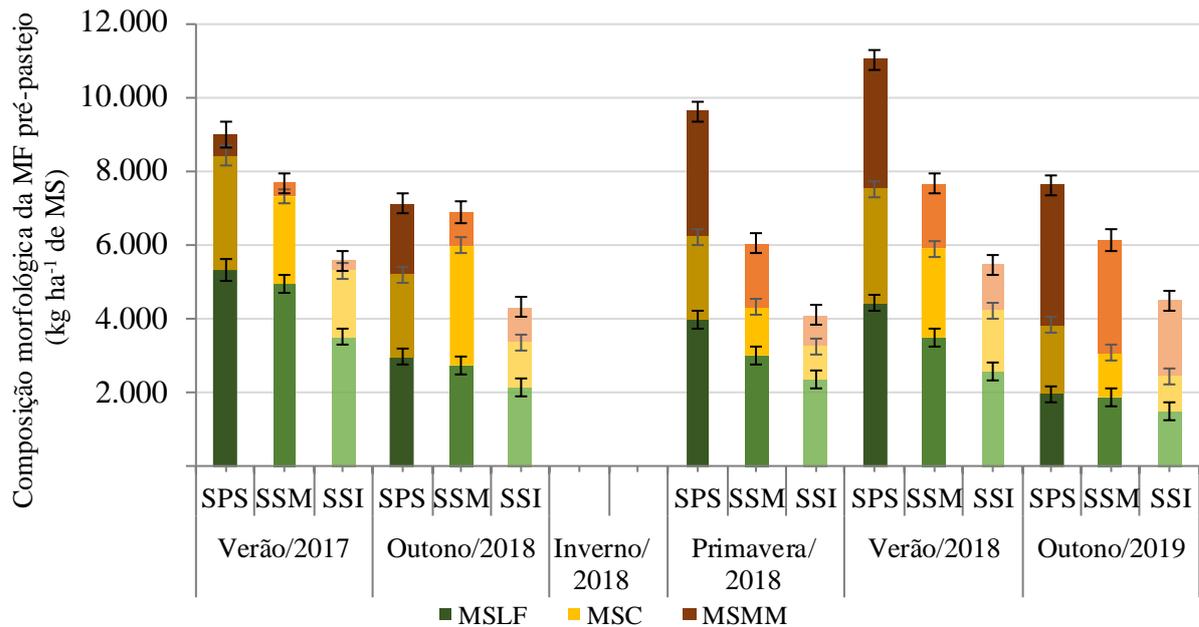


Figura 23. Massa e composição morfológica da forragem (massas secas de lâminas foliares - MSLF, colmos - MSC e material morto - MSMM) do capim-Massai na condição de pré-pastejo em função dos sistemas e estações do ano. $p_{\text{massa de forragem pré-pastejo (sistema x estação)}} = 0,0254$; $EPM_{\text{massa de forragem pré-pastejo (sistema x estação)}} = 521,4$, exceto para $EPM_{\text{massa de forragem pré-pastejo (SPS x verão/2017)}} = 673,1$. $p_{\text{MSLF (sistema x estação)}} = 0,0371$; $EPM_{\text{MSLF (sistema x estação)}} = 231,2$, exceto para $EPM_{\text{MSLF (SPS x verão/2017)}} = 298,5$. $p_{\text{MSC (sistema x estação)}} = 0,0003$; $EPM_{\text{MSC (sistema x estação)}} = 213,4$ exceto para $EPM_{\text{MSC (SPS x verão/2017)}} = 275,5$. $p_{\text{MSMM (sistema x estação)}} < 0,0001$. $EPM_{\text{MSMM (sistema x verão/2017)}} = 272,3$, exceto para $EPM_{\text{MSMM (SPS x verão/2017)}} = 351,5$.

A massa de forragem pré-pastejo do capim-Massai no sistema sombreamento moderado foi intermediária entre os demais sistemas, ou seja, menor (6.885 kg ha^{-1} de MS) que aquela do sistema pleno sol (8.866 kg ha^{-1} de MS) e maior que aquela do sistema sombreamento intenso (4.794 kg ha^{-1} de MS) (Figura 23).

Nas estações de verão/2017 e outono/2018, os valores obtidos para massa de forragem pré-pastejo no sistema sombreamento moderado foram semelhantes àqueles no pleno sol (8.332 e 7.004 kg ha^{-1} de MS, em média, respectivamente), e maiores que a massa de forragem do sistema sombreamento intenso (5.583 e 4.305 kg ha^{-1} de MS, respectivamente). Enquanto, nas estações de primavera/2018, verão/2018 e outono/2019, os valores de massa de forragem pré-pastejo do sistema sombreamento moderado foram intermediários entre os outros dois sistemas.

Valores intermediários de massa seca de lâminas foliares foram obtidos para o sistema sombreamento moderado (3.206 kg ha^{-1} , em média) em relação aos sistemas pleno sol (3.733 kg ha^{-1} , em média) e sombreamento intenso (2.417 kg ha^{-1} , em média) em pré-pastejo durante todos os ciclos de avaliação, sendo semelhante apenas ao sistema pleno sol durante o verão/2017 (Figura 23). Os maiores valores de massa seca de lâminas foliares foram verificados no verão/2017, seguido do verão/2018 e primavera/2018 e, os menores e semelhantes foram obtidos no outono/2018 e outono/2019 (2.195 kg ha^{-1} , em média). Os valores desta variável obtidos no verão/2017 nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso, corresponderam a 59,9; 63,8 e 63,1%, respectivamente, da massa de forragem de pré-pastejo.

Para a massa seca de colmos na condição de pré-pastejo, houve o mesmo padrão de resposta verificado para a massa seca de lâminas foliares, pois também foram obtidos valores intermediários para o sistema sombreamento moderado em relação aos sistemas pleno sol e sombreamento intenso durante o período experimental, com valores médios de 2.105, 2.505 e 1.305 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 23). No outono/2018, a maior massa seca de colmos foi obtida no sistema com o sombreamento moderado (3.246 kg ha⁻¹) comparado aos demais sistemas (2.236 e 1.204 kg ha⁻¹ de massa seca de colmos para os sistemas pleno sol e sombreamento intenso, respectivamente), enquanto que, no verão/2017 e verão/2018, foram obtidos valores intermediários (2.381 e 2.415 kg ha⁻¹ de massa seca de colmos, respectivamente), em relação aos sistemas pleno sol e sombreamento intenso (3.069 e 1.798 kg ha⁻¹ para a estação de verão/2017, respectivamente; 3.085 e 1.673 kg ha⁻¹ para a estação de verão/2018, respectivamente). Na primavera/2018 e no outono/2019 houve semelhança dos valores de massa seca de colmos dos sistemas sombreamento moderado e intenso (1.087 kg ha⁻¹ e 1.079,5 kg ha⁻¹, respectivamente), porém menores que no sistema pleno sol (2.259 e 1.876 kg ha⁻¹, respectivamente) (Figura 23).

Os valores de massa seca de material morto na massa de forragem em pré-pastejo foram intermediários para sombreamento moderado (1.567 kg ha⁻¹ de massa seca de material morto, em média) em relação aos demais sistemas durante o período experimental, assim como para massas secas de lâminas foliares e de colmos, e representaram, em média, 23,7% da massa de forragem pré-pastejo (Figura 23). Entre as estações do ano, foram verificados menores valores de massa seca de material morto durante o verão/2017 (401 kg ha⁻¹) e maiores durante o outono/2019 (2.972 kg ha⁻¹). Durante o verão/2017, houve semelhança entre os sistemas (401 kg ha⁻¹, em média). Na primavera/2018 e no outono/2019, foram obtidos valores intermediários desta variável para o sistema sombreamento moderado (1.727 e 3.065 kg ha⁻¹, respectivamente) em relação ao sistema pleno sol (3.384 e 3.794 kg ha⁻¹, respectivamente) e sistema sombreamento intenso (850 e 2.056 kg ha⁻¹, respectivamente). No outono/2018, menor valor desta variável foi obtido para o sistema sombreamento moderado (907 kg ha⁻¹) quando comparado aos sistemas pleno sol e sombreamento intenso (1.893 e 946 kg ha⁻¹, respectivamente). No verão/2018, houve semelhança dos valores de massa seca de material morto dos sistemas sombreamento moderado e sombreamento intenso (1.500 kg ha⁻¹, em média), ambos menores que aquele do sistema pleno sol (3.500 kg ha⁻¹).

Na condição de pós-pastejo

A massa de forragem pós-pastejo foi influenciada pelo sistema ($p < 0,0001$), estação do ano ($p < 0,0001$) e pela interação entre sistema e estação do ano ($p = 0,0863$) (Figura 24). De forma semelhante, a composição morfológica da massa de forragem pós-pastejo (massa seca de lâminas foliares- MSLF; massa seca de colmos- MSC e massa seca de material morto- MSMM) foi influenciada pelo sistema ($p_{MSLF} = 0,0002$; $p_{MSC} = 0,0013$ e $p_{MSMM} < 0,0001$), estação do ano ($p_{MSLF} < 0,0001$; $p_{MSC} < 0,0001$ e $p_{MSMM} < 0,0001$), e pela interação entre sistema e estação do ano ($p_{MSLF} < 0,0001$; $p_{MSC} = 0,0005$ e $p_{MSMM} < 0,0001$) (Figura 24).

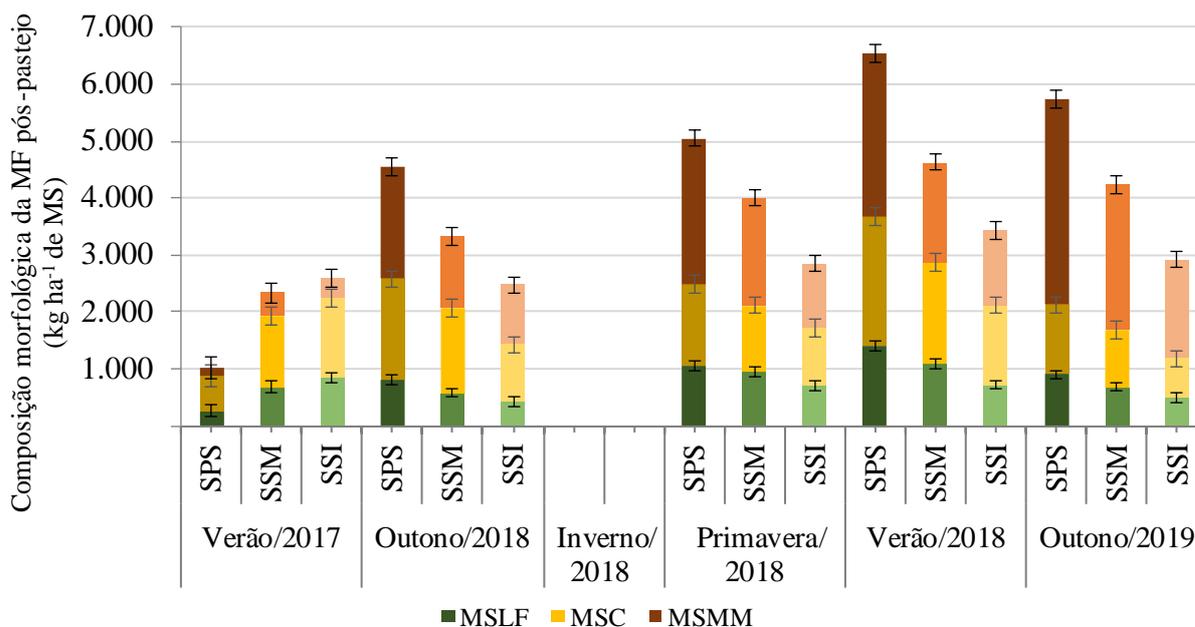


Figura 24. Massa e composição morfológica da forragem (massas secas de lâminas foliares - MSLF, colmos - MSC e material morto - MSMM) do capim-Massai na condição de pós-pastejo em função dos sistemas e estações. p_{massa} de forragem pós-pastejo (sistema x estação) = 0,0863; EPM_{massa} de forragem pós-pastejo (sistema x estação) = 258,2, exceto para EPM_{massa} seca de forragem pós-pastejo (SPS x verão/2017) = 408,3 e EPM_{massa} seca de forragem pós-pastejo (SSM x verão/2017) = 333,3. p_{MSLF} (sistema x estação) < 0,0001; EPM_{MSLF} (sistema x estação) = 85,5, exceto para EPM_{MSLF} (SPS x verão/2017) = 110,4; EPM_{MSLF} (SSM x verão/2017) = 95,6. p_{MSC} (sistema x estação) = 0,0005; EPM_{MSC} (sistema x estação) = 149,0, exceto para EPM_{MSC} (SPS x verão/2017) = 192,3; EPM_{MSC} (SSM x verão/2017) = 166,6. p_{MSMM} (sistema x estação) < 0,0001; EPM_{MSMM} = 153,9, exceto para EPM_{MSMM} (SPS x verão/2017) = 198,6; EPM_{MSMM} (SSM x verão/2017) = 172,0.

O valor médio de massa de forragem pós-pastejo obtido para o sistema sombreamento moderado (3.869 kg ha^{-1}) foi intermediário quando comparado àqueles dos sistemas pleno sol (5.105 kg ha^{-1}) e do sistema sombreamento intenso (2.851 kg ha^{-1}), durante o período experimental. Este mesmo padrão de resposta foi observado entre as estações, exceto na estação de verão/2017, na qual os valores de massa de forragem pós-pastejo do sistema sombreamento moderado foram semelhantes àquelas do sistema sombreamento intenso (2.848 kg ha^{-1} , em média), ambos inferiores àquele do sistema pleno sol (3.644 kg ha^{-1}). A maior massa de forragem pós-pastejo foi obtida no verão/2018 (4.868 kg ha^{-1} , em média) para todos os sistemas de produção (Figura 24).

A massa seca de lâminas foliares, no pós-pastejo, foi maior no verão/2018, com destaque para o sistema pleno sol (1.389 kg ha^{-1}) em relação aos demais sistemas. Enquanto, os menores valores e de massa seca de lâminas foliares foram obtidos nas estações de verão/2017, outono/2018 e outono/2019, com valor médio de 629 kg ha^{-1} (Figura 24). De forma geral, valores intermediários de massa seca de lâminas foliares foram obtidos para o sistema sombreamento moderado (798 kg ha^{-1} , em média) quando comparado aos sistemas pleno sol (876 kg ha^{-1} , em média) e sombreamento intenso (636 kg ha^{-1} , em média), durante o período experimental. Ao comparar os sistemas nas estações, menores valores desta variável foram obtidos no sistema pleno sol durante o verão/2017 (260 kg ha^{-1}), no sistema sombreamento moderado durante o verão/2017, outono/2018 e outono/2019 (650 kg ha^{-1} , em

média), e no sistema sombreamento intenso durante o outono/2018 e o outono/2019 (461 kg ha⁻¹, em média).

Maior valor de massa seca de colmos, em pós-pastejo, foi obtido durante do verão/2018 para todos os sistemas (1.818 kg ha⁻¹, em média). Em relação aos sistemas de produção, maiores valores e semelhantes desta variável foram verificados nos sistemas pleno sol e sombreamento moderado (1.403 kg ha⁻¹, em média) e o menor valor no sistema sombreamento intenso (1.103 kg ha⁻¹). Maior massa seca de colmos foi obtida no verão/2018 para o sistema pleno sol (2.289 kg ha⁻¹), com 892 kg ha⁻¹ a mais do que no sistema sombreamento intenso, no qual foi obtido o menor valor de massa seca de colmos (1.397 kg ha⁻¹), enquanto valor intermediário (1.768 kg ha⁻¹) foi verificado para o sistema sombreamento moderado.

Maiores valores de massa seca de material morto na massa de forragem pós-pastejo foram obtidos durante o outono/2019 para todos os sistemas (2.638 kg ha⁻¹, em média), com maior valor para o sistema pleno sol (3.611 kg ha⁻¹) (Figura 24). Os menores valores desta variável foram obtidos para os três sistemas de produção durante o verão/2017 (297 kg ha⁻¹, em média). De forma geral, foram obtidos valores intermediários de massa seca de material morto para o sistema sombreamento moderado (1.581 kg ha⁻¹, em média), quando comparado àqueles do sistema pleno sol (2.227 kg ha⁻¹, em média) e do sistema sombreamento intenso (1.111 kg ha⁻¹, em média).

4.2.3 Índice de área foliar

O índice de área foliar do pasto de capim-Massai foi influenciado pelo sistema ($p < 0,0001$) e estação do ano ($p < 0,0001$), porém não foi influenciada pela interação entre sistema e estação do ano ($p = 0,1882$) (Tabela 7).

Tabela 7. Índice de área foliar dos pastos de capim-Massai em função dos sistemas de produção e das estações do ano, em Sinop - MT.

Estação	Pleno sol	Sombreamento Moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	8,0	8,1	5,8	7,3 A
Outono/2018	4,8	4,8	3,4	4,3 C
Primavera/2018	5,0	4,5	4,1	4,6 BC
Verão/2018	5,9	5,2	3,9	5,0 B
Outono/2019	2,6	2,5	2,1	2,4 D
Média	5,3 a	5,0 a	3,9 b	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). EPM= erro padrão da média. $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,1882$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,37$, exceto para $EPM_{\text{SPS} \times \text{verão}/2017} = 0,48$. $p_{\text{sistema}} < 0,0001$; $EPM_{\text{sistema}} = 0,17$, exceto para $EPM_{\text{SPS}} = 0,18$. $p_{\text{estação}} < 0,0001$; $EPM_{\text{estação}} = 0,22$, exceto para $EPM_{\text{verão}/2017} = 0,24$.

Maiores valores e semelhantes do índice de área foliar do pasto de capim-Massai foram registrados nos sistemas pleno sol e sombreamento moderado (5,2, em média) comparados ao sistema sombreamento intenso (3,9, em média) (Tabela 7). Para estação do ano, foram registrados maiores valores de IAF no verão/2017 (7,3), seguido daquele obtido durante o verão/2018 (5,0), e do menor durante o outono/2019 (2,4); enquanto os valores

obtidos na primavera/2018 foram semelhantes àqueles verificados durante o verão e o outono/2018 (4,6, em média).

4.2.4 Densidade volumétrica da forragem

A densidade volumétrica da forragem (DVF) do capim-Massai foi influenciada pelo sistema ($p < 0,0001$), pela estação do ano ($p = 0,0016$) e com interação entre sistema e estação do ano ($p = 0,0267$; Figura 25).

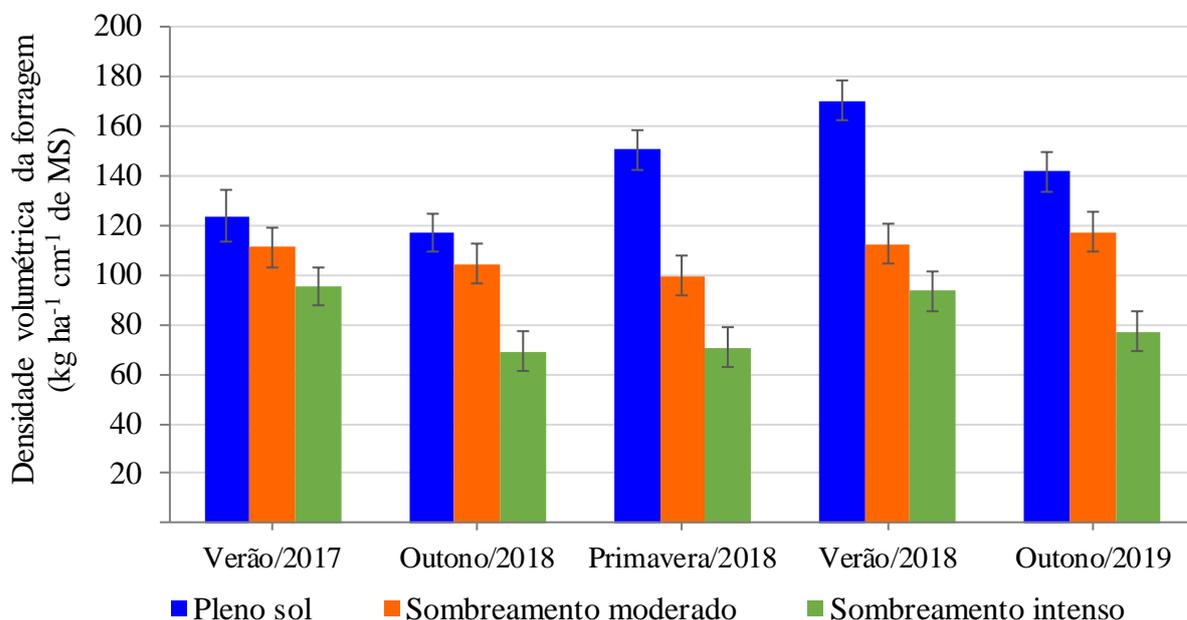


Figura 25. Densidade volumétrica da forragem do capim-Massai nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI) durante as estações do ano. EPM= erro padrão da média. $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,0267$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 7,99$, exceto para $EPM_{\text{SPS} \times \text{verão}/2017} = 10,32$. $p_{\text{sistema}} < 0,0001$; $EPM_{\text{sistema}} = 3,6$, exceto para $EPM_{\text{SPS}} = 3,81$. $p_{\text{estação}} = 0,0016$; $EPM_{\text{estação}} = 4,61$, exceto para $EPM_{\text{verão}/2017} = 5,100$.

Os valores de densidade volumétrica da forragem no sistema sombreamento moderado ($109,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ de MS, em média) foram intermediários aqueles obtidos nos demais sistemas de produção durante o período experimental, com maiores valores verificados para o sistema pleno sol ($140,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ de MS, em média) e menores valores no sistema sombreamento intenso ($81,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ de MS, em média; Figura 25). Maiores valores de densidade volumétrica da forragem foram observados no verão/2018 ($125,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ de MS, em média) e menores no outono/2018 e primavera/2018 ($102,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ de MS, em média).

Os valores de densidade volumétrica da forragem do sistema sombreamento moderado foram semelhantes àqueles do sistema pleno sol e do sistema sombreamento intenso durante verão/2017 ($111,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ de MS), semelhantes apenas aqueles do sistema pleno sol ($110,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ de MS, em média) e maiores que aqueles do sistema sombreamento intenso ($69,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ de MS) durante o outono/2018 (Figura 25). Durante as estações de primavera/2018, verão/2018 e outono/2019, foram obtidos valores intermediários das densidades volumétricas da forragem no sistema sombreamento moderado ($99,7$; $112,7$; $117,2$

kg ha⁻¹ cm⁻¹ de MS, respectivamente) em relação aos sistemas pleno sol (150,8; 170,3; 141,8 kg ha⁻¹ cm⁻¹ de MS, respectivamente) e sombreamento intenso (70,8; 93,5; 77,4 kg ha⁻¹ cm⁻¹ de MS, respectivamente).

4.2.5 Taxa de acúmulo de forragem

A taxa de acúmulo de forragem (kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS; Figura 26) foi influenciada pelo sistema ($p < 0,0001$), mês de avaliação ($p < 0,0001$) e com interação entre sistema e mês de avaliação ($p < 0,0001$).

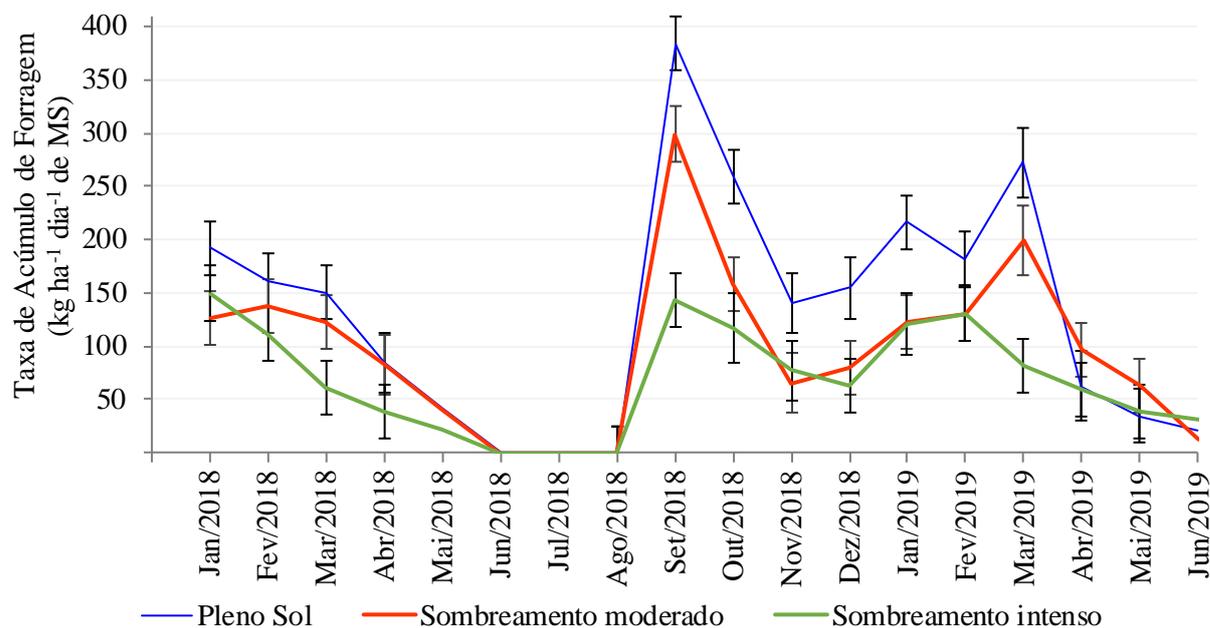


Figura 26. Taxa de acúmulo de forragem do capim-Massai nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso ($p < 0,0001$).

De forma geral, maiores taxas de acúmulo de forragem foram obtidas para o sistema pleno sol (157,1 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, em média), intermediárias no sistema sombreamento moderado (115,7 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, em média) e menores no sistema sombreamento intenso (82,9 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, em média; Figura 26).

A taxa de acúmulo de forragem foi semelhante para os três sistemas nos meses de janeiro, fevereiro, abril e maio de 2018 (156,1; 136,7; 69,0; 35,2 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, em média, respectivamente), e nos meses de fevereiro, abril, maio e junho de 2019 (147,1; 72,6; 45,5; 21,1 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, em média, respectivamente). No mês de março/2018 a taxa de acúmulo de forragem do sombreamento moderado foi semelhante àquela do sistema pleno sol (136,7 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, em média), ambas superiores àquela do sombreamento intenso (60,8 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS), com diferença média de 75,9 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS. Nos meses de março/2018, outubro/2018 e janeiro/2019, houve semelhança para esta variável entre os sistemas sombreamento moderado e intenso. Nos meses de setembro/2018 e março/2019, maiores taxas de acúmulo de forragem foram obtidas para o sistema pleno sol (383,5 e 272,9 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, respectivamente), seguido por valores intermediários no sistema sombreamento moderado (299,1 e 199,4 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, respectivamente), e menores

valores no sistema sombreamento intenso nos meses citados (143,4 e 80,8 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, respectivamente; Figura 26).

4.2.6 Ciclos de pastejos e acúmulo de forragem

Os ciclos de pastejo variaram somente com o sistema ($p < 0,0001$) durante o período experimental (janeiro/2018 a junho/2019), com maior número obtido no sistema sombreamento intenso (12 ciclos), intermediário no sistema sombreamento moderado (11 ciclos) e menor no sistema pleno sol (10 ciclos) (Tabela 8). O acúmulo de forragem foi influenciado pelo sistema ($p = 0,0002$) (Tabela 8), estação do ano ($p_{estação} < 0,0001$) e pela interação entre sistema e estação do ano ($p_{sistema \times estação} = 0,0947$) (Figura 27).

Tabela 8. Ciclos de pastejo (número) e acúmulo de forragem do capim-Massai nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso, de janeiro/2018 a junho/2019, em Sinop - MT.

Sistemas	Ciclos de de pastejo	Acúmulo de forragem (kg ha ⁻¹ MS)	Acúmulo Total*	EPM _{ciclos pastejo}	EPM _{AF}
Pleno sol	10 C	8354 A	83.354	0,3	598,7
Sombreamento moderado	11 B	6.469 B	71.159	0,3	598,7
Sombreamento intenso	12 A	4.529 C	54.348	0,3	598,7

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIF ($p < 0,10$). EPM: erro padrão da média. $p_{Acúmulo \text{ de forragem (sistema)}} = 0,0002$; $p_{Ciclos \text{ de pastejo (sistema)}} < 0,0001$. *Acúmulo total = Acúmulo de forragem x ciclos de pastejo.

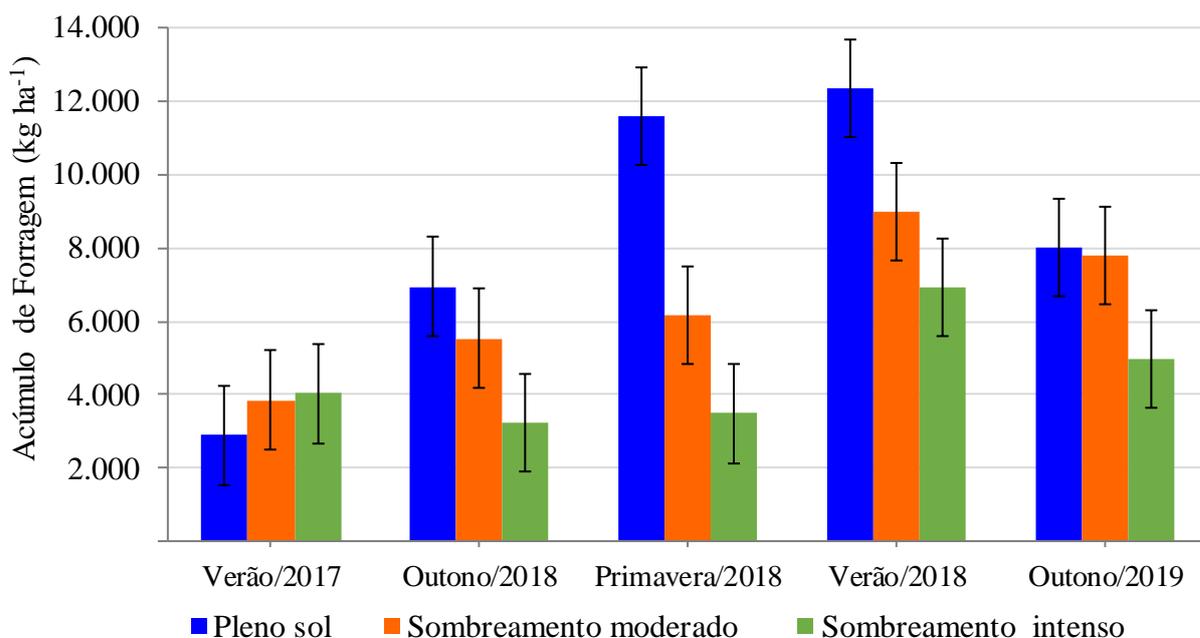


Figura 27. Acúmulo de forragem médio por ciclo de pastejo do capim-Massai nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso durante as estações do ano. EPM= erro padrão da média. $p_{sistema \times estação} = 0,0947$; $EPM_{sistema \times estação} = 1338,8$. $p_{sistema} = 0,0002$; $EPM_{sistema} = 598,7$. $p_{estação} < 0,0001$; $EPM_{estação} = 772,9$.

Valores intermediários de acúmulo de forragem (6.469 kg ha⁻¹ de MS) e número de ciclos pastejo (11 ciclos) foram obtidos para o sistema sombreamento moderado em relação aos demais sistemas durante o período experimental (janeiro/2018 a junho/2019), com maior acúmulo de forragem (8.354 kg ha⁻¹ de MS) e menor número de ciclos de pastejo (10 ciclos) para o sistema pleno sol, e com menor acúmulo de forragem (4.529 kg ha⁻¹ de MS) e maior número de ciclos de pastejo (12 ciclos) para o sistema sombreamento intenso (Tabela 8).

Os acúmulos de forragem por ciclo foram maiores no verão/2018 (9.421 kg ha⁻¹ de MS), com semelhança entre os sistemas sombreamento moderado e sombreamento intenso (7.966 kg ha⁻¹ de MS, em média), e maiores no sistema pleno sol (12.332 kg ha⁻¹ de MS, em média; Figura 27). Nas estações de verão/2017 e outono/2019, houve semelhança desta variável entre os sistemas de produção (3.590 e 6.925 kg ha⁻¹ de MS, em média, respectivamente). Durante o outono/2018, o acúmulo de forragem do sistema sombreamento moderado foi semelhante àquele do sistema pleno sol (5.536 e 6.944 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente) e ao acúmulo de forragem do sistema sombreamento intenso (3.238 kg ha⁻¹ de MS, em média). Durante a primavera/2018 e o verão/2018, foram obtidos maiores valores de acúmulo de forragem e semelhantes nos sistemas sombreamento moderado e sombreamento intenso (4.826 e 7.966 kg ha⁻¹ de MS, em média, respectivamente), porém menores que aqueles obtidos no sistema pleno sol (11.579 e 12.332 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente; Figura 27).

4.2.7 Perdas de forragem e sua composição morfológica

As perdas de forragem (kg ha⁻¹ de MS) foram influenciadas pelo sistema ($p=0,0001$) e estação do ano ($p<0,0001$) durante os pastejos no capim-Massai; não houve interação entre sistema e estação do ano ($p=0,3091$). A composição morfológica das perdas de forragem foi influenciada pela estação do ano ($p_{MSLF}=0,0009$; $p_{MSC}<0,0001$; $p_{MSMM}<0,0001$), enquanto o sistema influenciou apenas os valores de massa seca de lâminas foliares ($p=0,0182$) e de material morto ($p<0,0001$), com interação entre sistema e estação do ano apenas para massa seca de colmos ($p_{MSC}=0,0004$) (Figura 28).

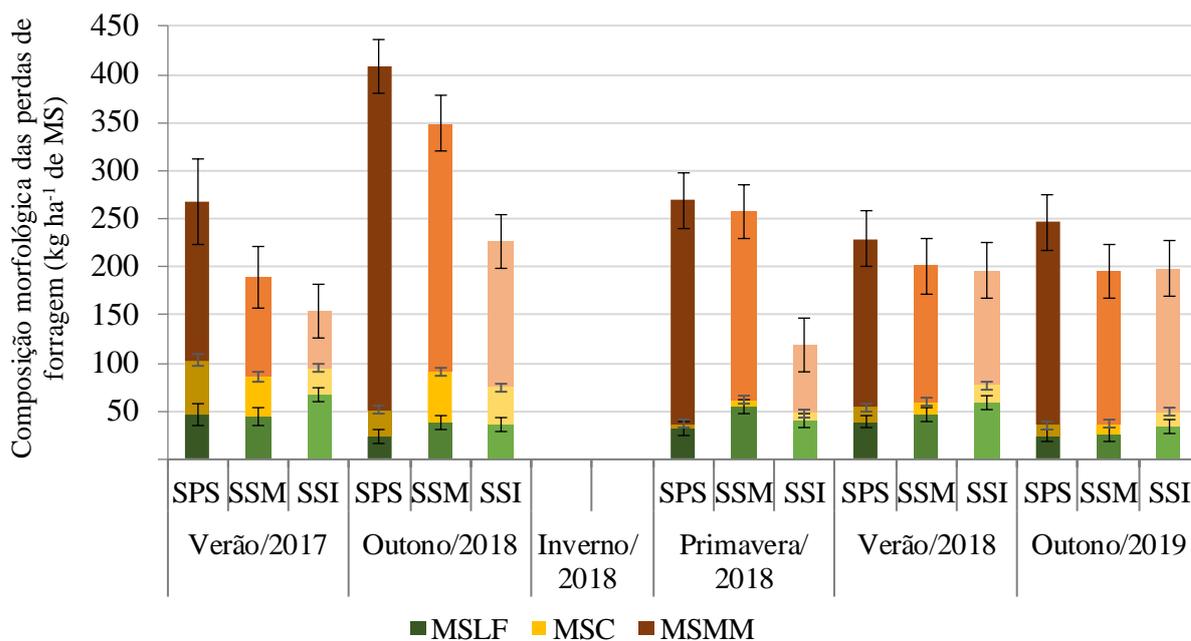


Figura 28. Perdas e composição morfológica das perdas de forragem do capim-Massai nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI) durante as estações do ano. EPM= erro padrão da média. $p_{\text{perdas de forragem (sistema x estação)}} = 0,3090$; $EPM_{\text{perdas de forragem (sistema x estação)}} = 33,71$, exceto $EPM_{\text{perdas de forragem (SPS x verão/2017)}} = 53,3$; $EPM_{\text{perdas de forragem (SSM x verão/2017)}} = 43,5$; $EPM_{\text{perdas de forragem (SSI x verão/2017)}} = 33,7$. $p_{\text{MSLF(sistema x estação)}} = 0,3837$; $EPM_{\text{MSLF(sistema x estação)}} = 7,1$, exceto para $EPM_{\text{MSLF(SPS x verão/2017)}} = 11,2$; $p_{\text{MSC(sistema x estação)}} = 0,0004$; $EPM_{\text{MSC(sistema x estação)}} = 4,0$, exceto $EPM_{\text{MSC(SPS x verão/2017)}} = 6,3$; $EPM_{\text{MSC(SSM x verão/2017)}} = 5,2$. $p_{\text{MSMM(sistema x estação)}} < 0,1558$; $EPM_{\text{MSMM}} = 28,5$, exceto para $EPM_{\text{MSMM(SPS x verão/2017)}} = 45,0$; $EPM_{\text{MSMM(SSM x verão/2017)}} = 31,8$.

De forma geral, menores perdas de forragem foram obtidas para o sistema sombreamento intenso (184 kg ha^{-1} de MS), do que para os sistemas pleno sol e sombreamento moderado que foram semelhantes (267 kg ha^{-1} de MS, em média) durante todo período experimental (Figura 28). Os maiores valores de perdas de forragem ocorreram no outono/2018 para os três sistemas de produção (410 kg ha^{-1} de MS, em média). Material morto foi o componente morfológico de maior participação na massa seca de perdas, com valor médio de 256 kg ha^{-1} de MS (Figuras 28 e 29).



Figura 29. Avaliação da composição morfológica das perdas de forragem no outono/2018.

Houve semelhança entre sistemas de produção para a massa seca de colmos ($p=0,4079$), com interação entre sistema e estação ($p=0,0004$).

No sistema sombreamento moderado maiores valores de massa seca colmos na massa seca de perdas foram registrados durante o verão/2017 e o outono/2018 (48 kg ha^{-1} de MS, em média), enquanto para o sistema pleno sol, o maior valor foi obtido no verão/2017 (56 kg ha^{-1} de MS), e para o sistema sombreamento intenso o maior valor desta variável foi verificado no outono/2018 (39 kg ha^{-1} de MS; Figura 28).

Os valores de massa seca de lâmina foliar na massa seca de perdas por pastejo foram semelhantes entre os sistemas sombreamento moderado e sombreamento intenso ($44,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS, em média), e superiores àqueles obtidos no sistema pleno sol (33 kg ha^{-1} de MS). Maiores valores e semelhantes desta variável foram obtidos no verão/2017 e verão/2018 (50 kg ha^{-1} de MS, em média), enquanto os menores valores foram verificados no outono/2018 e outono/2019 (31 kg ha^{-1} de MS, em média), com semelhança entre todos e aqueles da primavera/2018 (41 kg ha^{-1} de MS).

4.2.8 Aproveitamento de forragem

O aproveitamento de forragem variou em função dos sistemas ($p<0,0001$) e da estação do ano ($p=0,0381$) (Tabela 9), não houve interação entre sistema e estação do ano ($p=0,5521$).

Tabela 9. Aproveitamento de forragem (kg ha⁻¹ de MS) em função da estação do ano e dos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Aproveitamento de forragem (kg ha ⁻¹ de MS)				
Verão/2017	4.553	3.628	2.696	3.626 A
Outono/2018	3.106	3.430	1.836	2.791 B
Primavera/2018	4.371	2.117	1.407	2.631 B
Verão/2018	4.379	3.260	2.114	3.251 A
Outono/2019	2.677	2.561	1.370	2.203 B
Média	3.817 a	2.999 b	1.885 c	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,5521$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 555,9$, exceto para $EPM_{\text{SPS} \times \text{verão}/2017} = 717,6$; $p_{\text{sistema}} < 0,0001$; $EPM_{\text{SPS}} = 264,7$; $EPM_{\text{SSM e SSI}} = 248,6$. $p_{\text{estação}} = 0,0257$; $EPM_{\text{estação}} = 320,9$, exceto para $EPM_{\text{verão}/2017} = 354,8$.

Maior aproveitamento de forragem foi obtido no sistema pleno sol (3.817 kg ha⁻¹ de MS), intermediário no sistema sombreamento moderado (2.999 kg ha⁻¹ de MS) e menor no sistema sombreamento intenso (1.885 kg ha⁻¹ de MS) (Tabela 9). As diferenças entre o sistema pleno sol e os sistemas sombreados foram de 1.932 kg ha⁻¹ de MS (102,5% maior) em relação ao sistema sombreamento intenso e de 818 kg ha⁻¹ de MS (27,3% maior) em relação ao sistema sombreamento moderado. Entre os sistemas sombreados, o aproveitamento de forragem foi 1.114 kg ha⁻¹ de MS maior para o sistema sombreamento moderado (59,1% maior) do que para o sombreamento intenso. Para estação do ano, maiores valores de aproveitamento de forragem foram obtidos no verão/2017 e no verão/2018 (3.438 kg ha⁻¹ de MS, em média), e os menores no outono/2018, primavera/2018 e outono/2019 (2.542 kg ha⁻¹ de MS, em média; Tabela 9).

4.2.9 Ofertas de forragem

A oferta de forragem do primeiro dia de pastejo, oferta para vacas traçadoras, oferta média e oferta disponível, foram influenciadas pelo sistema ($p_{\text{primeiro dia}} < 0,0001$; $p_{\text{traçadoras}} = 0,0660$; $p_{\text{média}} < 0,0001$; $p_{\text{disponível}} < 0,0001$) (Figura 30), e pela estação do ano ($p_{\text{primeiro dia}} = 0,0241$; $p_{\text{traçadoras}} = 0,0113$; $p_{\text{média}} < 0,0001$; $p_{\text{disponível}} = 0,0065$) (Figura 31); não houve interação entre sistema e estação do ano ($p_{\text{primeiro dia}} = 0,3753$; $p_{\text{traçadoras}} = 0,8109$; $p_{\text{média}} = 0,2606$; $p_{\text{disponível}} = 0,5805$).

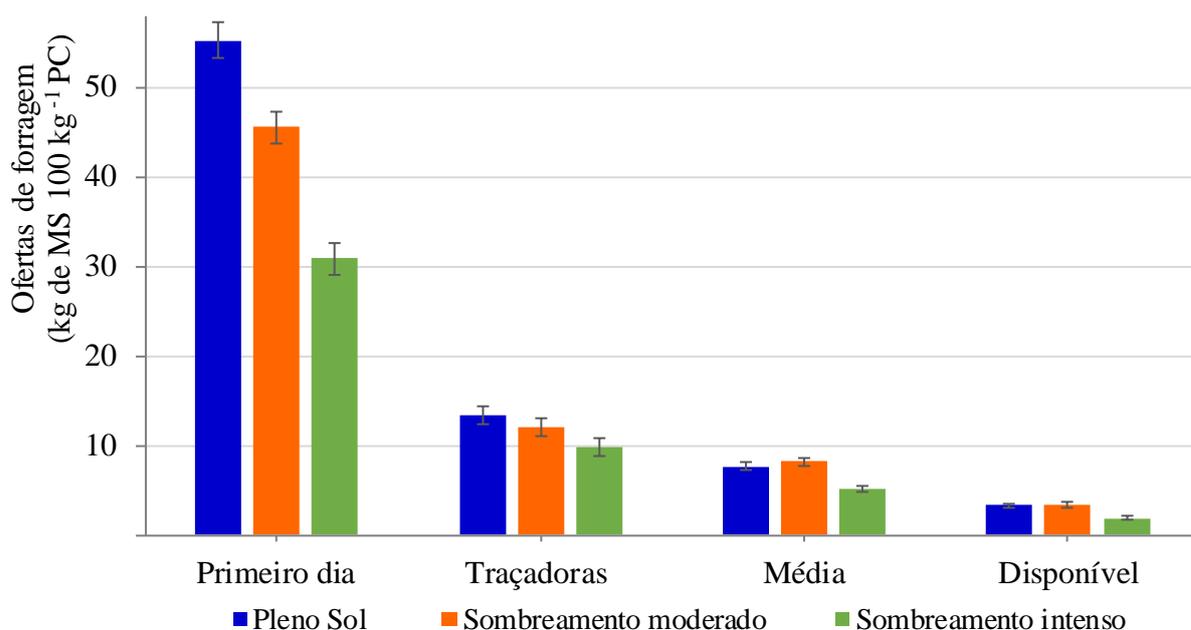


Figura 30. Oferta de forragem do primeiro dia de pastejo, oferta para vacas traçadoras, oferta média e oferta disponível nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI). $p_{\text{primeiro dia}} < 0,0001$; $EPM_{\text{primeiro dia}} = 1,8$, exceto para $EPM_{\text{SPS/primeiro dia}} = 1,9$. $p_{\text{traçadoras}} = 0,0660$; $EPM_{\text{traçadoras}} = 1,0$, exceto para $EPM_{\text{SPS/traçadoras}} = 1,1$. $p_{\text{média}} < 0,0001$; $EPM_{\text{média}} = 0,4$, exceto para $EPM_{\text{SPS/média}} = 0,4$. $p_{\text{disponível}} < 0,0001$; $EPM_{\text{disponível}} = 0,2$, exceto para $EPM_{\text{SPS/disponível}} = 0,3$.

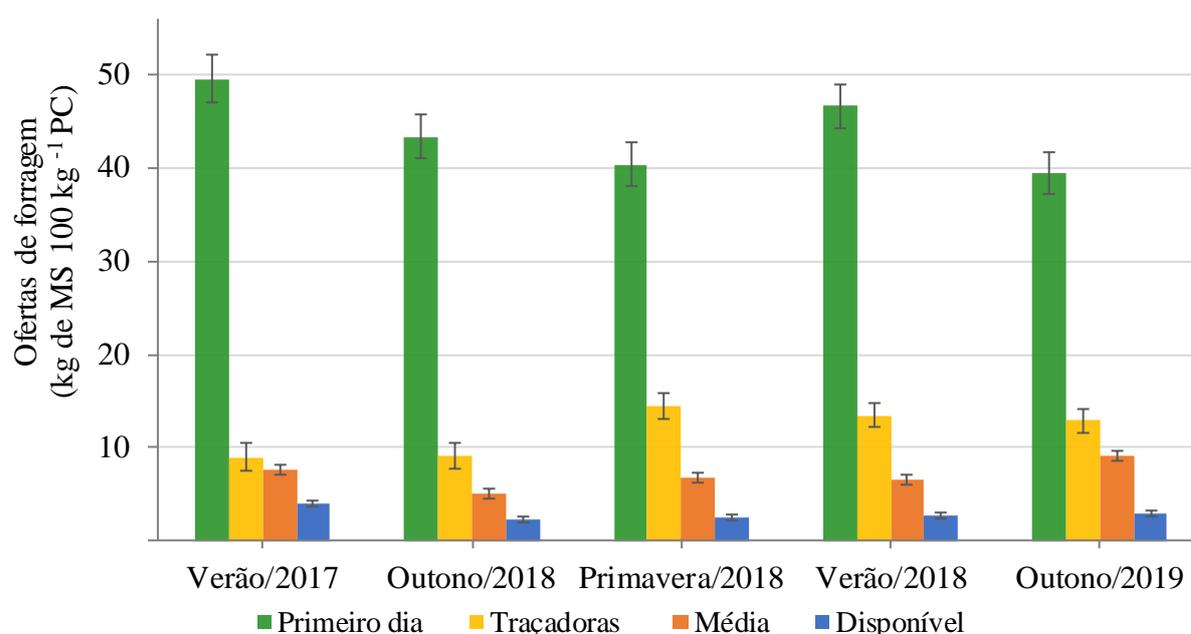


Figura 31. Valores médios de oferta de forragem do primeiro dia, oferta para vacas traçadoras, oferta média e oferta disponível nas estações do ano. $p_{\text{primeiro dia}} = 0,0241$; $EPM_{\text{primeiro dia}} = 2,3$, exceto para $EPM_{\text{SPS/primeiro dia}} = 2,6$. $p_{\text{traçadoras}} = 0,0113$; $EPM_{\text{traçadoras}} = 1,3$, exceto para $EPM_{\text{SPS/traçadoras}} = 1,5$. $p_{\text{média}} < 0,0001$; $EPM_{\text{média}} = 0,5$, exceto para $EPM_{\text{SPS/média}} = 0,6$. $p_{\text{disponível}} = 0,0065$; $EPM_{\text{disponível}} = 0,3$, exceto para $EPM_{\text{SPS/disponível}} = 0,4$.

A oferta de forragem do primeiro dia de pastejo foi maior para o sistema pleno sol (55 kg de MS 100 kg⁻¹ PC), intermediária para o sistema sombreamento moderado (46 kg de MS 100 kg⁻¹ PC) e menor para o sistema sombreamento intenso (31 kg de MS 100 kg⁻¹ PC). Quanto a oferta de forragem para vacas traçadoras, houve semelhança entre todos os sistemas (12 kg de MS 100 kg⁻¹ PC, em média). Enquanto, para a oferta de forragem média e oferta disponível, houve semelhança entre os valores dos sistemas sombreamento moderado e pleno sol (8 e 3 kg de MS 100 kg⁻¹ PC, em média, respectivamente), e superioridade destes em relação ao sistema sombreamento intenso (5 e 2 kg de MS 100 kg⁻¹ PC, em média, respectivamente; Figura 30).

Os valores de oferta de forragem do primeiro dia foram semelhantes entre as estações do ano, com variação de 10 kg de MS 100 kg⁻¹ PC entre o valor máximo e mínimo (Figura 31), e destaque para os maiores valores obtidos no verão/2017 e verão/2018 (48 kg de MS 100 kg⁻¹ PC, em média). Já para a oferta de forragem para as vacas traçadoras, foram observados maiores valores para durante a primavera/2018 e o outono/2019 (14 kg de MS 100 kg⁻¹ PC, em média). Enquanto, para oferta de forragem média, o maior valor foi obtido no outono/2019 (9 kg de MS 100 kg⁻¹ PC) e o menor no outono/2018 (5 kg de MS 100 kg⁻¹ PC), com semelhança entre os valores das estações de verão/2017, primavera/2018 e verão/2018 (7 kg de MS 100 kg⁻¹ PC, em média). Para a oferta de forragem disponível, o maior valor foi verificado no verão/2017 (4 kg de MS 100 kg⁻¹ PC), enquanto os menores valores foram obtidos nas estações de outono/2018, primavera/2018 e verão/2018 (3 kg de MS 100 kg⁻¹ PC, em média) (Figura 31).

4.2.10 Composição morfológica do pastejo simulado

Houve efeito de sistema e estação do ano para a composição morfológica ($p < 0,1000$) (porcentagens de lâminas foliares, colmos e material morto) na massa seca da forragem do pastejo simulado dos pastos de capim-Massai (Figura 32). Houve interação entre sistema e estação do ano apenas para os percentuais de massa seca de colmos ($p = 0,0060$) e de material morto na massa de forragem do pastejo simulado dos pastos de capim-Massai ($p < 0,0001$).

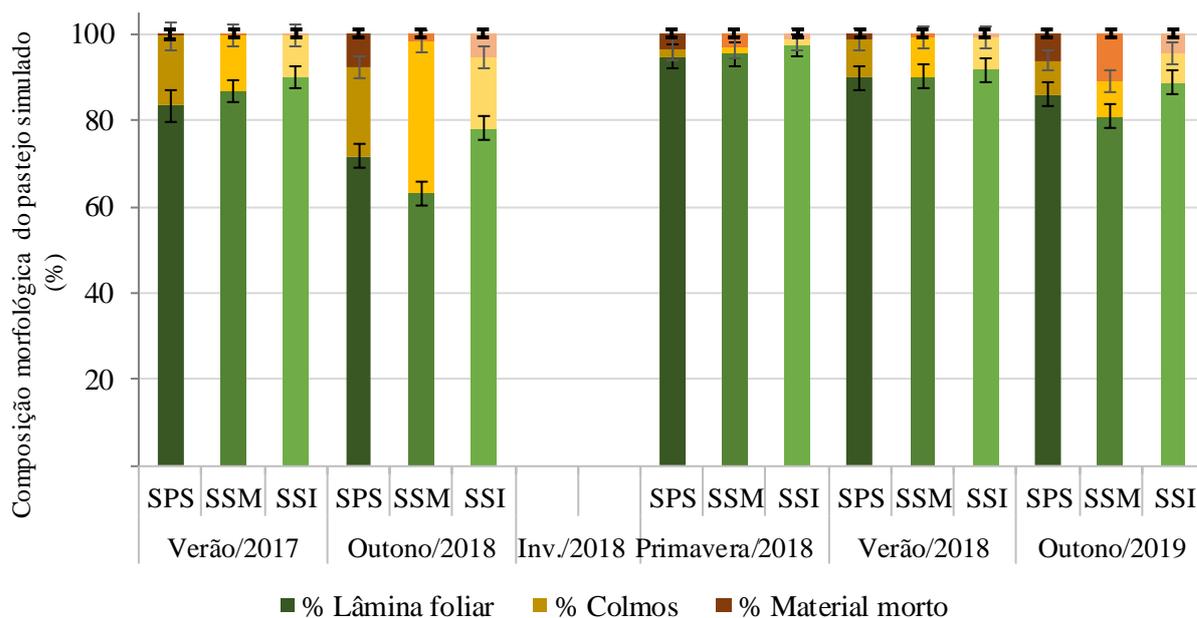


Figura 32. Composição morfológica dos componentes lâminas foliares, colmos e material morto na massa de forragem do pastejo simulado nos pastos de capim-Massai dos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI). $p_{\% \text{ lâminas foliares}} < 0,2717$; $EPM_{\% \text{ LF}} = 2,74$, exceto para o $EPM_{\% \text{ Lâmina foliar (verão/2017)}} = 3,54$. $p_{\% \text{ colmos}} = 0,0060$; $EPM_{\% \text{ Colmos}} = 2,50$, exceto para o $EPM_{\% \text{ colmos (verão/2017)}} = 3,23$. $p_{\% \text{ material morto}} < 0,0001$; $EPM_{\% \text{ material morto}} = 0,87$, exceto para $EPM_{\% \text{ material morto (verão/2017)}} = 1,12$

Maiores percentuais de lâminas foliares na massa de forragem do pastejo simulado foram obtidos no sistema sombreamento intenso (89,2%) comparados com os sistemas sombreamento moderado e pleno sol (84,2%, em média). Maior participação de lâminas foliares foi obtida na primavera/2018 (95,8%), e menor no outono/2018 (71,1%) (Figura 32).

Maiores percentuais e semelhantes de colmos na massa de forragem do pastejo simulado foram obtidos nos sistemas sombreamento moderado e pleno sol (12,2%, em média), e maiores que o sombreamento intenso (8,3%, em média) durante o período experimental (Figura 32). Maiores percentuais de colmos no pastejo simulado foram obtidos no outono/2018 (24,0%, em média), nesta mesma estação foi obtido o maior valor para o sistema sombreamento moderado (35,2%). A menor participação de colmos na massa de forragem do pastejo simulado foi obtida na primavera/2018 (1,5%, em média).

Maiores percentuais e semelhantes de material morto na massa de forragem do pastejo simulado foram obtidos nos sistemas sombreamento moderado e pleno sol (3,6%, em média), ambos maiores do que aqueles obtidos no sistema sombreamento intenso (2,5%). Quanto às estações, os menores valores desta variável foram obtidos durante o verão/2017 e o verão/2018 (0,6%, em média), enquanto que no outono/2019 foi verificado o maior valor de material morto na massa de forragem do pastejo simulado (7,2%). O menor e o maior valor desta variável foram obtidos para o sistema sombreamento moderado em relação aos demais durante as estações de outono/2018 (1,6%) e outono/2019 (4,5%), respectivamente (Figura 33).

4.2.11 Valor nutritivo da forragem pastejada

Os teores de matéria mineral (%MM), lignina (%LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (%DivMO) na forragem do pastejo simulado do capim-Massai foram influenciados pelo sistema ($p_{\%MM} < 0,0001$; $p_{\%LIG} = 0,0671$; $p_{\%DivMO} < 0,0001$), estação do ano ($p_{\%MM} = 0,0001$; $p_{\%LIG} < 0,0001$; $p_{\%DivMO} < 0,0001$) e pela interação entre sistema e estação do ano ($p_{\%MM} = 0,0177$; $p_{\%LIG} = 0,0231$; $p_{\%DivMO} = 0,0011$) (Tabela 10). Os teores de proteína bruta na forragem do pastejo simulado do capim-Massai foram influenciados apenas pelos sistemas de produção ($p < 0,0001$).

Tabela 10. Teores de matéria mineral (%MM), lignina (%LIG), digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (%DivMO) e proteína bruta (%PB) da forragem do pastejo simulado do capim-Massai nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM), e sombreamento intenso (SSI).

Estação	Pleno Sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média	EPM _{SPS}	EPM _{SSM}	EPM _{SSI}	EPM _{média}
Matéria mineral (%)								
Ver./2017	7,4 aB	7,7 aAB	7,9 aB	7,7 C	0,22	0,17	0,17	0,11
Out./2018	7,6 bB	7,7 bB	8,8 aA	8,1 B	0,17	0,17	0,17	0,10
Prim./2018	7,7 bB	7,8 abAB	8,2 aB	7,9 BC	0,17	0,17	0,17	0,10
Ver./2018	7,8 aB	7,7 aB	7,8 aB	7,8 C	0,17	0,17	0,17	0,10
Out./2019	8,4 aA	8,1 aA	8,5 aAB	8,3 A	0,17	0,17	0,17	0,10
Média	7,8 b	7,8 b	8,2 a		0,79	0,07	0,07	
Lignina (%)								
Ver./2017	4,8 bA	6,8 aA	6,0 aA	5,9 A	0,50	0,39	0,39	0,25
Out./2018	3,5 bB	4,7 aB	5,4 aA	4,6 B	0,39	0,39	0,39	0,22
Prim./2018	3,1 aB	3,2 aC	3,2 aB	3,1 C	0,39	0,39	0,39	0,22
Ver./2018	3,9 aAB	3,2 aC	3,5 aB	3,5 C	0,39	0,39	0,39	0,22
Out./2019	3,6 aB	3,7 aC	3,3 aB	3,5 C	0,39	0,39	0,39	0,22
Média	3,8 b	4,3 a	4,3 a		0,19	0,17	0,17	
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (%)								
Ver./2017	76,5 bC	77,5 bC	80,0 aD	78,0 C	1,22	0,94	0,94	0,60
Out./2018	76,2 bC	71,0 cD	80,3 aCD	75,8 D	0,94	0,94	0,94	0,55
Prim./2018	84,9 aA	85,7 aA	86,5 aA	85,7 A	0,94	0,94	0,94	0,55
Ver./2018	82,5 aB	81,7 aB	83,2 aB	82,4 B	0,94	0,94	0,94	0,55
Out./2019	82,1 aB	79,8 bB	82,3 aBC	81,4 B	0,94	0,94	0,94	0,55
Média	80,4 b	79,1 c	82,4 a		0,45	0,42	0,42	
Proteína bruta (%)								
Ver./2017	9,8	10,9	13,9	11,5	0,48	0,37	0,37	0,24
Out./2018	9,8	10,9	13,4	11,4	0,37	0,37	0,37	0,21
Prim./2018	9,8	11,5	12,9	11,4	0,37	0,37	0,37	0,21
Ver./2018	10,2	11,8	13,9	11,9	0,37	0,37	0,37	0,21
Out./2019	10,8	11,3	13,8	12,0	0,37	0,37	0,37	0,21
Média	10,1 c	11,3 b	13,6 a		0,18	0,17	0,17	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). EPM: erro padrão da média. $p_{\%MM}(\text{sistema} \times \text{estação}) = 0,0177$; $p_{\%MM}(\text{sistema}) < 0,0001$; $p_{\%MM}(\text{estação}) = 0,0001$. $p_{\%LIG}(\text{sistema} \times \text{estação}) = 0,0231$; $p_{\%LIG}(\text{sistema}) = 0,0671$, $p_{\%LIG}(\text{estação}) < 0,0001$. $p_{\%DivMO}(\text{sistema} \times \text{estação}) = 0,0011$; $p_{\%DivMO}(\text{sistema}) < 0,0001$; $p_{\%DivMO}(\text{estação}) < 0,0001$. $p_{\%PB}(\text{sistema} \times \text{estação}) = 0,5221$; $p_{\%PB}(\text{sistema}) < 0,0001$; $p_{\%PB}(\text{estação}) = 0,1515$.

Os teores de matéria mineral, obtidos no sistema sombreamento moderado foram semelhantes àqueles do sistema pleno sol (7,8%, em média), e menores do que os teores do sistema sombreamento intenso (8,2%) (Tabela 10).

De forma geral, o teor de lignina na forragem do pastejo simulado do sistema sombreamento moderado foi semelhante àquele do sistema sombreamento intenso (4,3%, em média), e maior que aquele do sistema pleno sol (3,8%) (Tabela 10). O maior teor de lignina foi obtido na estação de verão/2017 (5,9%), e os menores teores e semelhantes foram verificados nas estações de primavera/2018, verão/2018 e outono/2019 (3,4%, em média).

Maior teor de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, na forragem do pastejo simulado do capim-Massai, foi obtido para o sistema sombreamento intenso (82,4%), intermediário para o sistema pleno sol (80,4%) e menor para o sistema sombreamento moderado (79,1%). Entre as estações, maiores valores desta variável foram obtidos na primavera/2018 (85,7%, em média), e menores no outono/2018 (75,8%, em média) (Tabela 10).

Maiores valores de proteína bruta (Tabela 10) foram obtidos no sistema com o sombreamento intenso (13,6%), intermediários no sistema sombreamento moderado (11,3%) e menores no sistema pleno sol (10,1%).

Houve efeito de estação do ano para os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (%FDN; $p < 0,0001$) e de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA; $p < 0,0001$) na forragem do pastejo simulado do capim-Massai (Tabela 11).

Tabela 11. Teores médios de fibra insolúvel em detergente neutro e fibra insolúvel em detergente ácido na forragem do pastejo simulado do capim-Massai nas estações dos anos do período experimental.

Estação	%FDN	%FDA	EPM _{FDN}	EPM _{FDA}
Verão/2017	72,2 A	39,3 A	0,42	0,34
Outono/2018	71,8 A	40,0 A	0,38	0,30
Primavera/2018	70,4 B	36,0 D	0,38	0,30
Verão/2018	72,6 A	38,4 B	0,38	0,30
Outono/2019	68,6 C	37,3 C	0,38	0,30

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na mesma coluna, são diferentes entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). EPM: erro padrão da média. p_{FDN} e $p_{FDA} < 0,0001$.

Os maiores teores de FDN foram obtidos durante o verão/2017, outono/2018 e verão/2018 (72,2%, em média), e de FDA foram verificados no verão/2017 e outono/2018 (39,7%, em média, respectivamente) na forragem do pastejo simulado. Os menores teores de FDN e de FDA foram obtidos durante o outono/2019 e primavera/2018, respectivamente (68,6% e 36,0%, em média, respectivamente) (Tabela 11).

4.2.12 Taxas de lotação animal

As taxas de lotação animal instantânea (UA ha⁻¹ dia⁻¹) e média (UA ha⁻¹), foram influenciadas pelo mês de avaliação ($p < 0,0001$ e $p < 0,0001$, respectivamente), com interação entre sistema e mês de avaliação ($p = 0,0376$ e $p = 0,1050$, respectivamente) (Figuras 33 e 34, respectivamente).

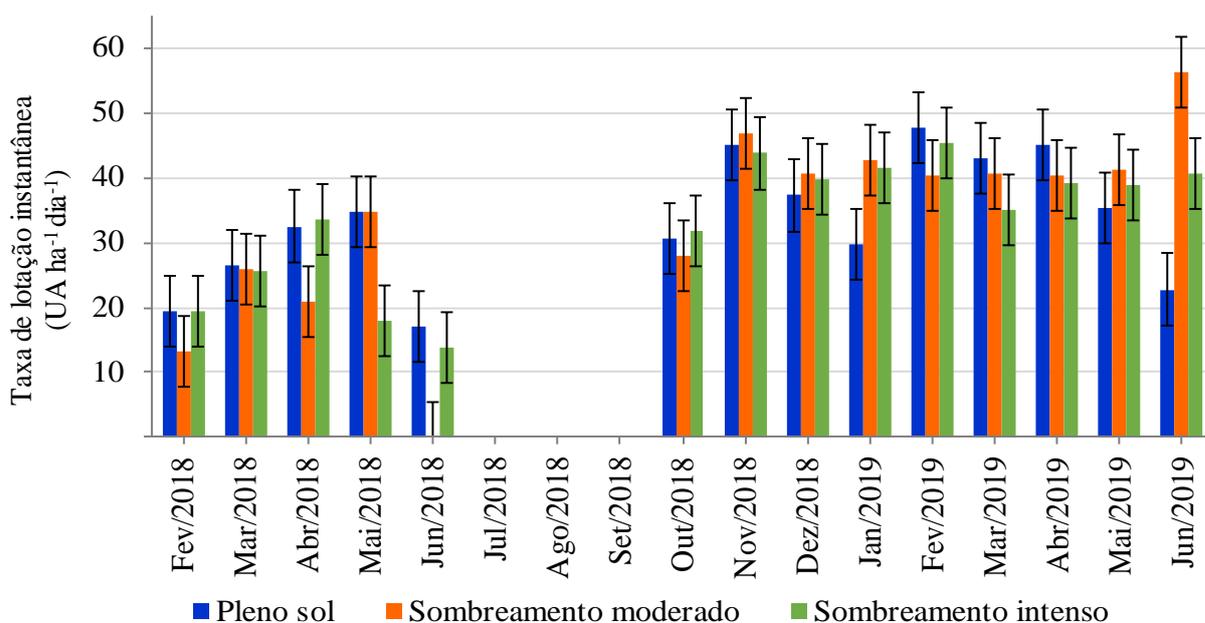


Figura 33. Taxa de lotação animal instantânea mensal nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p=0,0376$. $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}}=5,5$.

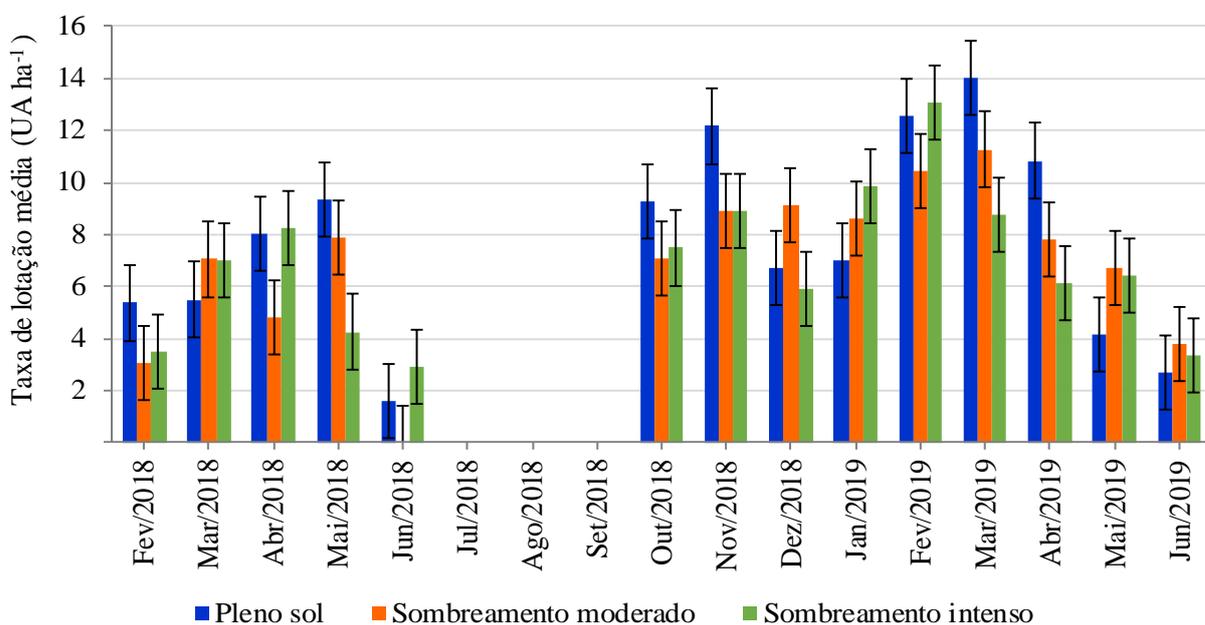


Figura 34. Taxa de lotação animal média mensal nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p=0,1050$. $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}}=1,4$.

A taxa de lotação animal instantânea mensal foi menor no primeiro (fevereiro a junho/2018; 22 UA ha⁻¹ dia⁻¹, em média) do que na segunda fase de avaliação (outubro/2018 a junho/2019; 40 UA ha⁻¹ dia⁻¹, em média), com valor máximo de 40 UA ha⁻¹ dia⁻¹ em maio/2018 (primeira fase de avaliação) nos sistemas pleno sol e sombreamento moderado, e de 56 UA ha⁻¹ dia⁻¹ em junho/2019 (segunda fase de avaliação) no sistema sombreamento moderado (Figura 33).

Em junho/2018 (início do fornecimento da silagem- transição pasto-silagem), foram verificados os menores valores das taxas de lotação instantânea ($10,3 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, em média) e média ($1,5 \text{ UA ha}^{-1}$, em média) nos três sistemas de produção (Figura 33 e 34).

Valores máximos para as taxas de lotação média foram obtidos em maio/2018 (9 UA ha^{-1}) durante a primeira fase de avaliação (fevereiro a junho/2018) e em março/2019 (14 UA ha^{-1}) na segunda fase (outubro/2018 a junho/2019), ambos para o sistema pleno sol (Figura 34). Já para os sistemas sombreamento moderado e intenso, as maiores taxas de lotação média e semelhantes ocorreram em março/2018 (7 UA ha^{-1} , em média), seguido pelas maiores taxas de lotação média em maio para o sistema sombreamento moderado (8 UA ha^{-1}), e em abril/2018 para o sistema sombreamento intenso (8 UA ha^{-1}), durante a primeira fase de avaliação (Figura 34).

As taxas de lotação animal instantânea e média foram influenciadas pela estação do ano ($p < 0,0001$) e pela interação entre sistema e estação do ano ($p = 0,0042$; $p = 0,0075$, respectivamente) (Figuras 35 e 36, respectivamente).

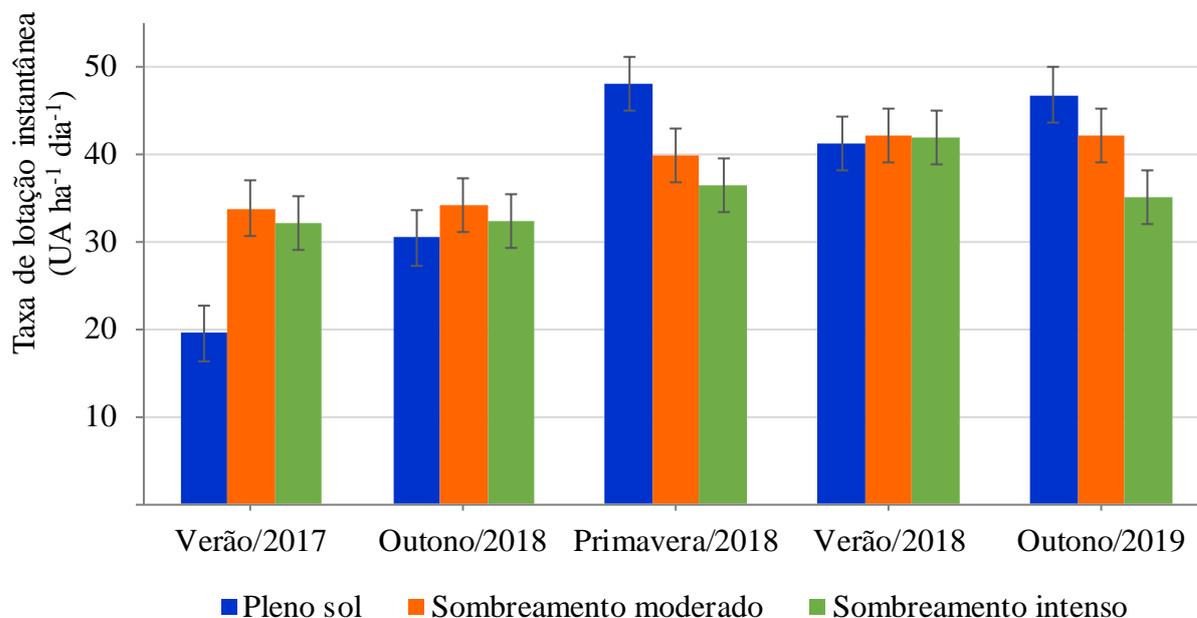


Figura 35. Taxa de lotação animal instantânea por estação do ano nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p = 0,0042$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 3,1$.

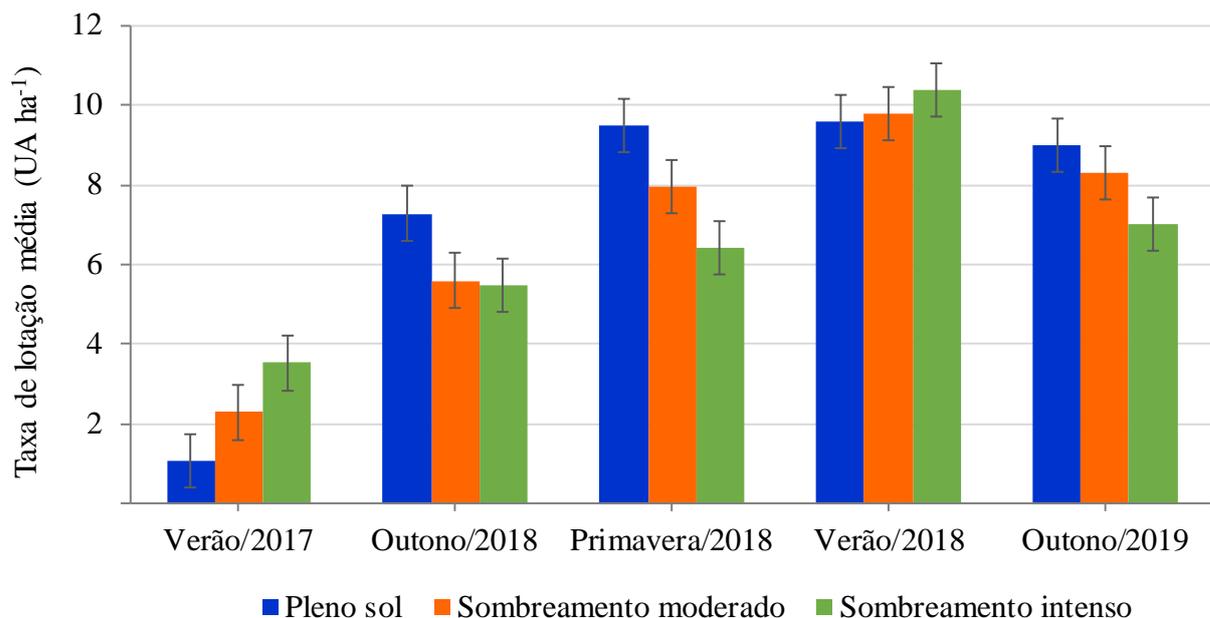


Figura 36. Taxa de lotação animal média por estação do ano nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p=0,0075$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}}=0,7$.

Maiores valores médios de taxa de lotação animal instantânea foram verificados nas estações de verão/2018 e outono/2019 ($42 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, em média), enquanto no outono/2018 e verão/2018, não houve diferença desta variável entre os sistemas, com média de $32 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no outono e de $42 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no verão/2018 (Figura 35). As taxas de lotação instantânea dos sistemas sombreados foram semelhantes ($33 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, em média) e maiores que aquela do sistema pleno sol ($20 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) durante o verão/2017. Durante a primavera/2018, também houve semelhança desta variável entre os sistemas sombreados ($38 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, em média), porém, menores que aquela do sistema pleno sol ($48 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Já no outono/2018, houve semelhança da taxa de lotação instantânea entre os três sistemas de produção ($32 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, em média), enquanto no outono/2019 o valor desta mesma variável no sistema sombreamento moderado foi intermediário ($42 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) entre os sistemas (valores de 47 e $35 \text{ UA ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para os sistemas pleno sol e sombreamento intenso, respectivamente).

As menores e as maiores taxas de lotação animal média foram obtidas durante o verão/2017 (2 UA ha^{-1} , em média) e o verão/2018 (8 UA ha^{-1} , em média), respectivamente (Figura 36).

Durante o verão/2017, a maior taxa de lotação média (Figura 36) foi obtida para o sistema sombreamento intenso (4 UA ha^{-1}) em relação ao sistema pleno sol (1 UA ha^{-1}), ambas semelhantes àquela do sistema sombreamento moderado (2 UA ha^{-1}). Enquanto no outono/2018, maior valor desta variável foi verificado para o sistema pleno sol (7 UA ha^{-1}) do que para ambos os sistemas sombreados que foram semelhantes entre si (6 UA ha^{-1} , em média). Já no outono/2018, primavera/2018 e outono/2019, maiores valores de taxa de lotação média foram obtidos no sistema pleno sol (7 ; 10 e 9 UA ha^{-1} , respectivamente) em relação ao sistema sombreamento intenso (5 ; 6 e 7 UA ha^{-1} , respectivamente), e foram semelhantes àqueles do sistema sombreamento moderado nas estações verão/2017, primavera/2018 e outono/2019 (2 ; 9 e 9 UA ha^{-1} , em média, respectivamente). Já no verão/2018, houve semelhança entre os sistemas (10 UA ha^{-1} , em média).

4.3 Componente Animal

4.3.1 Consumo de ração

O consumo de ração (silagem e concentrado) foi influenciado apenas pelo mês ($p=0,0015$), não houve efeito de sistema ($p=0,1143$) e de interação sistema e mês ($p=0,7749$) (Tabela 12).

Tabela 12. Consumo de ração mensal durante os meses de suplementação volumosa em 2018, durante o período experimental.

Mês	Consumo de ração (kg animal ⁻¹ dia ⁻¹ de MS)	EPM
Junho/2018	15,3 B	0,80
Julho/2018	13,2 C	0,80
Agosto/2018	17,3 A	0,80
Setembro/2018	18,1 A	0,80
Outubro/2018	17,0 AB	0,80

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p<0,10$). Erro padrão da média= EPM. $p=0,0015$.

Maiores valores de consumo de ração e semelhantes (17,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹ MS, em média) foram verificados nos meses de agosto, setembro e outubro/2018 (meses de transição pasto-silagem-pasto e adaptação do consumo), com valores semelhantes entre os meses de outubro/2018 e junho/2018 (16,2 kg animal⁻¹ dia⁻¹ MS). O menor consumo foi verificado em julho/2018, com média de 13,2 kg animal⁻¹ dia⁻¹ MS. (Tabela 12).

4.3.2 Produção de leite

Houve efeito de sistema ($p<0,0001$), estação do ano ($p<0,0001$) e interação entre sistema e estação do ano ($p<0,0001$) para a produção individual de leite (Tabela 13).

Tabela 13. Produção de leite (kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite, corrigida para 4% de gordura) de vacas por estações do ano nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
	kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹ de leite (corrigida para 4% de gordura)			
Verão/2017	15,0 bA	15,5 abA	15,9 aA	15,5 A
Outono/2018	12,9 bB	13,7 aB	13,9 aB	13,5 B
Inverno/2018	8,8 aD	9,4 aC	8,3 aC	8,8 D
Primavera/2018	11,4 aC	8,3 bD	8,5 bC	9,4 C
Verão/2018	11,0 aC	6,8 bE	6,7 bD	8,2 E
Média	11,8 a	10,7 b	10,7 b	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p<0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p<0,10$).

$p_{\text{sistema} \times \text{estação}}<0,0001$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}}=0,29$. $p_{\text{sistema}}<0,0001$; $EPM_{\text{sistema}}=0,131$. $p_{\text{estação}}<0,0001$; $EPM_{\text{estação}}=0,17$.

No verão/2017, maior produção individual de leite foi obtida no sistema sombreamento intenso do que no sistema pleno sol, ambas semelhantes àquela do sistema sombreamento moderado (15,5 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite, em média). Já no outono/2018, maiores produções individuais de leite e semelhantes foram obtidas em ambos os sistemas sombreados (13,5 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite, em média) do que no sistema pleno sol (12,9 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite), com diferença média de 0,9 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite entre os sistemas sombreados e o pleno sol. Enquanto no inverno/2018, houve semelhança entre os três sistemas para produção de leite (8,8 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite, em média). Já na primavera e verão/2018, maior produção individual de leite foi obtida no sistema pleno sol em relação aos sistemas sombreados que foram semelhantes entre si (Tabela 13).

A maior produção média individual de leite foi obtida durante o verão/2017 (15,5 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite), seguido por aquelas do outono, inverno, primavera e verão/2018, na qual foi registrado o menor valor entre estações (8,2 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite) (Tabela 13).

4.3.3 Contagem de células somáticas e composição química do leite

A contagem de células somáticas (CCS) do leite variou somente com a interação entre sistema e estação do ano ($p=0,031$) (Tabela 14).

Tabela 14. Contagem de células somáticas (x1000 CS mL⁻¹) por estação do ano nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

Estações	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média	EPM	EPM	EPM	EPM
					SPS	SSM	SSI	média
Contagem de células somáticas (x1000 CS mL ⁻¹)								
Outono/2018	46 aC	36 aB	102 aA	61 C	48,0	43,9	48,0	27,0
Inverno/2018	118 aBC	119 aAB	191 aA	143 B	53,7	48,0	53,7	30,0
Primavera/2018	226 aB	142 abA	55 bA	141 B	48,0	43,9	62,0	30,0
Verão/2018	398 aA	227 bA	155 bA	261 A	48,0	48,0	48,0	27,7
Média	197 a	131 b	126 b		24,8	23,0	26,6	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p<0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p<0,10$). EPM: erro padrão da média. $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,031$. $p_{\text{estação}} < 0,0001$. $p_{\text{sistema}} = 0,0890$.

Os valores médios da contagem de células somáticas (CCS) durante o período experimental foram menores nos sistemas sombreados (128.500 CS mL⁻¹, em média) em relação ao sistema pleno sol (197.000 CS mL⁻¹), e maior CCS foi obtida durante o verão/2018 (261.000 CS mL⁻¹) em relação às demais estações (Tabela 14). A CCS foi semelhante entre os três sistemas de produção durante o outono e inverno/2018 (102.000 CS mL⁻¹, em média), enquanto na primavera/2018 houve maior CCS para o sistema pleno sol (226.000 CS mL⁻¹) do que para o sombreamento intenso (55.000 CS mL⁻¹) e ambos foram semelhantes ao sistema sombreamento moderado (142.000 CS mL⁻¹) (Tabela 14). Já no verão/2018, a maior CCS foi verificada para o sistema pleno sol (398.000 CS mL⁻¹) em relação a ambos os sistemas sombreados que foram semelhantes entre si (191.000 CS mL⁻¹, em média).

Não houve efeito de sistema ($p_{\%G} = 0,2566$; $p_{\%EST} = 0,3199$; $p_{\%ESD} = 0,9972$), estação do ano ($p_{\%G} = 0,6978$; $p_{\%EST} = 0,6485$; $p_{\%ESD} = 0,9843$), e interação entre sistema e estação do ano ($p_{\%G} = 0,8854$; $p_{\%EST} = 0,7274$; $p_{\%ESD} = 0,3940$) para os teores de gordura, extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado (ESD). Foi verificado efeito apenas de estação do ano para os teores de proteína e lactose ($p_{\%proteína} = 0,0350$; $p_{\%lactose} = 0,0127$) (Tabela 15).

Tabela 15. Teores médios de proteína e lactose do leite de vacas manejadas nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e intenso, durante as estações do ano do período experimental.

Estação	Pleno Sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média	EPM _{SPS}	EPM _{SSM}	EPM _{SSI}	EPM _{média}
% Gordura								
Out/2018	4,68	4,30	4,33	4,43	0,353	0,353	0,353	0,204
Inver/2018	5,01	4,25	4,89	4,72	0,353	0,353	0,353	0,204
Prim/2018	4,69	4,53	5,01	4,74	0,353	0,353	0,353	0,204
Ver/2018	4,88	4,55	4,49	4,64	0,353	0,353	0,353	0,204
Média	4,81	4,41	4,68		0,176	0,176	0,176	
% Proteína								
Out/2018	3,69	3,56	3,75	3,67 B	0,181	0,181	0,181	0,105
Inver/2018	4,03	3,76	4,06	3,95 B	0,181	0,181	0,181	0,105
Prim/2018	3,86	4,18	4,02	4,02 A	0,181	0,181	0,181	0,105
Ver/2018	3,93	4,39	3,92	4,08 A	0,181	0,181	0,181	0,105
Média	3,88	3,97	3,94		0,091	0,091	0,091	
% Lactose								
Out/2018	4,59	4,48	4,53	4,53 A	0,149	0,149	0,149	0,086
Inver/2018	4,35	4,10	4,32	4,26 B	0,149	0,149	0,149	0,086
Prim/2018	4,35	4,25	4,17	4,26 B	0,149	0,149	0,149	0,086
Ver/2018	4,10	4,16	4,11	4,13 B	0,149	0,149	0,149	0,086
Média	4,35	4,25	4,28		0,091	0,091	0,091	
% Extrato seco total								
Out/2018	13,98	13,35	13,64	13,66	0,543	0,543	0,543	0,314
Inver/2018	14,67	13,15	14,30	14,04	0,543	0,543	0,543	0,314
Prim/2018	14,40	13,98	14,24	14,21	0,543	0,543	0,543	0,314
Ver/2018	13,96	14,20	13,56	13,91	0,543	0,543	0,543	0,314
Média	14,25	13,67	13,93		0,272	0,272	0,272	
% Extrato seco desengordurado								
Out/2018	9,30	9,05	9,31	9,22	0,270	0,270	0,270	0,156
Inver/2018	9,39	8,90	9,40	9,23	0,270	0,270	0,270	0,156
Prim/2018	9,21	9,45	9,23	9,30	0,270	0,270	0,270	0,156
Ver/2018	9,09	9,65	9,07	9,27	0,270	0,270	0,270	0,156
Média	9,25	9,26	9,26		0,135	0,135	0,135	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIF (p<0,10). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIF (p<0,10). EPM: erro padrão da média. $p\%G(\text{sistema} \times \text{estação})=0,8854$; $p\%G(\text{sistema})=0,2566$; $p\%G(\text{estação})=0,6698$. $p\%Proteína(\text{sistema} \times \text{estação})=0,2925$; $p\%Proteína(\text{sistema})=0,7493$, $p\%Proteína(\text{estação})=0,0350$. $p\%Lactose(\text{sistema} \times \text{estação})=0,9284$; $p\%Lactose(\text{sistema})=0,6075$; $p\%Lactose(\text{estação})=0,0127$. $p\%EST(\text{sistema} \times \text{estação})=0,7274$; $p\%EST(\text{sistema})=0,3199$; $p\%EST(\text{estação})=0,6485$. $p\%ESD(\text{sistema} \times \text{estação})=0,3940$; $p\%ESD(\text{sistema})=0,9972$; $p\%ESD(\text{estação})=0,9843$.

Como média geral das estações do ano durante o período experimental foram obtidos os teores de 4,63% de gordura, 9,26% de extrato seco desengordurado (ESD) e de 13,95% de extrato seco total (EST), os quais se enquadraram nos padrões estabelecidos pela Instrução Normativa N° 76 (BRASIL, 2018).

Os teores de proteína, nas estações de primavera/2018 e verão/2018, foram semelhantes e superiores (4,05%, em média) àqueles das estações do outono/2018 e inverno/2018 (3,81%, em média), enquanto os maiores teores de lactose foram verificados no outono/2018 (4,53%), e os menores teores de proteína e lactose foram verificados no inverno/2018 (Tabela 15). Os teores de lactose variaram de forma inversa em relação aos teores de proteína durante as estações de outono, primavera e verão/2018.

4.3.4 Desempenho animal por área e taxa de lotação animal adicional

Devido à falta de repetição de área por tratamento (conjunto de piquetes de cada sistema) e da inconstância do uso de animais pastejadores nos piquetes de cada sistema para ajustes da lotação animal, os resultados, de produção de leite (kg ha^{-1} período⁻¹) e de taxa de lotação animal adicional (UA ha^{-1}), respectivamente, são apresentados somente como médias (estatística descritiva) para os sistemas nas estações do ano (Tabela 16).

Tabela 16. Produção de leite total (kg ha^{-1} período⁻¹) e taxa de lotação animal adicional (UA ha^{-1}) nos sistemas, durante os períodos de seca e de chuvas.

Sistemas	Produção de leite	Taxa de lotação animal adicional
		Chuvas 2018*
Pleno sol	9.558	2,0
Sombreamento moderado	9.147	1,8
Sombreamento intenso	9.843	2,4
Seca 2018		
Pleno sol	10.491	N*
Sombreamento moderado	10.869	N*
Sombreamento intenso	10.133	N*
Chuvas 2018/2019*		
Pleno sol	8.241	3,7
Sombreamento moderado	4.498	4,0
Sombreamento intenso	5.643	3,2

Corrigido para 180 dias. N= não houve lotação adicional. Chuvas 2018: 03/02/2018 a 01/06/2018; Seca 2018: 16/06/2018 a 11/10/2018; Chuvas 2018/2019: 19/10/2018 a 28/03/2019.

No período de chuvas/2018, foi possível observar que numericamente o sistema sombreamento intenso foi superior ao pleno sol no qual os animais tiveram restrição a sombra, com acréscimo de até $0,4 \text{ UA ha}^{-1}$ e $285 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de leite a mais que o sistema pleno sol e $0,6 \text{ UA ha}^{-1}$ e $696 \text{ kg ha}^{-1} \text{ período}^{-1}$ de leite a mais que o sistema sombreamento moderado (Tabela 16).

No período de seca/2018, o sistema que obteve destaque foi o sistema sombreamento moderado, com produção de $736 \text{ kg ha}^{-1} \text{ período}^{-1}$ de leite a mais que a produção do sistema sombreamento intenso e $378 \text{ kg ha}^{-1} \text{ período}^{-1}$ de leite a mais que o sistema pleno sol. Somado a isso no período de seca/2018 não houve acréscimo na lotação, devido à menor oferta de forragem no pasto.

No período de chuvas 2018/2019, foi observado que o sistema sombreamento moderado apresentou menor produção de leite e maior taxa de lotação ao ser comparado numericamente aos sistemas pleno sol e sombreamento intenso (diferenças de $3.743 \text{ kg ha}^{-1} \text{ período}^{-1}$ e $1.145 \text{ kg ha}^{-1} \text{ período}^{-1}$, e de $0,3 \text{ UA ha}^{-1}$ e $0,8 \text{ UA ha}^{-1}$, respectivamente) (Tabela 16).

4.3.5 Comportamento animal

Os efeitos de sistema (pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso), período (chuvas, transição e seca) e turno (manhã e tarde) sobre as variáveis de comportamento animal: localização (sol ou sombra), postura (em pé ou deitado) e atividade

(pastejo, ruminação, ócio, deslocamento, visita ao bebedouro, visita ao cocho de silagem e visita ao cocho sal) diurnos foram avaliados para os efeitos (*p-value*) simples (sistema, período e turno) e de interação (sistema x período; sistema x turno; período x turno e sistema x período x turno) (Tabela 17).

Tabela 17. Valores dos efeitos (*p-value*) de sistema, período, turno e de suas interações sobre as variáveis de comportamento diurno de vacas.

Variável	Sistema	Período	Turno	Sistema x Período	Sistema x Turno	Período x Turno	Sistema x Período x Turno
Localização							
Sol	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0052	0,0014	0,1781	0,0001
Sombra	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0052	0,0014	0,1776	0,0001
Posição							
Em pé	0,0018	<0,0001	<0,0001	0,0077	0,0031	0,0022	0,0123
Deitado	0,0011	<0,0001	<0,0001	0,0116	0,0029	0,0015	0,0280
Atividade							
Pastejo	0,0043	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0066	<0,0001	0,0893
Ruminação	0,0980	<0,0001	0,1018	0,6125	0,0043	0,2319	0,0588
Ócio	0,0154	<0,0001	<0,0001	0,0304	0,5940	0,0159	0,2029
Deslocamento	0,0139	0,0021	0,7786	0,1882	0,9725	0,0006	0,0203
Visita ao bebedouro	<0,0001	0,3240	0,7129	0,0250	0,0514	0,0049	0,0049
Visita ao cocho de silagem	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0110	<0,0001	0,2222
Visita ao cocho de sal	0,1381	0,0545	0,9045	0,1066	0,5818	0,8097	0,9641

Valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de 10 % de probabilidade de erro.

Frequência de vacas à sombra

Maiores frequências de vacas à sombra foram verificadas nos períodos de chuvas e de seca (50,8%, em média) do que no período de transição (38,8%) (Tabela 18).

Tabela 18. Frequência de vacas à sombra (%) nos turnos da manhã e tarde durante os períodos de chuvas, transição e seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Turno	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Período de chuvas				
Manhã	21,7 b A	73,8 aA	77,9 aA	57,8 a' A'
Tarde	18,8 bA	59,3 aB	55,0 aB	44,4 a' B'
Média	20,2 b'' A''	66,5 a'' A''	66,5 a'' B''	51,1 A'''
Período de transição				
Manhã	18,0 cA	65,8 aA	53,0 bA	45,6 b' A'
Tarde	13,9 cA	35,7 bB	46,3 aA	32,0 c' B'
Média	15,9 c'' A''	50,7 a'' C''	49,7 b'' C''	38,8 B'''
Período de seca				
Manhã	34,4 bA	76,9 aA	71,8 aA	61,0 a' A'
Tarde	2,6 cB	42,4 bB	74,7 aA	39,9 b' B'
Média	18,5 c'' A''	59,7 b'' B''	73,2 a'' A''	50,5 A'''

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de mesmo turno na mesma linha de diferentes períodos seguidas de letra minúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de turno no mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de sistema mesma linha seguidas de letra minúscula acrescidas de ('') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de sistemana mesma coluna seguidas de letra maiúscula e acrescidas de ('') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (''') não diferem entre si ($p < 0,10$). $p_{sistema \times período \times turno} = 0,001$; $EPM_{sistema \times período \times turno} = 4,00$. $p_{sistema \times período} = 0,0052$; $EPM_{sistema \times período} = 2,83$. $p_{sistema \times turno} = 0,0014$; $EPM_{sistema \times turno} = 2,31$. $p_{período} < 0,0001$; $EPM_{período} = 1,63$.

Durante o período de chuvas, as vacas de ambos os sistemas sombreados buscaram por sombra em maior frequência (66,5%, em média) do que as vacas do sistema pleno sol (15,9%) (Tabela 18). Neste mesmo período, em ambos os sistemas sombreados, maior preferência de busca por sombra ocorreu no turno da manhã do que à tarde, enquanto que no sistema pleno sol não houve diferença desta frequência entre turnos. Já no período de transição, a maior frequência de vacas à sombra foi verificada no sistema sombreamento moderado (50,7%) do que nos sistemas sombreamento intenso (49,7%) e sistema pleno sol (15,9%), porém ambas as frequências dos sistemas sombreados foram maiores do que aquela do sistema pleno sol. Ainda no período de transição, somente houve maior frequência de vacas à sombra durante o período da manhã no sistema sombreamento moderado, enquanto que nos sistemas pleno sol e sombreamento intenso, houve semelhança destas frequências entre os turnos da manhã e tarde. No período de seca, a maior frequência de busca à sombra pelas vacas foi verificada no sistema sombreamento intenso (73,2%), intermediária no sistema sombreamento moderado (59,7%) e menor no sistema pleno sol (18,5%). Neste mesmo período, maior frequência da busca por sombra pelas vacas ocorreu no período da manhã para os sistemas pleno sol e

sombreamento moderado, enquanto que, para o sistema sombreamento intenso não houve diferença entre turnos.

Em todos os três períodos, houve maior frequência da procura por sombra pelas vacas no turno da manhã do que à tarde. Maiores frequências de vacas à sombra também ocorreram nos períodos de chuvas e de seca (50,8%, em média) do que no período de transição (38,8%). No turno da manhã, houve maior procura por sombra durante os períodos de chuvas e de seca (59,4%, em média) do que naquele de transição (45,6%); enquanto que, no turno da tarde, as vacas frequentaram mais a sombra no período de chuvas (44,4%) do que nos períodos de seca (39,9%) e de transição (32,0%).

A frequência de busca por sombra pelas vacas do sistema pleno sol foi similar entre os três períodos avaliados (18,2%, em média); maior durante o período de chuvas (66,5%), intermediária no período de seca (59,7%) e menor no período de transição (50,7%) para as vacas do sistema sombreamento moderado; maior durante o período de seca (73,2%), intermediária no período de chuvas (66,5%) e, menor, no período de transição (49,7%) para as vacas do sistema sombreamento intenso.

A variação da frequência de busca por sombra em função do intervalo de observação (entre 06h 00 e 18h 00) para os sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso também foi avaliada durante os períodos de chuvas, transição e seca (Figuras 37, 38 e 39, respectivamente). Esta frequência foi influenciada pela interação entre horas de observação e sistema ($P < 0,0001$), com maior variação da frequência de vacas à sombra nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso em função do manejo da ordenha durante os períodos de chuvas e de transição (nos intervalos entre 06h 30 e 07h 30 e entre 14h 00 e 15h 30), como também no intervalo de 06h 30 às 08h 00 durante o período de seca (Figura 37).

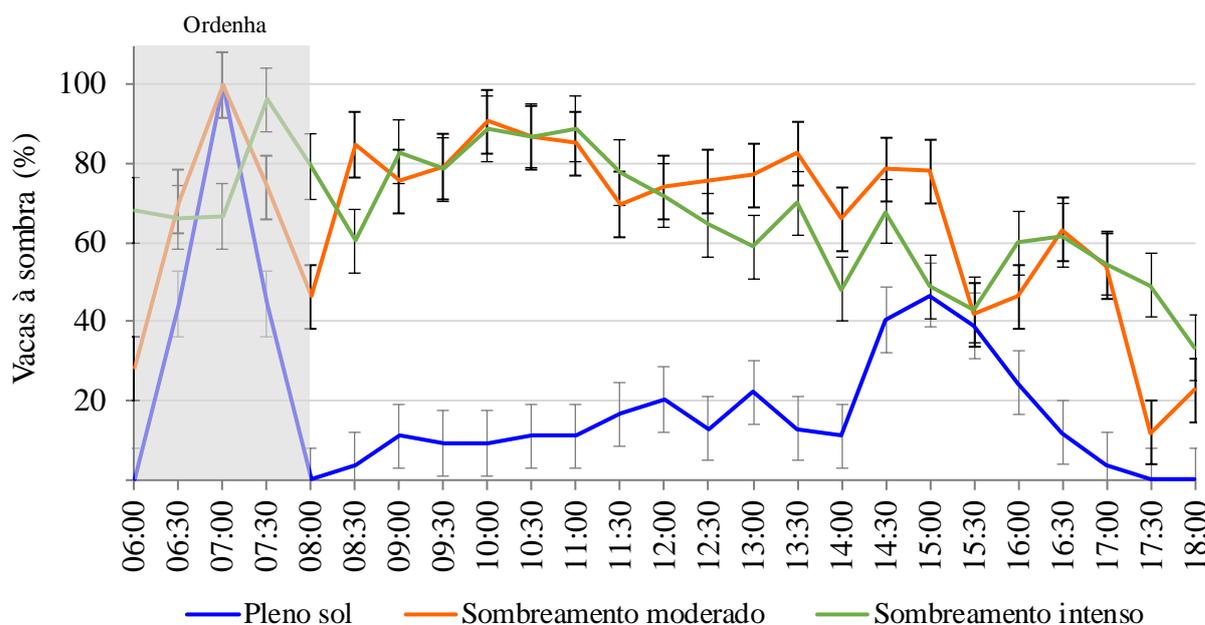


Figura 37. Frequência de vacas à sombra no período de chuvas nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p < 0,0001$; EPM= 8,2.

Durante o período de chuvas, às 8h 00, a maior parte das vacas do sistema com sombreamento intenso (79%) buscaram a sombra, enquanto que, no sistema sombreamento

moderado a maior parte das vacas (64%) permaneceram no sol (Figura 37). Já às 08h 30, maior parte das vacas do sistema sombreamento moderado (85%) buscaram a sombra, enquanto que as vacas do sistema sombreamento intenso reduziram a frequência de busca por sombra para 60%. Nos intervalos entre 09h 00 e 12h 30, e entre 16h 00 e 17h 00, e nos horários de 13h 30 às 18h 00, houve comportamento semelhante das vacas de ambos os sistemas sombreados, com maior busca por sombra pela maioria das vacas.

No período de transição (Figura 38), nos intervalos entre 08h 00 e 09h 00, as vacas do sombreamento moderado realizaram tentativas de permanecer na sombra em uma frequência maior que as vacas do sistema sombreamento intenso com maior valor registrado às 09h 00 de 94% das vacas nesta localização. No intervalo de 10h 00 e 12h 30, a frequência de busca por sombra foi semelhante para as vacas dos sistemas sombreamento moderado e intenso, com variação entre 28 a 72%.

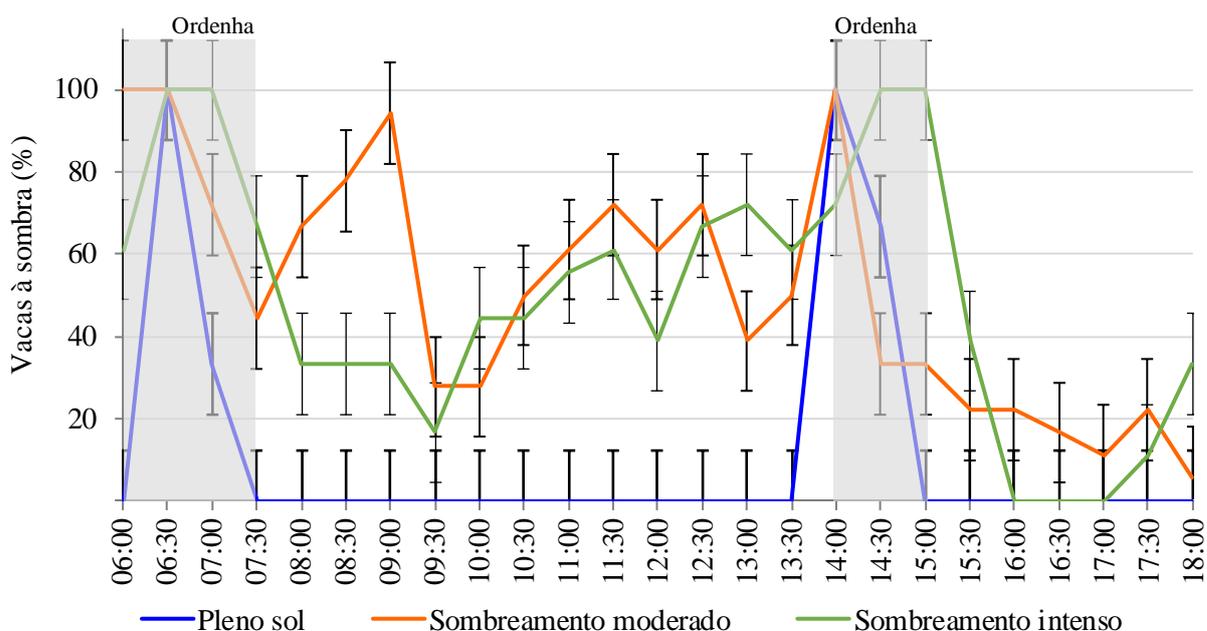


Figura 38. Frequência de vacas à sombra no período de transição em sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p < 0,0001$; EPM= 12,3.

Durante o período de seca, no intervalo entre 08h 30 e 14h 00, foi registrado alta frequência de vacas à sombra no sistema sombreamento moderado, com frequência mínima de 58% (08h 30) e máxima de 100% (10h 30 e 12h 00) (Figura 39). Neste mesmo intervalo, vacas do sistema sombreamento intenso realizaram tentativas de frequentar ambientes sem sombra, mas retornaram à sombra. No intervalo entre 10h 00 e 14h 00, as vacas do sistema sombreamento intenso permaneceram em frequência na sombra de 83% às 10h 30 e 58% às 14h 00.

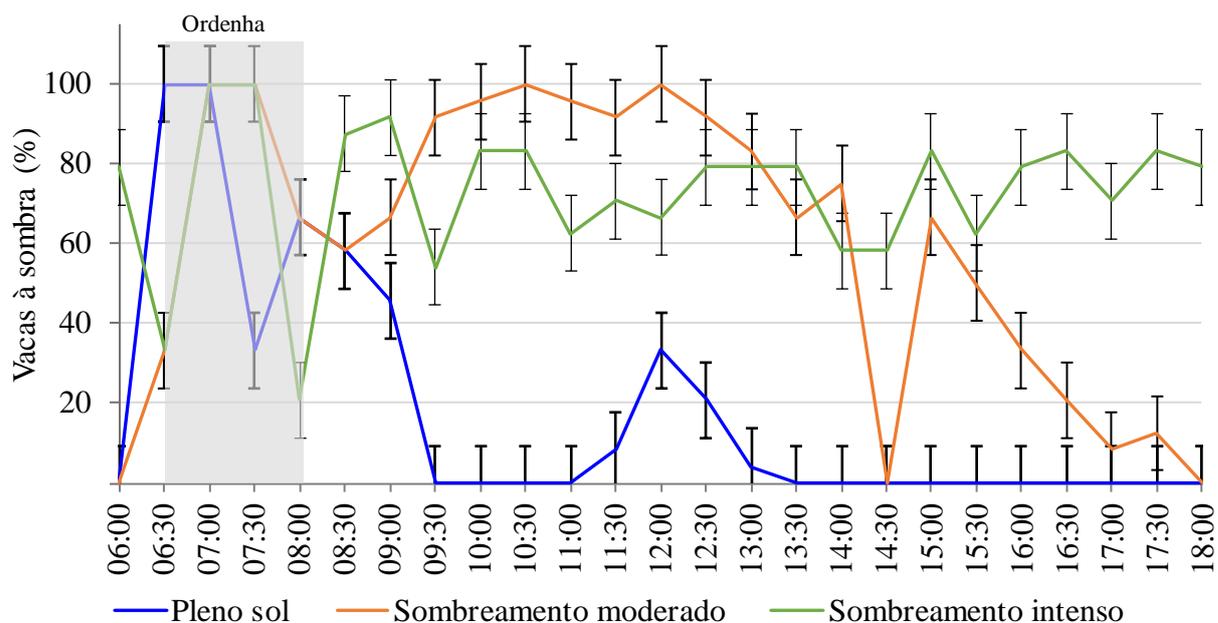


Figura 39. Frequência de vacas à sombra no período de seca em sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p < 0,0001$; EPM= 8,6.

Frequência de vacas em pé

A frequência de vacas em pé foi influenciada pela interação entre sistema, período e turno ($p_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 0,0123$), na Tabela 19 estão registradas as médias da frequência de vacas em pé nos turnos da manhã e tarde durante os períodos de chuvas, transição e seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Tabela 19. Frequência de vacas em pé (%) nos turnos da manhã e tarde durante os períodos de chuvas, transição e seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Turno	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Período de chuvas				
Manhã	85,2 aA	78,2 bA	81,1 aA	81,5 a' A'
Tarde	87,8 aA	80,3 bA	86,7 aA	84,9 a' A'
Média	86,5 a'' A''	79,2 b'' A''	83,9 ab'' A''	83,2 A'''
Período de transição				
Manhã	67,6 bB	63,3 bB	74,4 aA	68,4 b' B'
Tarde	82,4 abA	87,5 aA	79,6 bA	83,2 a' A'
Média	75,0 a'' C''	75,4 a'' AB''	77,0 a'' A''	75,8 B'''
Período de seca				
Manhã	80,4 aA	60,6 bB	66,7 bA	69,2 b' B'
Tarde	80,2 aA	79,5 aA	71,5 bA	77,1 b' A'
Média	80,3 a'' B''	70,1 b'' B''	69,1 b'' B''	73,2 C'''

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de mesmo turno na mesma linha de diferentes períodos seguidas de letra minúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de turno no mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de sistema na mesma linha seguidas de letra minúscula acrescidas de ('') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de sistema na mesma coluna seguidas de letra maiúscula e acrescidas de ('') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (''') não diferem entre si ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 0,0123$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 2,59$. $p_{\text{sistema} \times \text{período}} = 0,0077$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período}} = 1,83$. $p_{\text{sistema} \times \text{turno}} = 0,0031$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{turno}} = 1,50$. $p_{\text{período}} < 0,0001$; $EPM_{\text{período}} = 1,06$.

Maior frequência de vacas em pé foi verificada durante o período de chuvas (83,2%) do que no de transição (75,8%) e de seca (73,2%), bem como à tarde (80,1%, em média) do que pela manhã (68,8%, em média) durante os períodos de transição e de seca (Tabela 19). Durante o período de chuvas não houve diferença desta variável entre turnos (83,2%, em média), porém as vacas do sistema sombreamento moderado permaneceram menos em pé do que aquelas dos sistemas pleno sol e sombreamento intenso em ambos os turnos. Durante o período de transição, as vacas do sistema sombreamento intenso apresentaram maior frequência em pé do que aquelas dos sistemas pleno sol e sombreamento moderado pela manhã, enquanto no período da tarde, deste mesmo período, as vacas do sistema sombreamento moderado apresentaram maior frequência em pé do que aquelas do sistema sombreamento intenso, e semelhante àquelas do sistema pleno sol. Já no período de seca, houve maior frequência de vacas em no sistema pleno sol do que nos demais sistemas pela manhã, e nos sistemas pleno sol e sombreamento moderado do que no sistema sombreamento intenso no turno da tarde. No sistema pleno sol, maior frequência de vacas em pé ocorreu durante o período de chuvas, intermediária naquele de seca e menor durante o período de transição. Já no sistema sombreamento moderado maior frequência de vacas em pé ocorreu no durante o período de chuvas e menor no período de seca, com frequência similar a ambos durante o período de transição. Enquanto no sistema sombreamento intenso a maior

frequência de vacas em pé ocorreu durante os períodos de chuvas e de transição (80,4%, em média) do que naquele de seca (69,1%).

Houve interação entre sistema e horário do dia para a frequência de vacas em pé nos períodos de transição ($p_{\text{sistema} \times \text{horário}} < 0,0001$; Figura 40) e de seca ($p_{\text{sistema} \times \text{horário}} < 0,0001$; Figura 41).

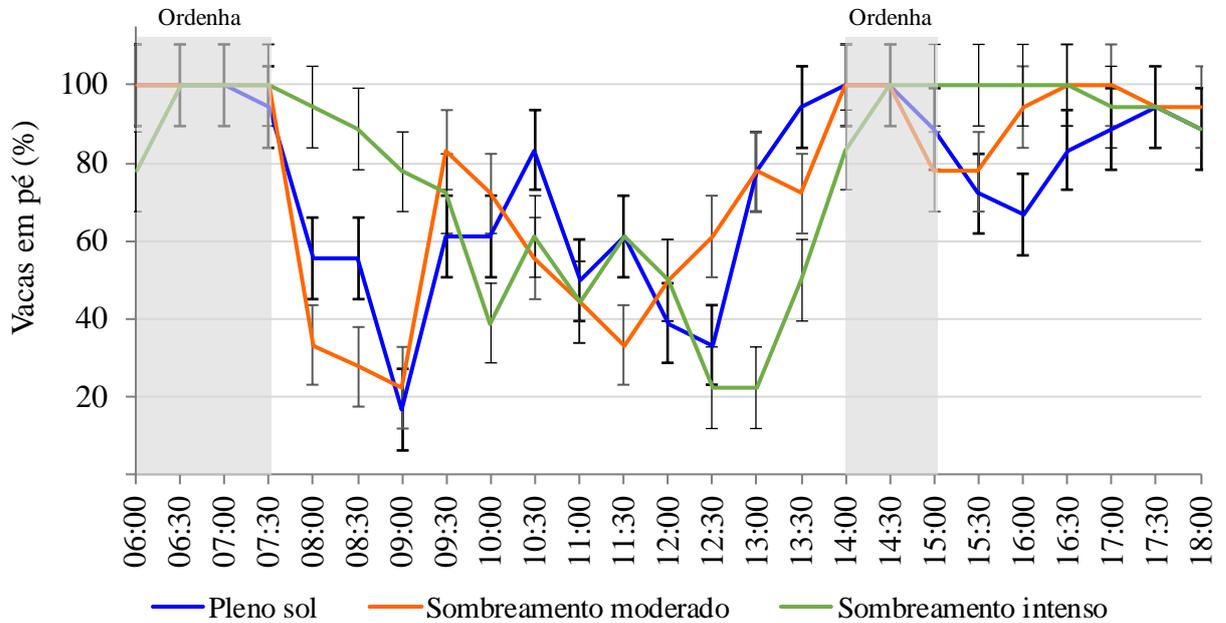


Figura 40. Frequência de vacas em pé durante o período de transição nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p < 0,0001$; EPM= 10,4.

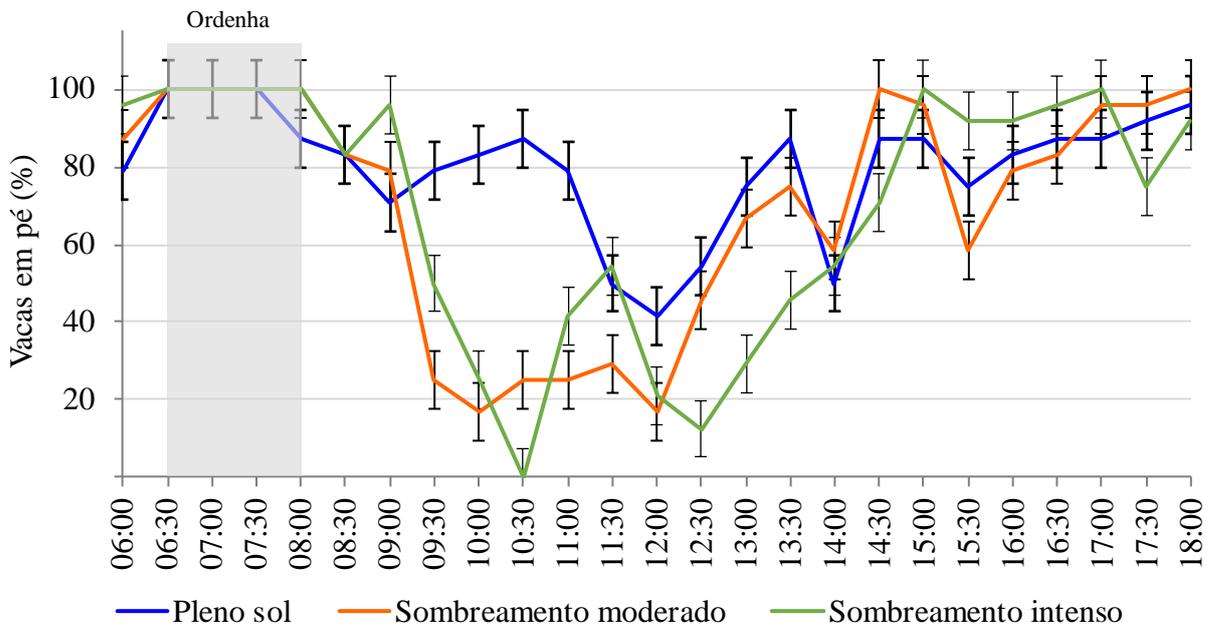


Figura 41. Frequência de vacas em pé durante o período de seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p < 0,0001$; EPM= 7,4.

No intervalo das 08h 00 às 8h 30, e às 11h 30, durante o período de transição, houve menor frequência de vacas em pé no sistema sombreamento moderado do que nos sistemas sombreamento intenso e pleno sol (Figura 40). Às 09h 30, foi registrada uma alta frequência (83%) de vacas em pé no sistema sombreamento moderado, enquanto no intervalo das 10h 00 às 11h 30, esta frequência reduziu de 72% para 33% neste mesmo sistema. A partir de 12h 00, houve retorno à preferência pela posição em pé das vacas do sistema sombreamento moderado, com frequência semelhante àquelas do sistema pleno sol e do sistema sombreamento intenso. Às 13h 00, a frequência de vacas do sistema sombreamento moderado foi semelhante àquela das vacas do sistema pleno sol. Das 16h 30 às 17h 00, 100% das vacas do sistema sombreamento moderado permaneceram em pé, com semelhança àquelas do sistema sombreamento intenso, e com maior frequência do que as vacas do sistema pleno sol (Figura 40).

Durante o período de seca, a frequência das vacas em pé foi maior para as vacas do sistema pleno sol do que aqueles dos outros dois sistemas, com mínimo de 50% e máximo de 100% durante os horários de avaliação (Figura 41). No intervalo das 09h 30 às 12h 00, houve baixa frequência em pé para as vacas do sistema sombreamento moderado (variação de 17% a 25%). A partir de 12h 30, houve aumento da frequência de vacas em pé no sistema sombreamento moderado (Figura 41).

Frequência de vacas em pastejo

A frequência de vacas em pastejo variou em função do sistema, período e turno ($p_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}}=0,0893$), além da interação entre estes três fatores de tratamento (Tabela 20).

Tabela 20. Frequência de vacas em pastejo (%) nos turnos da manhã e tarde, durante os períodos de chuvas, transição e seca, nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso.

Turno	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Período de chuvas				
Manhã	10,3 cB	23,7 bB	31,0 aB	21,7 a' B'
Tarde	41,3 bA	45,7 abA	48,9 aA	45,3 a' A'
Média	25,8 c'' A''	34,7 b'' A''	39,9 a'' A''	33,5 A'''
Período de transição				
Manhã	6,4 aA	4,3 aB	6,0 aA	5,5 b' A'
Tarde	6,0 aA	9,7 aA	4,6 aA	6,8 b' A'
Média	6,2 a'' B''	7,0 a'' B''	5,3 a'' B''	6,2 B'''
Período de seca				
Manhã	1,0 aA	1,0 aA	1,6 aA	1,2 b' A'
Tarde	5,8 aA	4,5 abA	0,0 bA	3,4 c' A'
Média	3,4 a'' B''	2,7 a'' C''	0,8 a'' C''	2,3 C'''

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p<0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de mesmo turno na mesma linha de diferentes períodos seguidas de letra minúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de turno no mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de sistema na mesma linha seguidas de letra minúscula acrescidas de ('') não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de sistema na mesma coluna seguidas de letra maiúscula e acrescidas de ('') não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de mesmo período seguidas de

letra maiúscula acrescidas de (") não diferem entre si ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 0,0893$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 1,80$, exceto para $EPM_{\text{SPS} \times \text{chuvas} \times \text{manhã}} = 2,21$. $p_{\text{sistema} \times \text{período}} < 0,0001$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período}} = 1,27$, exceto para $EPM_{\text{SPS} \times \text{chuvas}} = 1,42$. $p_{\text{sistema} \times \text{turno}} = 0,0066$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{turno}} = 1,04$, exceto $EPM_{\text{SPS} \times \text{manhã}} = 1,12$. $p_{\text{período}} < 0,0001$; $EPM_{\text{período}} = 0,74$, exceto para $EPM_{\text{chuvas}} = 0,77$.

Maior frequência de pastejo foi verificada durante o período de chuvas (33,5%), seguida por aquelas dos períodos de transição (6,2%) e de seca (2,3%), e o turno de maior frequência em pastejo foi observado à tarde (45,3%) comparado ao turno da manhã (21,7%), durante o período de chuvas (Tabela 20). Durante os períodos de transição e de seca, não houve diferença entre turnos. No período de chuvas, foi verificada maior frequência de vacas em pastejo de manhã e à tarde no sistema sombreamento intenso, intermediária no sistema sombreamento moderado e menor no sistema pleno sol, com semelhança entre ambos os sistemas sombreados à tarde. Já no período de transição, não houve diferença de frequência de vacas em pastejo entre turnos e sistemas, enquanto no período de seca, somente houve diferença entre sistemas à tarde, com maior frequência no sistema pleno sol, nenhuma no sombreamento intenso e semelhança no sombreamento moderado. Maior frequência de pastejo foi verificada durante o período de chuvas, intermediária durante o período de transição e menor naquele de seca para ambos os sistemas sombreados, enquanto para o sistema pleno sol, maior frequência também foi verificada durante o período de chuvas e menores e semelhantes naqueles intermediários e de seca.

Durante o período de chuvas, houve interação entre sistema e horário de observação para atividade de pastejo ($p = 0,0203$) (Figura 42).

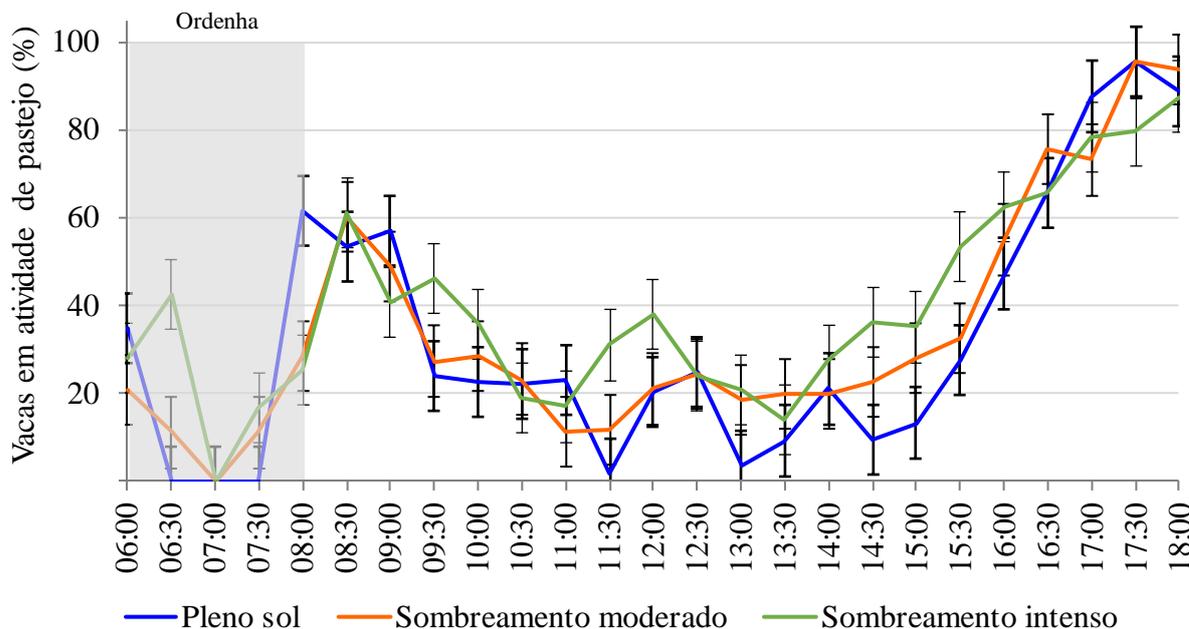


Figura 42. Vacas leiteiras em atividade de pastejo durante o período de chuvas nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p = 0,0203$; $EPM = 7,6$.

Durante o período de chuvas, nos intervalos das 08h 30 às 09h 00, das 10h 00 às 11h 00 e das 12h 00 às 18h 00 a frequência de pastejo não variou entre sistemas (Figura 42). Às 08h 00, houve semelhança das maiores frequências de pastejo entre os sistemas sombreamento moderado e intenso (28%, em média), e menor no sistema pleno sol (62%). Já às 09h 30, as vacas dos sistemas sombreamento moderado e pleno sol optaram por realizar a

atividade de pastejo em menor frequência (26%, em média), e em maior para aquelas do sistema sombreamento intenso (46%). Às 11h 30, as vacas dos sistemas sombreamento moderado (12%) e pleno sol (7%), realizaram menor atividade de pastejo do que aquelas do sistema sombreamento intenso (31%) (Figura 42). No intervalo das 14h 00 às 16h 00, não houve atividade de pastejo durante as estações de verão/2017 e primavera/2018 porque neste intervalo foi realizado o manejo da ordenha da tarde. Enquanto no verão/2018, não houve ordenha no período da tarde e, conseqüentemente, as vacas realizaram o pastejo sob frequência que variou de 20 a 63%.

Frequência de vacas em ruminação

A frequência de vacas na atividade de ruminação foi influenciada pelo sistema, período e turno, bem como por suas interações (Tabela 21), exceto por aquela entre sistema e período ($p_{\text{sistema} \times \text{período}}=0,6125$).

Tabela 21. Frequência de vacas (%) em ruminação nos turnos da manhã e tarde durante os períodos de chuvas, transição e seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Turno	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Período de chuvas				
Manhã	14,8 aA	19,8 aA	17,7 aA	17,4 b' A'
Tarde	13,9 aA	18,5 aA	17,1 aA	16,5 b' A'
Média	14,4 b'' B''	19,2 a'' B''	17,4 ab'' B''	17,0 B'''
Período de transição				
Manhã	21,4 abA	25,2 aA	16,2 bA	20,9 ab' A'
Tarde	13,9 aB	15,7 aB	20,9 aA	16,8 b' B'
Média	17,6 a'' B''	20,5 a'' AB''	18,6 a'' AB''	18,9 B'''
Período de seca				
Manhã	21,3 bA	27,6 aA	20,2 bA	23,0 a' A'
Tarde	25,2 aA	19,8 aB	23,9 aA	23,0 a' A'
Média	23,3 a'' A''	23,7 a'' A''	22,1 a'' A''	23,0 A'''

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p<0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de mesmo turno na mesma linha de diferentes períodos seguidas de letra minúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de turno no mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de sistema na mesma linha seguidas de letra minúscula acrescidas de ('') não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de sistema na mesma coluna seguidas de letra maiúscula e acrescidas de ('') não diferem entre si ($p<0,10$). Médias de mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (''') não diferem entre si ($p<0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}}=0,0588$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}}=2,13$. $p_{\text{sistema} \times \text{período}}=0,6125$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período}}=1,51$. $p_{\text{sistema} \times \text{turno}}=0,0043$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{turno}}=1,23$. $p_{\text{período}}<0,0001$; $EPM_{\text{período}}=0,87$.

Maior frequência de vacas na atividade de ruminação ocorreu durante o período de seca (23,0%) do que nos períodos de chuvas e de transição (17,9%, em média) (Tabela 21). No período de chuvas, não houve diferença entre sistemas nos turnos da manhã e da tarde, porém, as vacas do sistema sombreamento moderado apresentaram maior frequência média de ruminação (19,2%) do que aquelas do sistema pleno sol (14,4%), e estas frequências de ambos os sistemas foram semelhantes àquela do sistema sombreamento intenso (17,4%),

quando considerados os resultados de ambos os turnos. Já no período de transição, somente houve diferença entre sistemas de produção durante o turno da manhã, com maior frequência no sistema sombreamento moderado (25,2%) do que no sistema sombreamento intenso (16,2%), e ambas foram semelhantes àquela do sistema pleno sol (21,4%); enquanto no turno da tarde não houve diferença entre sistemas (16,8%, em média). Durante o período de seca, maior frequência de ruminação foi verificada para vacas do sistema sombreamento moderado (27,6%) do que para os sistemas pleno sol e sombreamento intenso (20,7%, em média). No sistema pleno sol, maior atividade de ruminação foi verificada durante o período de seca (23,3%) do que nos períodos de chuvas e de transição (16%, em média), enquanto nos sistemas sombreamento moderado e intenso maior frequência de ruminação também ocorreu durante o período de seca (23,7 e 22,1%, respectivamente) do que nos períodos de chuvas (19,2 e 17,4%, respectivamente), porém foram similares aquelas do período de transição (20,5 e 18,6%, respectivamente). Maior frequência de ruminação ocorreu no turno da manhã (20,9%) do que à tarde (16,8%) durante o período de transição, porém não houve diferença entre turnos durante os períodos de chuvas e de seca (17 e 23%, em média, respectivamente).

A frequência de vacas em ruminação foi influenciada pela interação entre sistema e horário de observação durante os períodos de transição ($P<0,0001$) e de seca ($P<0,0001$) (Figuras 43 e 44).

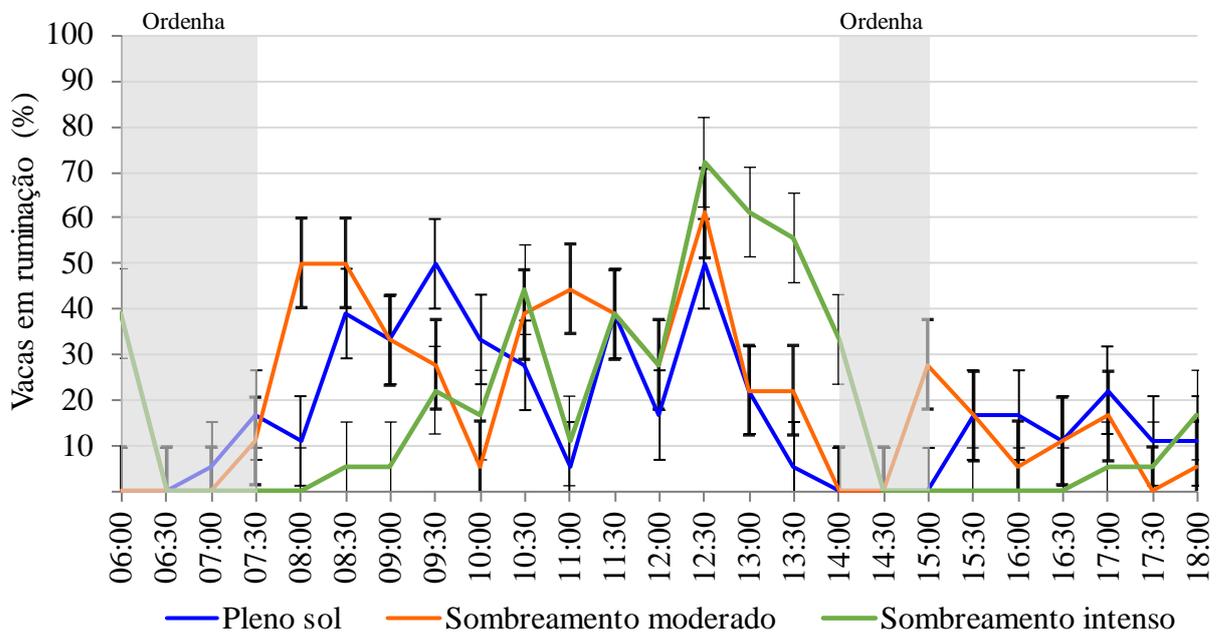


Figura 43. Frequência de vacas em ruminação durante o período de transição nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p<0,0001$; EPM= 9,8.

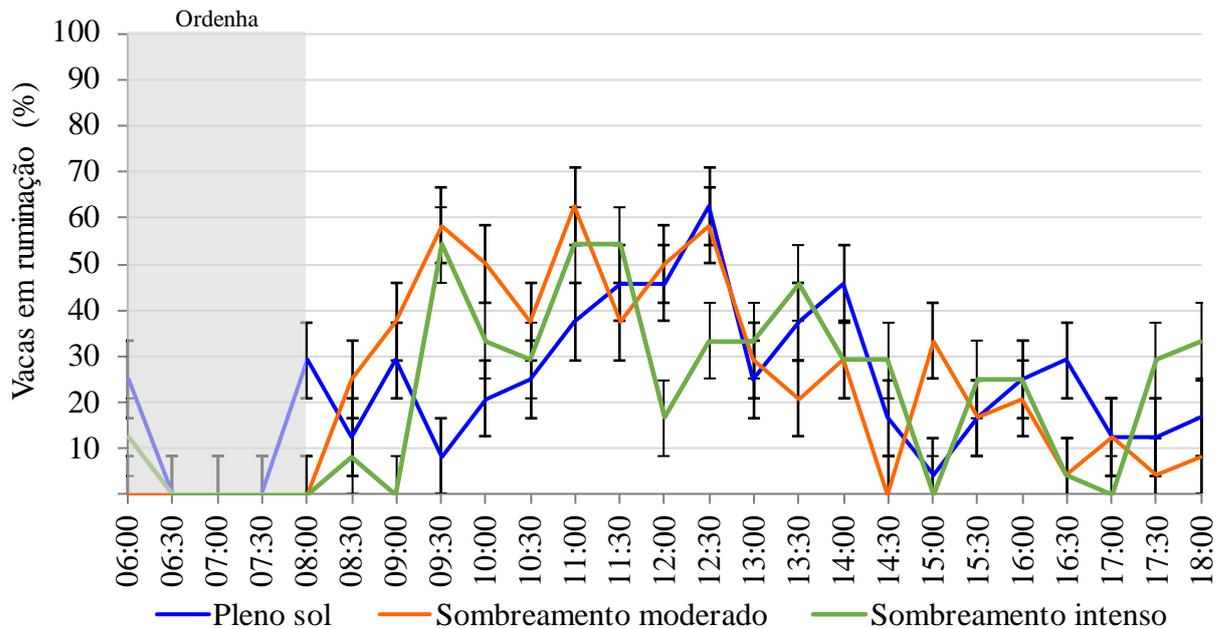


Figura 44. Frequência de vacas em ruminação durante o período de seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p < 0,0001$; EPM= 8,3.

No intervalo das 08h 00 às 12h 00, durante o período de transição, a frequência de vacas em ruminação variou de 0 a 50%, com maior valor médio entre os sistemas para vacas do sombreamento moderado das 08h 00 às 11h 00 (com médias de 50% e 44,5%, respectivamente) (Figura 43). Às 12h 00, foi registrado máximo valor de frequência de vacas em ruminação no sistema sombreamento intenso (72,2%), semelhante às vacas do sistema sombreamento moderado (61,1%) (Figura 43). Após às 16h 00, as vacas dos três sistemas realizaram menor frequência de ruminação (frequência máxima de 16,7%).

No intervalo das 10h 00 às 11h 30, do período de seca, não houve diferença entre os sistemas de produção, com variação de 25 a 54,2% (Figura 44). Já às 09h30, as vacas do sistema sombreamento moderado apresentaram maiores frequências de ruminação e similares às vacas do sistema sombreamento intenso (56,2%, em média), e maiores do que aquelas do sistema pleno sol (8,33%).

Às 12h 00, houve uma maior frequência de ruminação das vacas dos sistemas sombreamento moderado e pleno sol (47,9%, em média) do que as vacas do sistema sombreamento intenso (16,7%). A partir de 14h 30, a frequência de vacas em ruminação do sistema pleno sol foi menor que 29,2% e para vacas dos sistemas sombreados foi menor que 33,3% (Figura 44).

Frequência de vacas em ócio

Houve efeito de sistema ($p=0,0154$), turno ($p < 0,0001$) e período ($p < 0,0001$), além da interação entre sistema e período ($p=0,0304$; Tabela 22), e entre turno e período ($p=0,0159$; Tabela 23) sobre a frequência de vacas em ócio.

Tabela 22. Frequência de vacas em ócio (%) durante os períodos de chuvas, transição e de seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Período	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Chuvas	34,0 aA	30,9 aA	29,8 aB	31,6 B
Transição	36,9 aA	20,2 bB	28,3 aB	27,5 C
Seca	36,2 aA	36,2 aA	38,7 aA	37,0 A
Média	34,7 a	29,1 c	32,3 b	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{período}} = 0,0304$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período}} = 2,24$. $p_{\text{sistema}} = 0,0154$; $EPM_{\text{sistema}} = 1,29$. $p_{\text{período}} < 0,0001$; $EPM_{\text{período}} = 1,29$.

Tabela 23. Frequência de vacas em ócio (%) nos turnos da manhã e tarde durante os períodos de chuvas, transição e de seca.

Turno	Chuvas	Transição	Seca	Média
Manhã	35,4 bA	36,9 bA	43,4 aA	38,6 A
Tarde	27,7 aB	18,0 bB	30,7 aB	25,6 B

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). $p_{\text{período} \times \text{turno}} = 0,0159$; $EPM_{\text{período} \times \text{turno}} = 1,83$. $p_{\text{período}} < 0,0001$; $EPM_{\text{período}} = 1,29$. $p_{\text{turno}} < 0,0001$; $EPM_{\text{turno}} = 1,06$.

Uma maior frequência de vacas em ócio foi verificada durante o período de seca (37,0%) do que naqueles de chuvas (31,6%) e de transição (27,5%) (Tabela 22). Durante os períodos de chuvas e de seca, não houve diferença entre sistemas (31,6 e 37,0%, respectivamente), porém no período de transição maiores frequências de vacas em ócio foram observadas nos sistemas pleno sol e sombreamento intenso (32,6%, em média) do que no sistema sombreamento moderado (20,2%). Não houve diferença entre períodos para o sistema pleno sol (34,7%, em média), enquanto no sistema sombreamento moderado foram observadas as maiores frequências e similares de vacas em ócio durante os períodos de chuvas e de seca (33,5%, em média) do que no período de transição (20,2%). Já no sistema sombreamento intenso, uma maior frequência de vacas em ócio foi verificada durante o período de seca (38,7%), e menor nos períodos de chuvas e de transição (29,0%, em média).

No turno da manhã houve maior frequência de vacas em ócio (38,6%, em média) do que à tarde (25,6%, em média) em todos os períodos (Tabela 23). Houve uma maior frequência de vacas em ócio ocorreu durante o período de seca (43,4%) que nos períodos de chuvas e de transição (36,1%, em média) pela manhã, enquanto, à tarde maiores frequências desta variável foram observadas durante os períodos de chuvas e de seca (29,2%, em média) do que no período de transição (18,0%).

A frequência de vacas em ócio no período de transição foi influenciada pela interação entre sistema e horário de observação ($P < 0,0001$) (Figura 45).

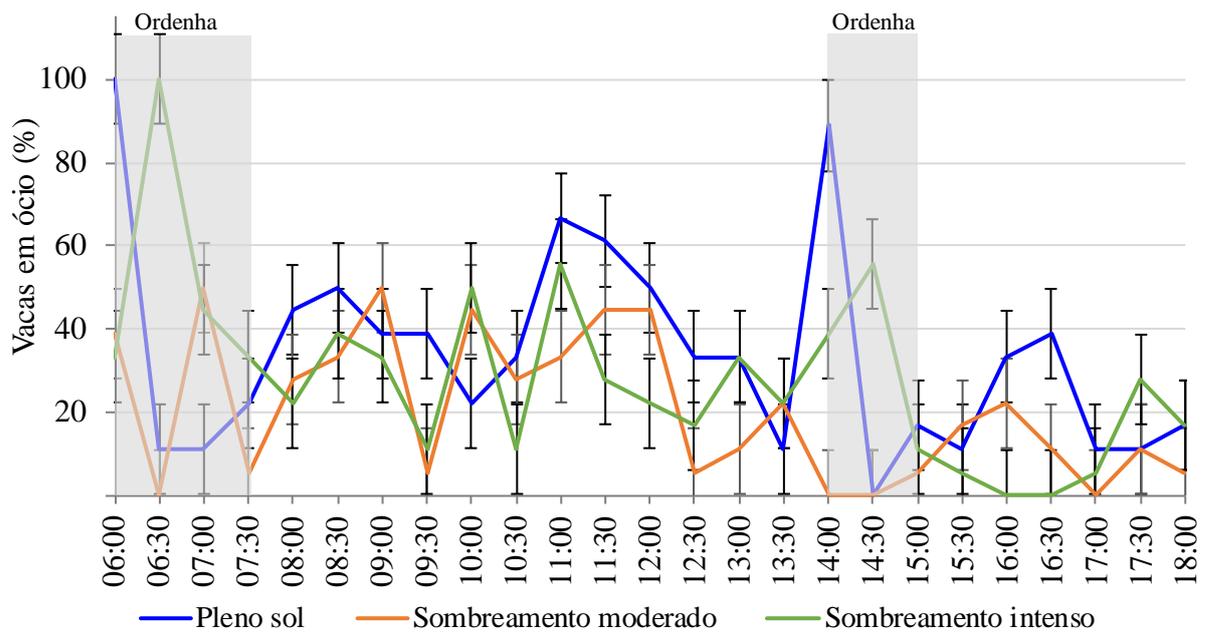


Figura 45. Frequência de vacas em ócio durante o período de transição nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p < 0,0001$; EPM= 10,8.

Das 08h 00 às 13h 30, a frequência de vacas em ócio foi semelhante entre os sistemas de produção, com maior frequência (66,7%) às 11h 00 e menor (5,6%) às 09h 30 e 12h 30. Às 16h 30, houve maior frequência de ócio para as vacas do sistema pleno sol (38,9%) do aquelas dos sistemas sombreados (11,1%, em média) (Figura 45).

Frequência de vacas em deslocamento

A frequência de deslocamento foi influenciada pelo sistema ($p_{\text{sistema}}=0,0139$), período ($p_{\text{período}}=0,0021$) e com interação entre período e turno ($p=0,1882$) (Tabela 24).

Tabela 24. Frequência de vacas em deslocamento (%) nos turnos da manhã e tarde durante os períodos de chuvas, transição e de seca, nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Turno	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Período de chuvas				
Manhã	10,4 aA	8,9 aA	3,6 bA	7,6 a' A'
Tarde	5,8 aB	4,8 aB	6,0 aA	5,5 b' A'
Média	8,1 a'' A''	6,8 a'' A''	4,8 a'' A''	6,6 A'''
Período de transição				
Manhã	2,6 aB	0,4 aB	0,4 aA	1,1 c' B'
Tarde	11,1 aA	9,3 aA	0,0 bA	6,8 a' A'
Média	6,8 a'' A''	4,8 a'' A''	0,2 b'' B''	4,0 B'''
Período de seca				
Manhã	3,7 aA	5,1 aA	2,3 aA	3,8 b' A'
Tarde	0,7 aA	0,3 aA	2,1 aA	1,0 c' B'
Média	2,2 a'' B''	2,7 a'' B''	2,3 a'' AB''	2,4 B'''

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de mesmo turno na mesma linha de diferentes períodos seguidas de letra minúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de turno no mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de sistema na mesma linha seguidas de letra minúscula acrescidas de ('') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de sistema na mesma coluna seguidas de letra maiúscula e acrescidas de ('') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (''') não diferem entre si ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 0,0203$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 1,89$. $p_{\text{sistema} \times \text{período}} = 0,1882$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período}} = 1,33$ $p_{\text{sistema} \times \text{turno}} = 0,9725$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{turno}} = 1,09$. $p_{\text{período}} = 0,0021$; $EPM_{\text{período}} = 0,77$. $p_{\text{sistema}} = 0,0139$; $EPM_{\text{sistema}} = 0,7712$. $p_{\text{turno}} = 0,7786$; $EPM_{\text{turno}} = 0,6297$.

Houve maior frequência de deslocamento de vacas durante o período de chuvas (6,6%) do que naqueles de transição e de seca (3,2%, em média) (Tabela 24). Durante o período de chuvas, maiores frequências e similares desta variável foram observadas para as vacas dos sistemas pleno sol e sombreamento moderado (9,6%, em média) do que aquela das vacas do sistema sombreamento intenso (3,6%) pela manhã; enquanto à tarde não houve diferença entre sistemas durante este mesmo período (5,5%, em média). Já no período de transição houve semelhança entre a frequência de deslocamento dos sistemas no turno da manhã (1,1%, em média), e maiores valores para os sistemas pleno sol e sombreamento moderado (10,2%, em média) do que para o sistema sombreamento intenso no qual não foi observada frequência de deslocamento de vacas (0,0%). Enquanto, no período de seca, houve semelhança entre sistemas tanto de manhã (3,8%, em média) como à tarde (1,0%, em média). Nos sistemas pleno sol e sombreamento moderado, maiores frequências de deslocamento e similares foram observadas nos períodos de chuvas e de transição (médias de 7,4 e 5,8%, respectivamente) do que no período de seca (2,2 e 2,7%, respectivamente). Já no sistema sombreamento intenso, houve maior frequência de deslocamento durante o período de chuvas (4,8%) do que naquele de transição (0,2%), ambas similares aquela observada no período de seca (2,3%).

Frequência de vacas em visita ao bebedouro

A frequência de vacas em visita ao bebedouro foi influenciada pelo sistema ($p < 0,0001$), e com interações entre sistema e período ($p = 0,0250$), sistema e turno ($p = 0,0514$), período e turno ($p = 0,0049$) como também pela interação entre estes fatores de tratamento ($p = 0,0049$) (Tabela 25).

Tabela 25. Frequência de vacas em visita ao bebedouro (%) nos turnos da manhã e tarde, durante os períodos de chuvas, transição e de seca, nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Turno	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Período de chuvas				
Manhã	5,4 aA	1,9 bA	0,4 bA	2,6 a' A'
Tarde	1,7 aB	1,1 aA	1,0 aA	1,3 b' B'
Média	3,5 a'' A''	1,5 b'' A''	0,7 b'' A''	4,0 A'''
Período de transição				
Manhã	3,0 aB	0,4 aA	1,7 aA	1,7 a' B'
Tarde	5,6 aA	0,0 cA	2,8 bA	2,8 a' A'
Média	4,3 a'' A''	0,2 c'' B''	2,3 b'' A''	1,1 B'''
Período de seca				
Manhã	4,9 aA	1,0 bA	0,6 bA	2,2 a' A'
Tarde	3,7 aA	2,4 aA	2,1 aA	2,7 a' A'
Média	4,3 a'' A''	1,7 b'' A''	1,4 b'' A''	1,5 B'''

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de mesmo turno na mesma linha de diferentes períodos seguidas de letra minúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de turno no mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de sistema na mesma linha seguidas de letra minúscula acrescidas de ('') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de sistema na mesma coluna seguidas de letra maiúscula e acrescidas de ('') não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias de mesmo período seguidas de letra maiúscula acrescidas de (''') não diferem entre si ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 0,0049$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período} \times \text{turno}} = 0,62$. $p_{\text{sistema} \times \text{período}} = 0,0250$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período}} = 0,44$. $p_{\text{sistema} \times \text{turno}} = 0,0514$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{turno}} = 0,36$. $p_{\text{período}} = 0,3240$; $EPM_{\text{período}} = 0,25$.

As vacas visitaram os bebedouros com maior frequência durante o período de chuvas (4,0%) do que nos períodos de transição e de seca (1,3%, em média) (Tabela 25). Durante o período de chuvas, as vacas do sistema pleno solo visitaram o bebedouro com maior frequência (5,4%) do que aquelas de ambos os sistemas sombreados (1,1%, em média) pela manhã; enquanto à tarde não houve diferença desta frequência entre sistemas (1,3%, em média). No período de transição, houve semelhança da frequência de visitas ao bebedouro das vacas em todos os três sistemas de produção (1,7%, em média) pela manhã; e à tarde maior frequência desta variável foi observada para as vacas do sistema pleno sol (5,6%), intermediária para o sistema sombreamento intenso (2,8%), seguido de ausência de frequência para o sistema sombreamento moderado (0,0%). Já no período de seca, maior frequência desta variável foi verificada para as vacas do sistema pleno sol (4,9%) do que para ambos os sistemas sombreados (0,8%, em média) durante o turno da manhã; enquanto à tarde houve semelhança entre sistemas (2,7%, em média). Nos sistemas pleno sol e sombreamento intenso, não houve diferença entre períodos (médias de 4,0 e 1,5%, respectivamente);

enquanto no sistema sombreamento moderado maiores frequências e semelhantes foram verificadas durante os períodos de chuvas e de seca (1,4%, em média) do que naquele de transição (0,2%).

Frequência de vacas em visita ao cocho de silagem

A frequência de vacas em visita ao cocho de silagem foi influenciada pelo sistema ($p < 0,0001$), período ($p < 0,0001$) com interações entre sistema e período ($p = 0,0001$) (Tabela 26). Como não houve fornecimento de silagem no período de chuvas, este período não foi considerado como fonte de variação para esta variável.

Tabela 26. Frequência de vacas em visita ao cocho de silagem (%) durante os períodos de chuvas, transição e de seca, nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Período	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Transição	23,0 b A	33,8 a A	33,5 a A	30,1 A
Seca	25,9 b A	26,7 b B	30,2 a A	27,6 B
Média	16,3 b	20,2 a	21,2 a	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{período}} = 0,0001$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{período}} = 1,22$. $p_{\text{sistema}} < 0,0001$; $EPM_{\text{sistema}} = 0,70$. $p_{\text{período}} < 0,0001$; $EPM_{\text{período}} = 0,70$.

Maior frequência de vacas em visita ao cocho de silagem ocorreu no período de transição (30,1%) do que no período de seca (27,6%). Durante o período de transição, maiores frequências e similares desta variável foram observadas para ambos os sistemas sombreados (33,6%) do que para o sistema pleno sol (23,0%) (Tabela 26). No período de seca, maior frequência desta mesma variável foi verificada para vacas do sistema sombreamento intenso (30,2%) do que para aquelas dos sistemas pleno sol e sombreamento moderado (26,3%, em média).

Houve interação entre sistema e horário de observação para frequência de visita de vacas ao cocho de silagem nos períodos de transição ($p = 0,0009$; Figura 46) e de seca ($p < 0,0001$; Figura 47).

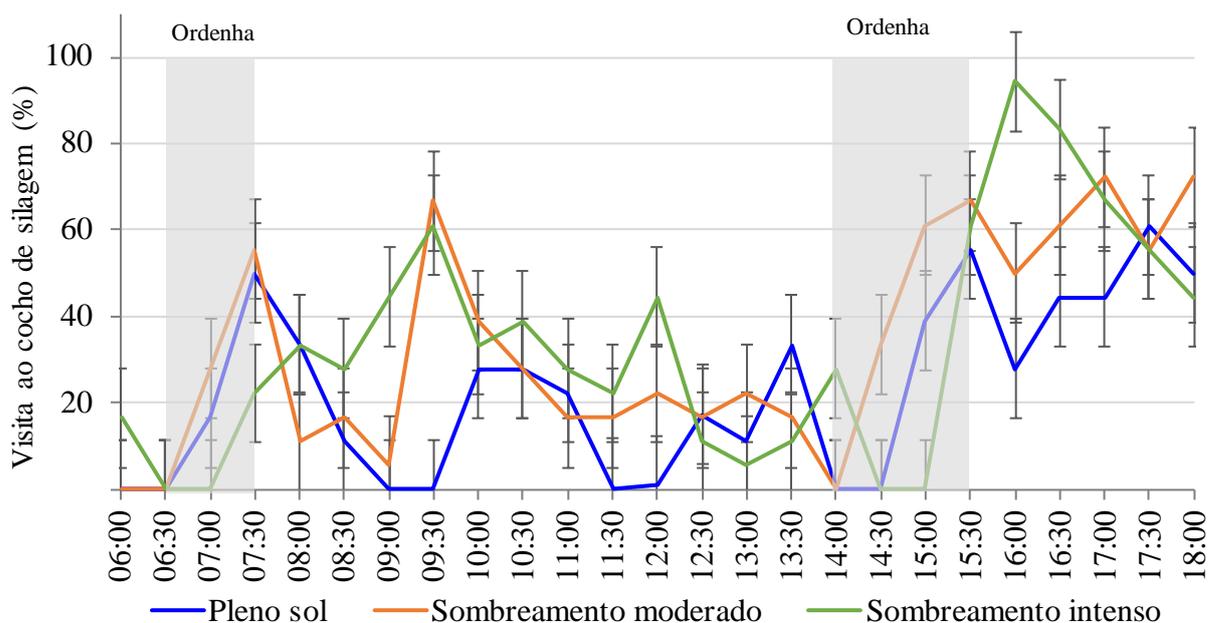


Figura 46. Frequência de vacas em visita ao cocho de silagem durante o período de transição nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p=0,0009$; EPM= 11,5.

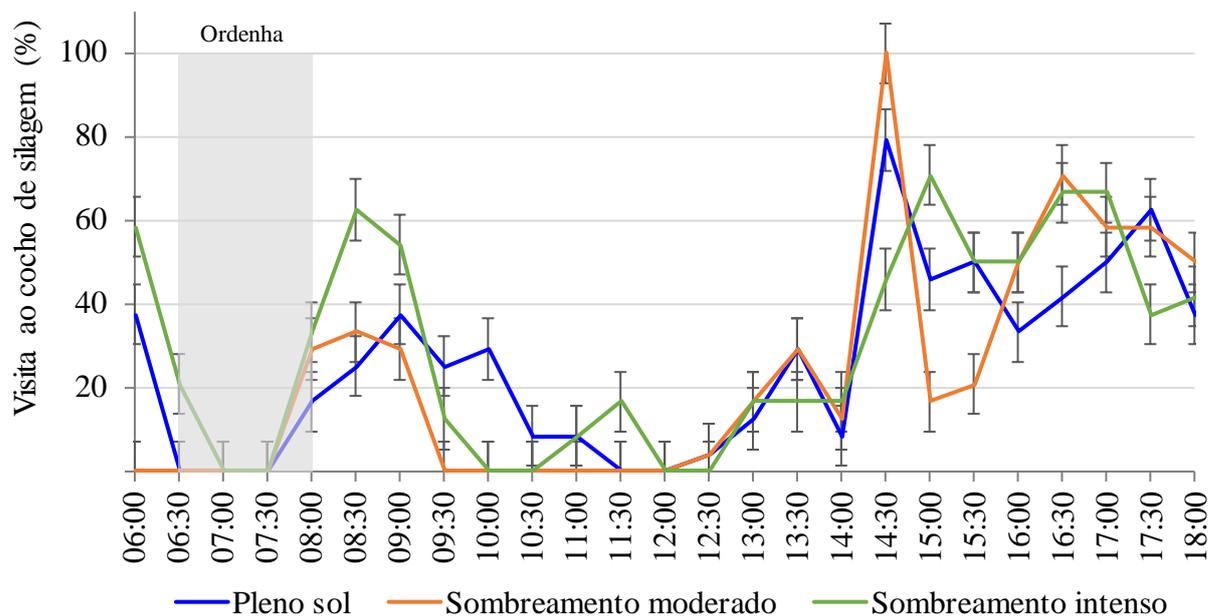


Figura 47. Frequência de vacas em visita ao cocho de silagem durante o período de seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso. $p<0,0001$; EPM= 7,2.

No período de transição (Figura 46) não houve diferença para frequência de visita de vacas ao cocho de silagem entre os sistemas para os intervalos das 08h00 às 08h30, de 10h00 às 13h30 e de 16h30 às 18h00. Nos horários de 09h00 e 16h00 vacas do sistema com sombreamento moderado apresentaram frequência de visita ao cocho de silagem semelhante àquelas do pleno sol (5,6 e 38,9%, em média, respectivamente) e em menor frequência

quando comparado às vacas do sistema com sombreamento intenso para esses mesmos horários (44,5 e 94,5%, respectivamente). Às 09h 30, as vacas do sistema sombreamento moderado apresentaram maior frequência de visita ao cocho de silagem (66,7%) do que aquelas dos sistemas pleno sol e sombreamento intenso (0,0% e 61,1%, respectivamente).

No intervalo das 08h 00 às 14h 00 do período de seca, a frequência de visitas aos cochos de silagem do sistema com sombreamento moderado e pleno sol foram baixas (com variação de 0 a 37,5% neste intervalo), mas vacas do sistema com sombreamento intenso realizaram visitas ao cocho de silagem em frequência maior que ambos os sistemas conforme verificado nos horários de 08h 00 e 11h 30 (62,5 e 16,7%), para este mesmo intervalo de hora (Figura 47). Às 10h 00, houve uma frequência maior de vacas do sistema pleno sol (29,2%) ao cocho de silagem comparado as vacas dos sistemas sombreados.

Às 14h 30, 100% das vacas do sistema sombreamento moderado optaram por visitar o cocho de silagem no período de seca (Figura 47), seguido pelas vacas do sistema pleno (79,2%). Às 15h 30, maior frequência de vacas no consumo de silagem foi observada no sistema sombreamento intenso (70,8%) do que nos sistemas pleno sol (45,8%) e sombreamento moderado (com 16,7%). A partir de 16h 00, as vacas de ambos os sistemas sombreados retornaram ao cocho de silagem, enquanto aquelas do sistema pleno sol somente retornaram a esta mesma atividade após às 16h 30.

Frequência de vacas em visita ao cocho de sal

A frequência de visita ao cocho de sal pelas vacas variou em função do período ($p=0,0545$) e com interação entre sistema e período ($p=0,1088$) (Tabela 27).

Tabela 27. Frequência de vacas em visita o cocho sal (%) durante os períodos de chuvas, transição e de seca nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Período	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Chuvas	0,1 aA	0,1 aB	0,1 aA	0,1 AB
Transição	0,2 bA	0,9 aA	0,0 bA	0,4 A
Média	0,1	0,3	0,0	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si ($p<0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ($p<0,10$). $p_{sistema \times período}=0,1066$; $EPM_{sistema \times período}=0,19$. $p_{período}=0,0545$; $EPM_{período}=0,11$. $p_{sistema}=0,1381$; $EPM_{sistema}=0,11$.

De forma geral, a frequência de vacas em visita ao cocho de sal foi baixa, com máximo de 0,9% no sistema sombreamento moderado durante o período de transição (Tabela 27). No período de seca, não foi observado interesse das vacas em visitar o cocho de sal em nenhum dos três sistemas, durante o horário das 06h 00 às 18h 00, no qual foi avaliado o comportamento animal. Maior frequência desta variável foi observada durante o período de transição (0,4%), com semelhança à frequência verificada no período de chuvas (0,1%). Nos sistemas pleno sol e sombreamento intenso, não houve diferença destas frequências entre períodos (médias de 0,1 e 0,0%, respectivamente); enquanto no sistema sombreamento moderado maior frequência ocorreu durante o período de transição (0,9%) do que no período de chuvas (0,1%, em média).

4.4 Análise Discriminante e de Componentes Principais

A primeira técnica estudada foi a análise discriminante aplicada com o objetivo de verificar quais variáveis discriminam melhor os tratamentos (sistemas e ou estações do ano). A segunda técnica utilizada foi a análise de componentes principais com o objetivo de analisar os padrões de correlação entre as variáveis, e que podem ser explicadas por um tratamento (sistema ou estação).

Na Análise Discriminante, a discriminação consistiu em buscar aquelas características (conjunto de variáveis) capazes de serem utilizadas para alocar as observações nos diferentes grupos categóricos previamente definidos. Dessa forma, a AD identificou e expressou aquelas variáveis que mais contrastaram entre os grupos em que as observações estiveram alocadas que, no caso do presente trabalho, foram constituídos dos tratamentos e das épocas do ano. Quanto mais contrastante entre os grupos for uma variável, maior o seu poder de discriminar esses grupos (tratamentos ou épocas) e, por conseguinte, indica que o efeito de grupo (tratamento ou época) sobre essa variável ou conjunto de variáveis é mais importante.

O propósito básico da análise discriminante é estimar a relação entre uma variável dependente não métrica (categórica) e um conjunto de variáveis independentes métricas. A discriminação é obtida a partir do cálculo dos pesos de cada variável para maximizar a variância entre dois ou mais grupos em relação à variância dentro dos grupos. Ou seja, a análise discriminante permite estabelecer grupos e avaliar seu grau de diferença, a partir do cálculo de suas variâncias (AAKER, KUMAR & DAY, 2004; HAIR *et al.*, 2009).

A Análise de Componentes Principais por sua vez, é uma técnica de análise multivariada que pode ser usada para analisar inter-relações entre um grande número de variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes (Componentes). O objetivo é encontrar um meio de condensar a informação contida em várias variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas com uma perda mínima de informação. Essa condensação se processa por meio de transformações ortogonais lineares gerando novas variáveis que possuem descorrelacionadas entre si (as Componentes Principais). As primeiras componentes principais são as mais importantes porque explicam a maior parte da variação total observada no conjunto de dados. No presente trabalho, a regra de Kaiser (KAISER, 1960) foi aplicada para selecionar as Componentes Principais para inspeção visual da projeção da nuvem de observações no plano das Componentes Principais e na identificação das características multivariadas dos diferentes tratamentos e das épocas estudadas. Na regra de Kaiser, apenas as Componentes Principais que apresentam valores próprios (*Eigenvalues*) maiores ou igual a 1 são retidas para a inspeção da projeção das observações. Ao se projetar a nuvem de observações no plano das Componentes Principais, combinada com círculo de correlações das variáveis, é possível identificar tanto as correlações (positivas e negativas) existentes entre as variáveis quanto os padrões dos diferentes grupos (tratamentos e épocas) em relação a essas variáveis. Dessa forma favorecem a uma visão global dos resultados de um tratamento em relação ao conjunto das suas características que, no caso presente, são os resultados do experimento.

Houve a necessidade de separar as variáveis respostas em três situações, uma vez que ocorreu uma alteração quanto ao número de ordenhas realizadas diariamente e pela alteração na base da alimentação devido à estacionalidade do uso de planta forrageira (pasto e silagem de milho). Assim, estas variáveis foram diferenciadas em: verão/2017 e outono/2018 (duas ordenhas; alimentação à pasto); inverno/2018 (uma ordenha; alimentação silagem de milho); além de primavera/2018 e verão/2018 (com uma ordenha; alimentação à pasto).

As variáveis selecionadas, relacionadas para o momento de duas ordenhas (verão/2017 e outono/2018) foram separadas e analisadas em dois grupos, um relacionado ao crescimento vegetal e produção de leite, e outro grupo relacionado ao comportamento animal. Para isso, foram selecionadas as seguintes variáveis: grupo 1: produção de leite, altura pré-pastejo, massa de forragem, massas secas de lâminas foliares e de colmos pré-pastejo, aproveitamento de forragem, densidade volumétrica da forragem e teor de proteína bruta. Além das variáveis microclimáticas: temperatura média do ar, temperatura máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. No grupo 2, as variáveis foram: frequência de vacas à sombra, frequência de vacas em pé, frequência de vacas em pastejo, frequência de vacas em ócio, além das variáveis microclimáticas (do dia da avaliação do comportamento animal) que foram: temperatura média do ar, temperatura média no intervalo entre 10h 00 e 14h 00, radiação fotossinteticamente ativa, velocidade do vento e índice de temperatura e umidade.

No período de inverno/2018 (uma ordenha com uso de silagem), as variáveis selecionadas foram separadas em dois grupos, um em função do desempenho animal e o outro em função do comportamento animal. Para tanto, foram selecionadas as seguintes variáveis para o grupo do desempenho animal: produção de leite, contagem de células somáticas, consumo de ração, temperaturas média e máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. Para o grupo do comportamento animal foram: as variáveis microclimáticas (índice de temperatura e umidade, temperatura média do ar e temperatura no intervalo entre 10h 00 e 14h 00, velocidade do vento e radiação fotossinteticamente ativa, obtidas nos dias de avaliações do comportamento animal), além das variáveis de comportamento: frequência de vacas à sombra, frequência de vacas em pé, visita ao cocho de silagem e frequência de animais em ócio.

As variáveis selecionadas para primavera/2018 e verão/2018 (período de uma ordenha) foram separadas e analisadas em dois grupos, um relacionado ao crescimento vegetal, produção de leite e contagem de células somáticas, e o outro grupo, em função do comportamento animal à pasto. Para isso, foram selecionadas as seguintes variáveis no primeiro grupo: produção de leite, contagem de células somáticas, aproveitamento de forragem, altura pré-pastejo, massa de forragem pré-pastejo, massa seca de lâminas foliares pré-pastejo, massa seca de colmos pré-pastejo, densidade volumétrica da forragem, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, teor de proteína bruta, temperatura média do ar, temperatura máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. Enquanto no outro grupo foram: frequência de vacas à sombra, frequência de vacas em pé, frequência de vacas em pastejo, frequência de vacas em ócio, temperatura média do ar, temperatura média no intervalo entre 10h 00 e 14h 00, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento e índice de temperatura e umidade.

4.4.1 Verão/2017 e outono/2018 (duas ordenhas)

Análise integrada da produção vegetal e produção de leite - Análise discriminante (AD)

A análise discriminante dos sistemas de produção foi significativa pelo teste de lambda de Wilks ($p < 0,0001$). De acordo com o teste unidimensional de igualdade das médias das classes, as variáveis que melhor discriminaram os sistemas de produção foram: massa de forragem pré-pastejo, massa seca de colmos pré-pastejo, densidade volumétrica da forragem, teor de proteína bruta, temperatura média e máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento ($p < 0,05$); todas foram associadas a função F1 a qual explica 98,03% da resposta dos sistemas (Figura 48). É possível discriminar destacadamente os três sistemas avaliados. O sistema sombreamento intenso se destacou por apresentar maior teor de proteína

bruta, e menores valores de massa de forragem pré-pastejo, massa seca de colmos pré-pastejo, densidade volumétrica da forragem, radiação fotossinteticamente ativa, temperatura média e máxima do ar, e velocidade do vento, enquanto em sentido oposto caracterizou-se o sistema pleno sol. O sistema sombreamento moderado foi intermediário aos demais tratamentos para todas as variáveis discriminantes (Figura 48).

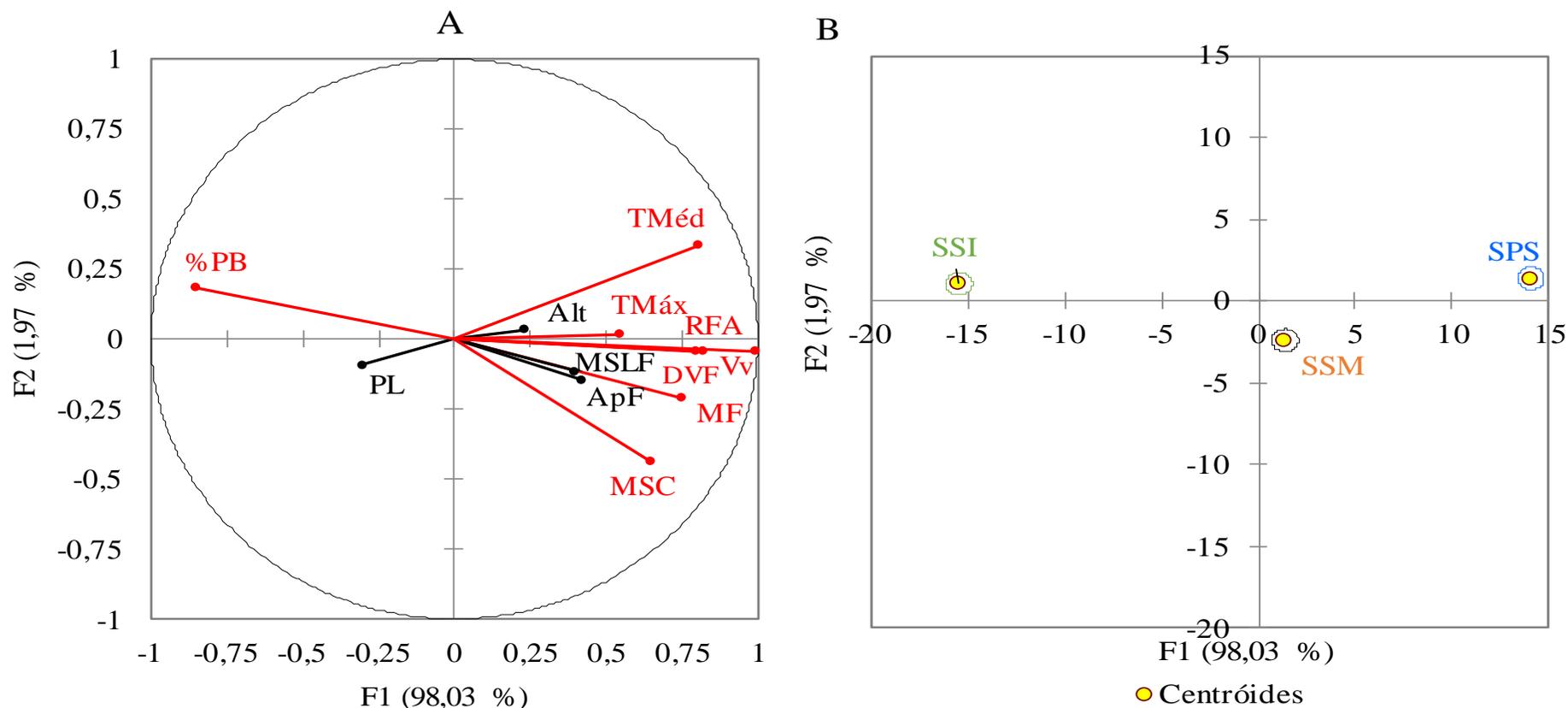


Figura 48. Gráfico bidimensional da análise discriminante dos sistemas de produção no verão/2017 e outono/2018. (A) Variáveis discriminantes em vermelho: Teor de proteína bruta= %PB; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura máxima do ar= TMáx; Radiação fotossinteticamente ativa=RFA; Velocidade do vento= Vv; Densidade volumétrica da forragem= DVF; Massa de forragem pré-pastejo= MF; Massa seca de colmos= MSC. Variáveis que não discriminaram os sistemas de produção em preto: Altura pré-pastejo= Alt; Massa seca de lâminas foliares pré-pastejo= MSLF; Aproveitamento de forragem=ApF; Produção de leite= PL. (B) Discriminação dos sistemas pleno sol (SPS-Azul), sombreamento moderado (SSM-Laranja) e sombreamento intenso (SSI- Verde).

Para as estações do ano, a análise discriminante foi significativa para o teste de lambda de Wilks ($p=0,0001$) (Figura 49A). De acordo com o teste unidimensional de igualdade das médias das classes, as variáveis que discriminaram as estações verão/2017 e outono/2018 foram: produção de leite e massa seca de lâminas foliares pré-pastejo ($p<0,0001$). O verão/2017 foi caracterizado pelos maiores valores de produção de leite e massa seca de lâminas foliares pré-pastejo, comparado ao outono/2018 (Figura 49).

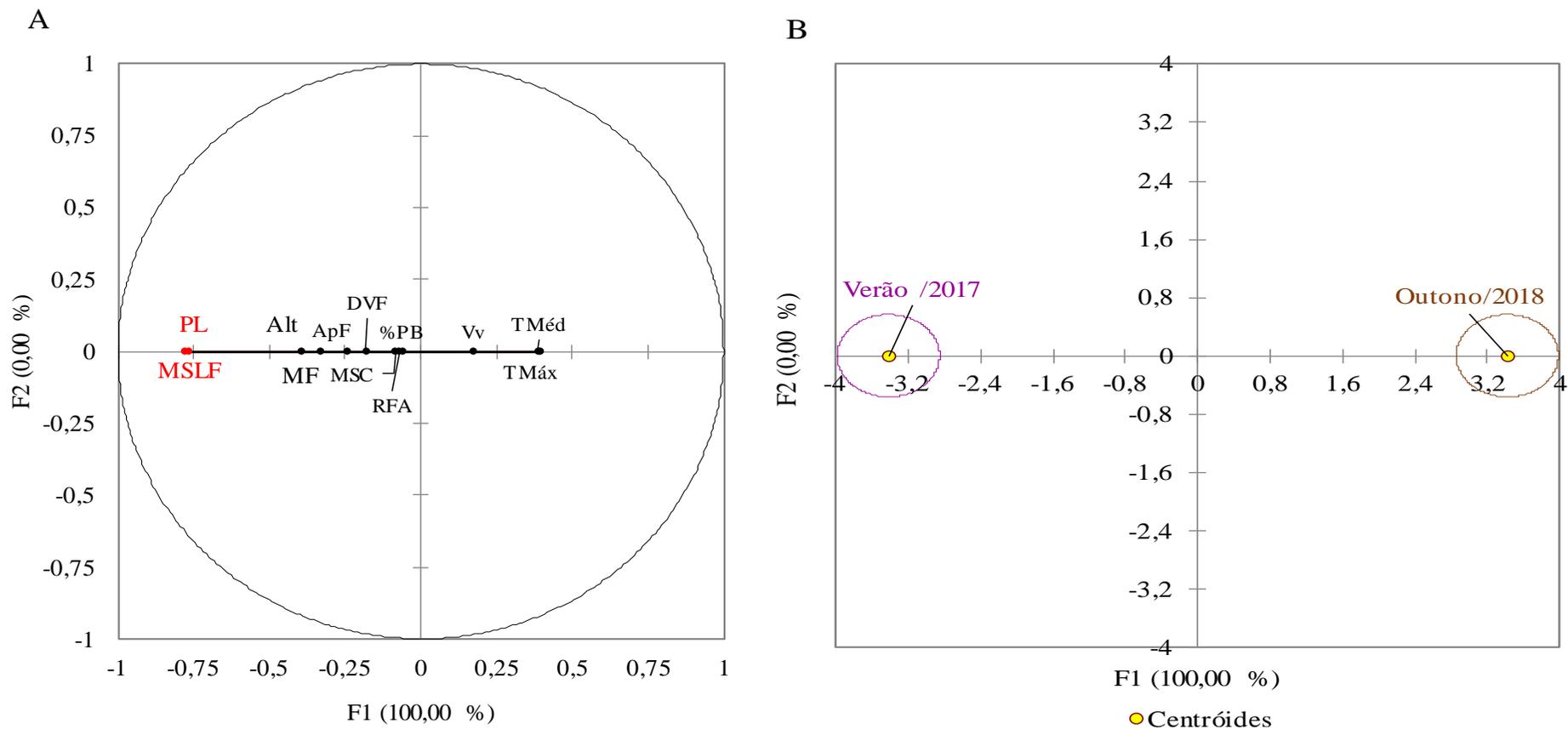


Figura 49. Gráfico bidimensional da análise discriminante das estações verão/2017 e outono/2018. (A) Variáveis discriminantes em vermelho: Produção de leite= PL; Massa seca de lâminas foliares pré-pastejo= MSLF. Variáveis que não discriminaram em preto: Altura pré-pastejo= Alt; Massa de forragem pré-pastejo= MF; Aproveitamento de forragem= ApF; Massa seca de colmos= MSC; Densidade volumétrica da forragem= DVF; Teor de proteína bruta= %PB; Velocidade do vento= Vv; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura máxima do ar= TMáx. (B) Discriminação das estações de verão/2017 (roxo) e outono/2018 (marrom).

Análise integrada da produção vegetal e produção de leite - Análise dos componentes principais (ACP)

De acordo com a regra de Kaiser (KAISER, 1960), foi possível selecionar, entre os doze componentes principais, apenas os dois primeiros componentes, uma vez os mesmos apresentaram valores próprios (*Eigenvalues*) maiores ou igual a unidade, e permitiram explicar até 76,35% da variabilidade observada entre os sistemas (Tabela 28).

Tabela 28. Autovalores da análise de componentes principais (CP1e CP2) dos sistemas de produção no verão/2017 e outono/2018.

Componentes	CP1	CP2
Autovalor	6,5446	2,6168
Variabilidade (%)	54,5385	21,8067
% acumulada	54,5385	76,3452

Valores em negrito correspondem ao autovalor acima da unidade.

As variáveis que apresentaram maior associação à CP1 foram: aproveitamento de forragem, massa de forragem pré-pastejo, massa seca de colmos, densidade volumétrica da forragem, teor de proteína bruta, temperaturas média e máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento (Tabela 29). Já as variáveis mais fortemente associadas à CP2 foram: produção de leite, massa seca de lâminas foliares pré-pastejo e altura pré-pastejo (Tabela 29).

Tabela 29. Cossenos quadrados das variáveis de componentes principais (CP1e CP2) dos sistemas de produção no verão/2017 e outono/2018.

Componentes Principais	CP1	CP2
Produção de leite	0,0372	0,7732
Aproveitamento de forragem	0,4736	0,1424
Altura pré-pastejo	0,2222	0,3976
Massa de forragem pré-pastejo	0,8609	0,1210
Massa seca de lâminas foliares pré-pastejo	0,3256	0,5408
Massa seca de colmos pré-pastejo	0,6838	0,0180
Densidade volumétrica da forragem	0,8255	0,0012
Teor de proteína bruta	0,7324	0,1093
Temperatura média do ar	0,5011	0,1313
Temperatura máxima do ar	0,3818	0,2205
Radiação fotossinteticamente ativa	0,8105	0,0213
Velocidade do vento	0,6902	0,1403

Valores em negrito correspondem para cada variável ao fator para o qual o cosseno quadrado é o maior.

A CP1 está associada aos sistemas e a CP2 às estações verão/2017 do outono/2018 (Figura 50). Considerando que a CP1 e a CP2 explicam 54,54% e 21,81%, respectivamente, da variabilidade, a influência dos sistemas sobre as variáveis foi maior do que as estações estudadas.

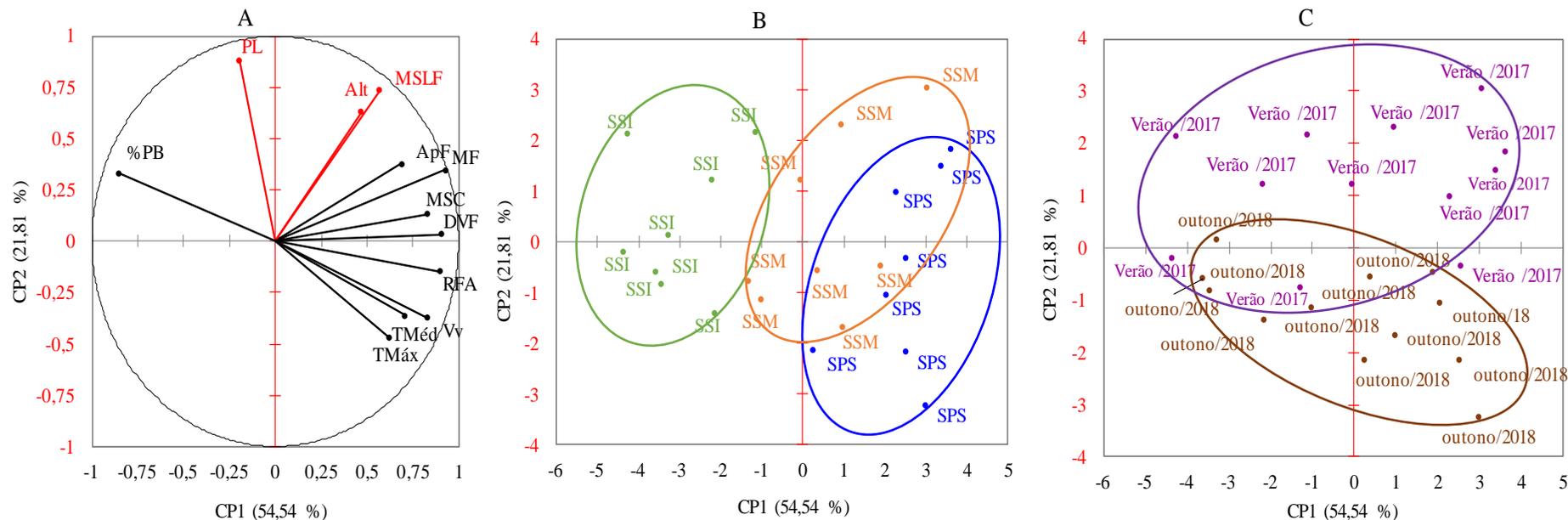


Figura 50. Análise de Componentes Principais. (A) Círculo de correlações das componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2). Variáveis associadas à CP1 apresentam vetores em preto: Aproveitamento de forragem= ApF; Massa de forragem pré-pastejo= MF; Massa seca de colmos pré-pastejo= MSC; Densidade volumétrica da forragem= DVF; Teor de proteína bruta= %PB; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura máxima do ar= TMáx; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Velocidade do vento= Vv. Variáveis associadas à CP2 apresentam vetores em vermelho: Produção de leite= PL; Altura pré-pastejo= Alt; Massa seca de lâminas foliares pré-pastejo= MSLF. (B). Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela taxa de sombreamento (pleno sol – SPS - Azul; sombreamento moderado – SSM – Laranja e sombreamento intenso - SSI- Verde). (C). Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela estação (verão/2017 -roxo e outono/2018 - marrom).

O melhor contraste entre os sistemas em relação à CP1 ocorreu entre o sistema pleno sol e o sistema sombreamento intenso, onde o sistema pleno sol foi caracterizado por apresentar maiores valores de massa de forragem pré-pastejo, massa seca de colmos pré-pastejo, densidade volumétrica da forragem, aproveitamento de forragem, e menor teor de proteína bruta, além de maiores valores para as variáveis microclimáticas como as temperaturas média e máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. Enquanto para o sistema sombreamento intenso (Figura 50A) todas as observações apresentam grandezas contrárias ao eixo em relação ao pleno sol para a CP1 (Figura 50A). Em relação ao sistema sombreamento moderado, os valores foram intermediários, mais próximos ao sistema pleno sol, já que cinco das oito observações se sobrepuseram aos valores do sistema pleno sol, com a radiação fotossinteticamente ativa, velocidade do vento, temperatura média e máxima, pertencentes ao mesmo quadrante (quarto) que o sistema pleno sol (Figura 50B).

Para CP2, o melhor contraste ocorreu entre as estações de verão/2017 do outono/2018, com maiores valores de altura pré-pastejo, massa seca de lâminas foliares e de produção de leite ocorridos nas estações de verão/2017 (Figura 50C).

De acordo com a matriz de correlações Pearson (Tabela 30), houve correlação positiva da variável produção de leite com as variáveis de pré-pastejo: altura pré-pastejo (+0,4161) e massa seca de lâminas foliares (+0,5163), além do teor de proteína bruta (+0,4607), e correlação negativa com as variáveis microclimáticas: temperatura média do ar (-0,4428), temperatura máxima do ar (-0,4442) e velocidade do vento (-0,4435). Houve correlação positiva do aproveitamento de forragem com as variáveis de pré-pastejo: massa de forragem (+0,7809), massa seca de lâminas foliares (+0,6174) e massa seca de colmos (+0,5956), densidade volumétrica da forragem (+0,6401), além das microclimáticas: velocidade do vento (+0,4654) e radiação fotossinteticamente ativa (+0,4507). Também houve correlação positiva da altura de entrada dos pastos com massa de forragem (+0,6288), massa seca de lâminas foliares (+0,6342) e, massa seca de colmos (+0,4832), do pré-pastejo. Constatou-se correlação alta e negativa entre o teor de proteína bruta e as variáveis radiação fotossinteticamente ativa (-0,8316), velocidade do vento (-0,8270), temperatura média (-0,6068) e máxima (-0,6274) do ar. Foi verificada correlação positiva entre a variável temperatura média do ar com as variáveis: densidade volumétrica da forragem (+0,5943), massa de forragem (+0,5386) e massa seca de colmos (+0,4748), no pré-pastejo. Também houve correlação positiva entre a temperatura máxima do ar com as variáveis: a densidade volumétrica da forragem (+0,4635), massa seca de colmos (+0,4985) e temperatura média do ar (+0,5354). Ainda foi observada correlação positiva entre a radiação fotossinteticamente ativa e as variáveis: massa de forragem (+0,7870), massa seca de lâminas foliares (+0,4647) e massa seca de colmos (+0,6489) pré-pastejo, além da temperatura máxima do ar (+0,5398).

Tabela 30. Matriz de correlação (Pearson) entre as variáveis utilizadas na análise de componentes principais em função dos sistemas de produção e estações verão/2017 e outono/2018.

Variáveis	PL	ApF	Alt	MF	MSLF	MSC	DVF	%PB	TMéd	TMáx	RFA	Vv
PL	1											
ApF	0,0839	1										
Alt	0,4161	0,4587	1									
MF	0,1018	0,7809	0,6288	1								
MSLF	0,5163	0,6174	0,6342	0,7920	1							
MSC	-0,0378	0,5956	0,4832	0,8242	0,4843	1						
DVF	-0,1285	0,6401	0,3609	0,8622	0,5541	0,6639	1					
%PB	0,4607	-0,3920	-0,1287	-0,6824	-0,3170	-0,6681	-0,7774	1				
TMéd	-0,4428	0,2553	0,2274	0,5386	0,1215	0,4748	0,5943	-0,6068	1			
TMáx	-0,4442	0,2524	0,1740	0,3756	-0,0818	0,4985	0,4635	-0,6274	0,5354	1		
RFA	-0,2374	0,4507	0,2769	0,7870	0,4647	0,6489	0,8021	-0,8316	0,7619	0,5398	1	
Vv	-0,4435	0,4654	0,0933	0,6115	0,2115	0,5968	0,7734	-0,8270	0,6246	0,6590	0,7945	1

Valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha = 0,05$ pelo teste “t” de Student. Produção de leite= PL; Aproveitamento de forragem= ApF; Altura pré-pastejo= Alt; Massa de forragem pré-pastejo= MF; Massa seca de lâminas foliares pré-pastejo= MSLF; Massa seca de colmos pré-pastejo= MSC; Densidade volumétrica da forragem= DVF; Teor de proteína bruta= %PB; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura máxima do ar= TMáx; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Velocidade do vento= Vv.

Análise do comportamento animal à pasto e microclima - Análise discriminante (AD)

A análise discriminante dos sistemas foi significativa pelo teste de lambda de Wilks ($p=0,0010$) quando associadas às variáveis de comportamento animal à pasto. As variáveis que melhor discriminaram os sistemas de produção pelo teste unidimensional de igualdade das médias das classes foram: frequência de vacas à sombra, frequência de vacas em ócio e radiação fotossinteticamente ativa ($p<0,05$). Estas variáveis foram associadas à função do fator 1 (F1), que explicou 87,59% da discriminação entre os sistemas (Figura 51).

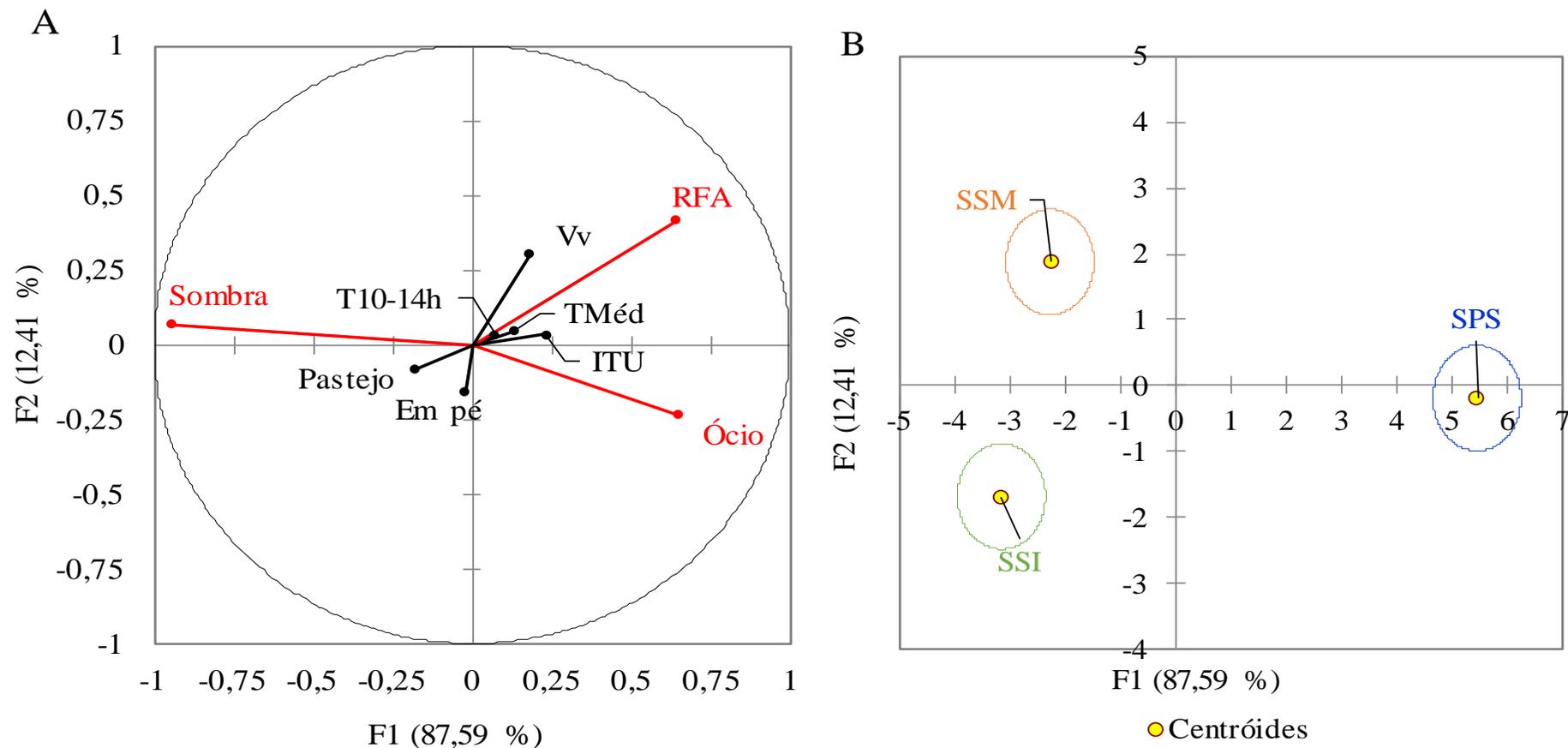


Figura 51. Gráfico bidimensional da análise discriminante dos sistemas de produção no verão/2017 e outono/2018. (A) variáveis discriminantes em vermelho: Frequência de vacas à sombra= Sombra; Frequência de vacas em ócio= Ócio; Radiação fotossinteticamente ativa=RFA. Variáveis não discriminantes em preto: Frequência de vacas em pastejo= Pastejo; Frequência de vacas em pé= Em pé; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura no intervalo entre 10 e 14h00= T10-14h; Velocidade do vento= Vv; Índice de temperatura e umidade= ITU. (B) Discriminação dos sistemas pleno sol (SPS-Azul), sombreamento moderado (SSM-Laranja) e sombreamento intenso (SSI- Verde).

Foi possível discriminar os sistemas com sombreamento do sistema pleno sol, mas não foi possível diferenciar o sistema sombreamento moderado do sistema sombreamento intenso (Figura 51). Os maiores valores de frequência de vacas em ócio e radiação fotossinteticamente ativa e menor valor de frequência de vacas à sombra diferenciou o sistema pleno sol dos sistemas com sombra (Figura 51A e 51B).

Quanto as estações verão/2017 e outono/2018, a análise discriminante foi significativa pelo teste de lambda de Wilks ($p < 0,0001$) (Figura 52A). O teste unidimensional de igualdade das médias das classes possibilitou identificar que as variáveis que discriminaram as estações verão/2017 e outono/2018 foram: frequência de vacas em pé, frequência de vacas em pastejo, velocidade do vento e índice de temperatura e umidade ($p < 0,05$). No verão/2017, destacaram-se com maiores valores: a frequência de vacas em pé, frequência de vacas em pastejo e índice de temperatura e umidade, e menor valor para velocidade do vento em relação ao outono/2018 (Figura 52B).

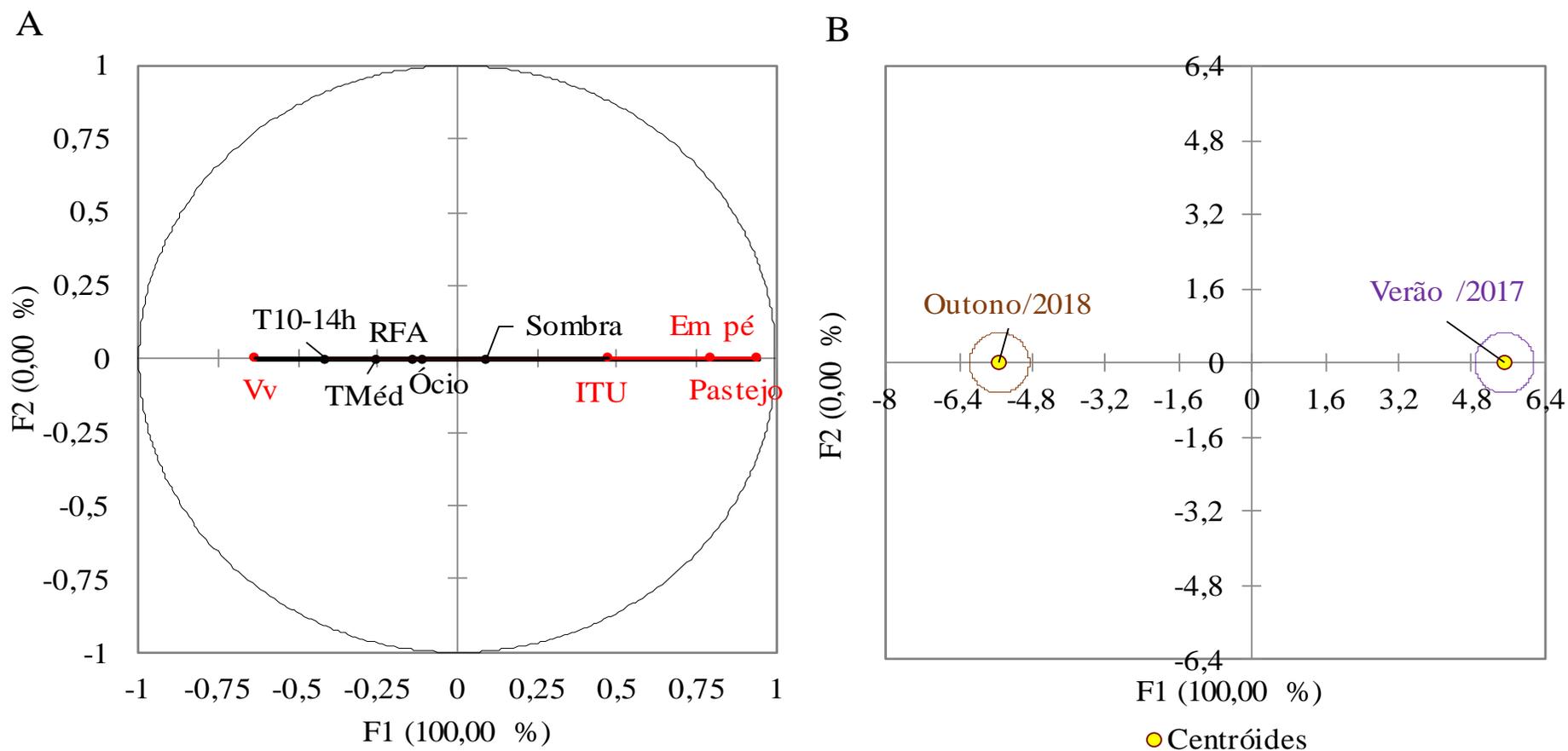


Figura 52. Gráfico bidimensional da análise discriminante das estações verão/2017 e outono/2018. (A) Variáveis discriminantes em vermelho: Frequência de vacas em pé, frequência de vacas em pastejo, velocidade do vento e índice de temperatura e umidade. Variáveis não discriminantes em preto: Frequência de vacas à sombra= Sombra; Frequência de vacas em ócio= Ócio; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura no intervalo entre 10 e 14h00= T10-14h. (B) Discriminação das estações de verão/2017 (roxo) e outono/2018 (marrom).

Análise do comportamento animal à pasto e microclima - Análise dos componentes principais (ACP)

Os autovalores foram superiores a um em três componentes principais, o que permite explicar 85,94% da variabilidade dos dados (Tabela 31).

Tabela 31. Autovalores da análise de componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos sistemas de produção no verão/2017 e outono/2018 em função do comportamento animal.

Componentes	CP1	CP2	CP3
Autovalor	3,7660	2,5844	1,3845
Variabilidade (%)	41,8446	28,7154	15,3834
% acumulada	41,8446	70,5601	85,9435

Valores em negrito correspondem ao autovalor acima da unidade.

As variáveis que apresentaram maior associação com a CP1 foram: frequência de vacas em ócio, temperatura média do ar, temperatura entre 10 e 14h 00 e radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 32). Na CP2, as variáveis mais associadas foram: frequência de vacas em pé, frequência de vacas em pastejo, velocidade do vento, índice de temperatura e umidade (Tabela 32). Para a CP3, apenas a frequência de vacas à sombra apresentou grande representatividade nesta componente.

Tabela 32. Cossenos quadrados das variáveis de componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos sistemas de produção no verão/2017 e outono/2018 em função do comportamento animal.

Componentes Principais	CP1	CP2	CP3
Frequência de vacas à sombra	0,1020	0,0470	0,7359
Frequência de vacas em pé	0,2107	0,5515	0,0568
Frequência de vacas em pastejo	0,2819	0,5525	0,0090
Frequência de vacas em ócio	0,5618	0,0093	0,2023
Temperatura média do ar	0,7723	0,0823	0,1204
Temperatura entre 10 - 14h	0,7702	0,0184	0,1828
Radiação fotossinteticamente ativa	0,7102	0,0204	0,0770
Velocidade do vento	0,0666	0,6228	0,0003
Índice de temperatura e umidade	0,2904	0,6801	0,0000

Valores em negrito correspondem para cada variável ao fator para o qual o cosseno quadrado é o maior.

A análise da CP1 (Figura 53) descreveu melhor as respostas dos sistemas de produção, com maiores valores para temperatura média do ar, frequência de vacas em ócio, temperatura no intervalo entre 10 e 14h 00 e radiação fotossinteticamente ativa no sistema pleno sol, e os menores valores para estas variáveis ocorreram no sistema sombreamento intenso. Para o sistema sombreamento moderado, o padrão de resposta não ajudou a diferenciar este sistema dos demais, uma vez que foi semelhante aos dois sistemas (sistema pleno sol e sistema sombreamento intenso) (Figura 53B). A CP2 apresentou de forma mais clara o contraste entre as estações de verão/2017 do outono/2018, com maiores valores para frequência de animais em pastejo e em pé, e índice de temperatura e umidade, e menor valor para velocidade do vento, mais associados ao verão/2017 em relação ao outono/2018 (Figura 53C).

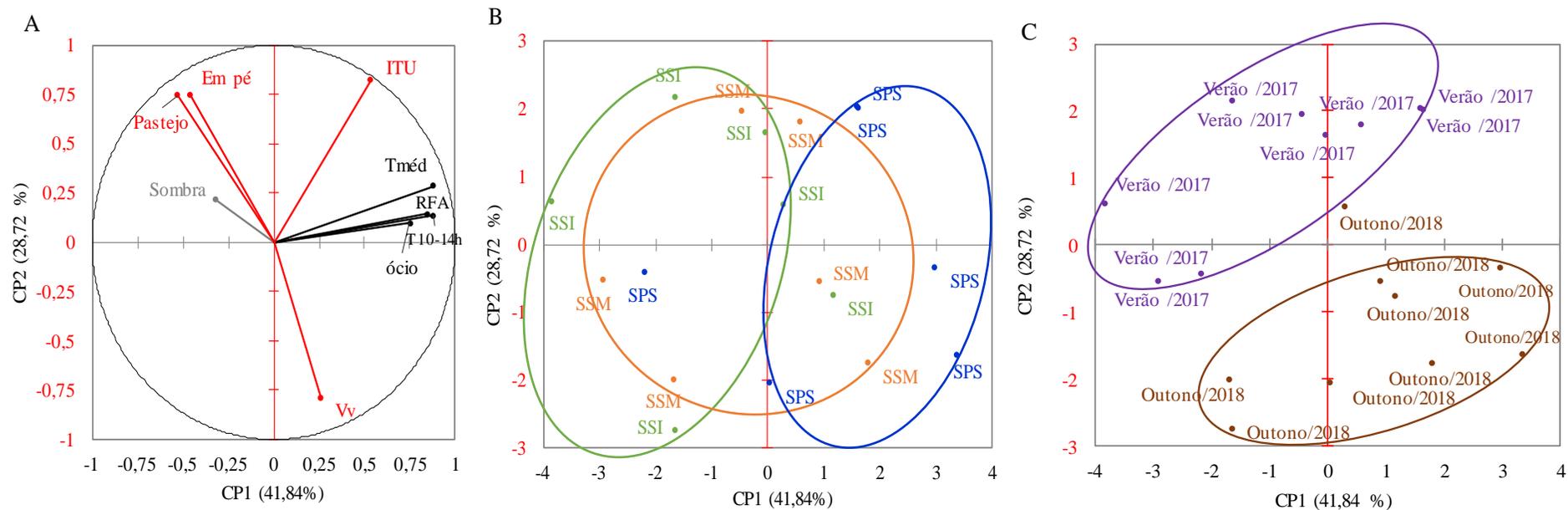


Figura 53. Análise de Componentes Principais. (A) Círculo de correlações das componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2). Variáveis associadas à CP1 apresentam vetores em preto: Frequência de vacas em ócio= Ócio; Temperatura média do ar= T_{méd}; Temperatura média 10 às 14h00= T_{10-14h}; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA. Variáveis associadas à CP2 apresentam vetores em vermelho: Frequência de vacas em pastejo= Pastejo; Frequência de vacas em pé= Em pé; Índice de temperatura e umidade= ITU; Velocidade do vento= V_v. (B). Variáveis associadas à CP3 apresentam vetores em cinza: Sombra. Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela taxa de sombreamento (pleno sol – SPS - Azul; sombreamento moderado – SSM – Laranja e sombreamento intenso - SSI- Verde). (C). Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela estação (verão/2017 -roxo e outono/2018 - marrom).

A CP3 diferenciou o sistema pleno sol dos sistemas sombreados com menor frequência de animais à sombra. Os sistemas sombreados ficaram agrupados como semelhantes (Figura 54).

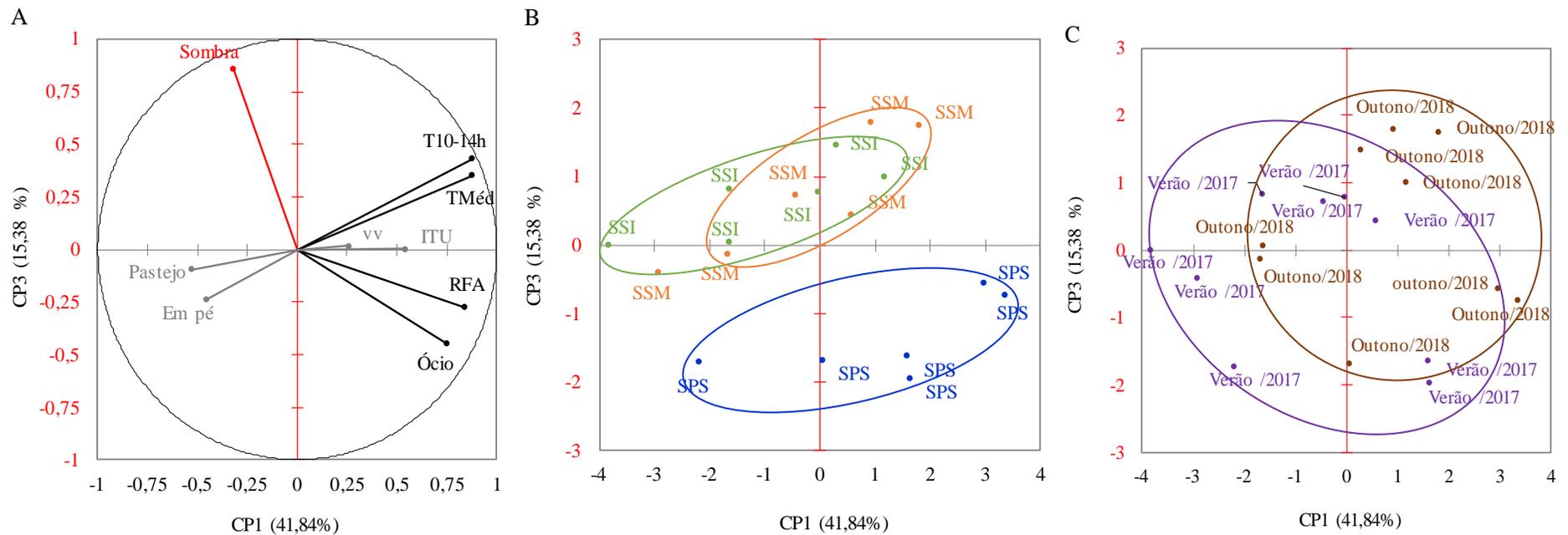


Figura 54. Análise de Componentes Principais. (A) Círculo de correlações das componentes principais 1 e 3 (CP1 e CP3). Variáveis associadas à CP1 apresentam vetores em preto: Frequência de vacas em ócio= Ócio; Temperatura média do ar= Tméd; Temperatura média 10 às 14h00= T10-14h; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA. Variáveis associadas à CP3 apresentam vetores em vermelho: Frequência de vacas à sombra. CP2 em cinza: Frequência de vacas em pastejo= Pastejo; Frequência de vacas em pé= Em pé; Índice de temperatura e umidade= ITU; Velocidade do vento= vv. (B) Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP3 pela taxa de sombreamento (pleno sol – SPS – Azul; sombreamento moderado – SSM – Laranja e sombreamento intenso - SSI- Verde). (C). Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP3 pela estação (verão/2017 -roxo e outono/2018 - marrom).

Conforme a matriz de correlações Pearson (Tabela 33), a frequência de vacas à sombra apresentou correlação negativa com frequência de vacas em ócio (-0,5062). Por sua vez, a frequência de vacas em ócio apresentou correlação positiva com a radiação fotossinteticamente ativa (+0,6704) e temperatura média do ar (+0,4946). Além disso, a frequência de vacas em pé apresentou uma alta correlação positiva com frequência de vacas em pastejo (+0,7564) e negativa com a variável velocidade do vento (-0,5973). A frequência de vacas em pastejo apresentou correlação negativa com a velocidade do vento (-0,5874). O índice de temperatura e umidade apresentou correlação positiva com a temperatura média do ar (+0,7160) e a radiação fotossinteticamente ativa (+0,5831).

Tabela 33. Matriz de correlação (Pearson) entre as variáveis utilizadas na análise de componentes principais em função dos sistemas de produção e estações verão/2017 e outono/2018.

Variáveis	Sombra	Em pé	Pastejo	Ócio	Tméd	T10-14h	RFA	Vv	ITU
Sombra	1								
Em pé	0,1199	1							
Pastejo	0,2366	0,7564	1						
Ócio	-0,5062	-0,2149	-0,3302	1					
Tméd	0,0324	-0,2579	-0,2818	0,4946	1				
T10-14h	0,0695	-0,3858	-0,4162	0,4508	0,9819	1			
RFA	-0,4184	-0,1626	-0,2808	0,6704	0,6522	0,6027	1		
Vv	-0,2200	-0,5973	-0,5874	0,0019	0,0203	0,1186	0,2125	1	
ITU	-0,0062	0,3484	0,3764	0,4488	0,7160	0,5794	0,5831	-0,4547	1

Valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha = 0,05$ pelo teste “t” de Student. Frequência de vacas à sombra= Sombra; Frequência de vacas em pé= Em pé; Frequência de vacas em pastejo= Pastejo; Frequência de vacas em ócio= Ócio; Temperatura média do ar= Tméd; Temperatura média do ar (10-14h) = T10-14h; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Velocidade do vento= Vv; Índice de temperatura e umidade= ITU.

4.4.2 Inverno/2018 (uma ordenha com uso de silagem)

Análise do desempenho animal e microclima – Análise discriminante

A análise discriminante dos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso foi significativa pelo teste de lambda de Wilks ($p < 0,0001$). Ainda de acordo com teste unidimensional de igualdade das médias das classes, as variáveis que melhor discriminaram os sistemas neste período foram: a produção de leite, a radiação fotossinteticamente ativa e a velocidade do vento ($p < 0,05$). O autovalor do Fator 1 ajudou a discriminar até 99,76% da variabilidade entre os sistemas, enquanto o Fator 2 discriminou apenas 0,24%, entretanto, verificou-se que tanto o Fator 1 quanto o Fator 2 foram significativos pelo teste de Bartlett ($p_{F1} = 0,000$; $p_{F2} = 0,0077$).

De acordo com a correlação entre variável e fator, a radiação fotossinteticamente ativa e a velocidade do vento esteve mais associada ao Fator 1, enquanto a produção de leite esteve mais associada ao Fator 2 (Figura 55A e 55B). O sistema pleno sol diferenciou dos sistemas com sombra por apresentar maiores valores de radiação fotossinteticamente ativa e maior velocidade do vento, conforme associado ao Fator 1. Apesar do sistema sombreamento moderado estar oposto ao sentido do vetor de produção de leite, todos os sistemas se encontram muito próximos ao eixo determinante (Figura 55).

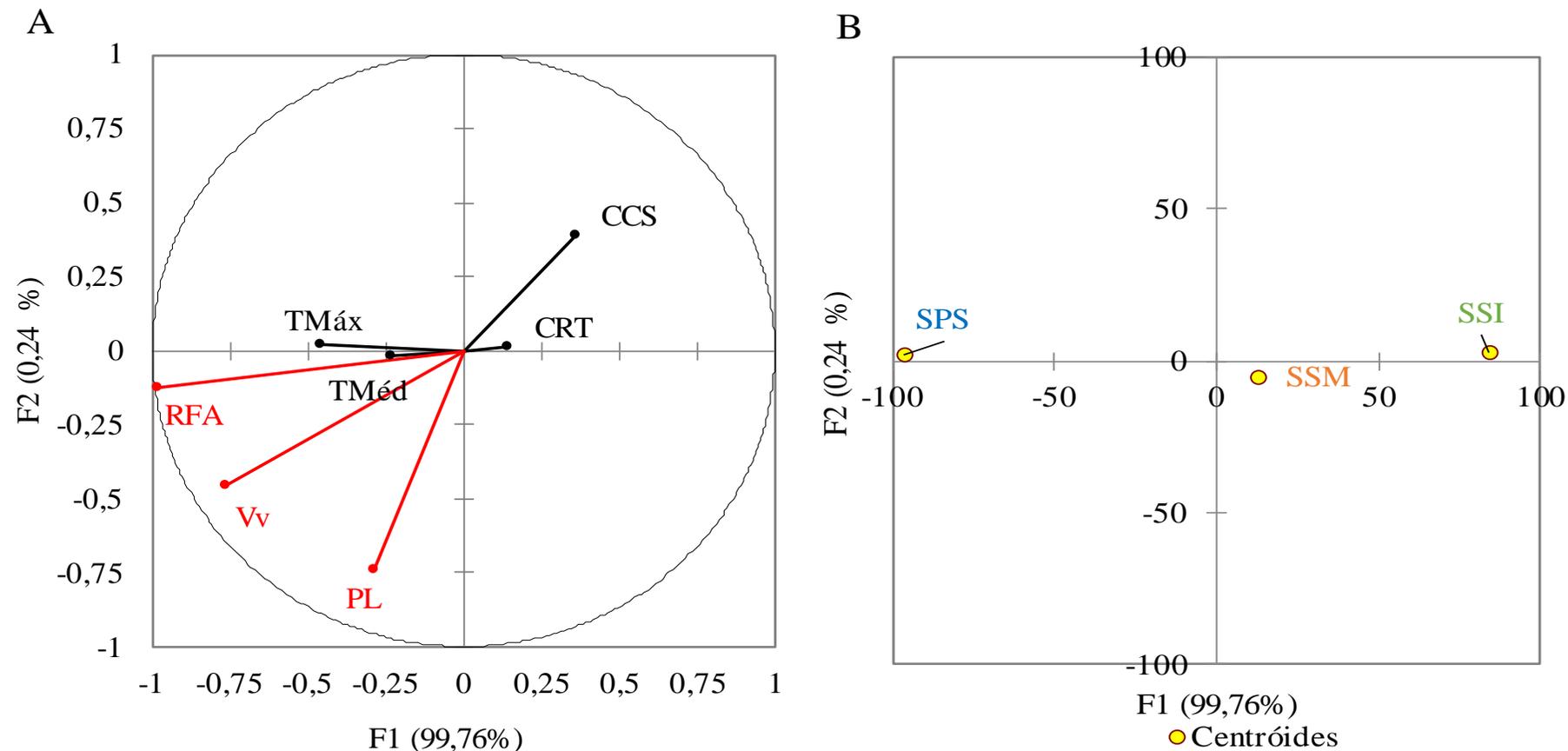


Figura 55. Gráfico bidimensional da análise discriminante dos sistemas de produção no inverno/2018. (A) variáveis discriminantes em vermelho: produção de leite (PL), radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e velocidade do vento (Vv). Variáveis não discriminantes em preto: temperatura média do ar (TMéd), temperatura máxima do ar (TMáx), contagem de células somáticas (CCS) e consumo de ração (CRT). (B) Discriminação dos sistemas pleno sol (SPS-Azul), sombreamento moderado (SSM-Laranja) e sombreamento intenso (SSI- Verde).

Análise do desempenho animal e microclima – Análise dos componentes principais

Entre os componentes principais, apenas os dois primeiros apresentaram autovalor maior que a unidade . A CP1 e a CP2 juntas foram capazes de explicar até 70,19% da variabilidade entre as observações no sistema (Tabela 34).

Tabela 34. Autovalores da análise de componentes principais (CP1 e CP2) dos sistemas de produção no verão/2017 e outono/2018.

Componentes	CP1	CP2
Autovalor	2,9749	1,9382
Variabilidade (%)	42,4983	27,6884
% acumulada	42,4983	70,1867

Valores em negrito correspondem ao autovalor acima da unidade.

As variáveis associadas à CP1 foram: contagem de células somáticas, temperaturas média e máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. Na CP2, a variável de maior relevância foi a produção de leite (Tabela 35).

Tabela 35. Cossenos quadrados das variáveis de componentes principais (CP1 e CP2) dos sistemas de produção no inverno/2018.

Componentes Principais	CP1	CP2
Consumo de ração	0,0087	0,2946
Produção de leite	0,0458	0,6777
Contagem de células somáticas	0,3949	0,0029
Temperatura média do ar	0,5270	0,3885
Temperatura máxima do ar	0,7128	0,2527
Radiação fotossinteticamente ativa	0,7226	0,0902
Velocidade do vento	0,5630	0,2316

Valores em negrito correspondem para cada variável ao fator para o qual o cosseno quadrado é o maior.

A CP1 apresentou o melhor contraste entre os sistemas pleno sol e sombreamento intenso, com maiores valores de temperaturas média e máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento e menor valor para contagem de células somáticas (Figura 56); já o sistema sombreamento moderado apresentou um padrão de resposta mais próximo a do sistema pleno sol, em relação ao sistema sombreamento intenso. A CP2 não esteve associada a distinção dos sistemas, estando relacionada a algum efeito de resíduo.

De acordo com a matriz de correlações Pearson (Tabela 36). A radiação fotossinteticamente ativa apresentou uma correlação alta e positiva com a velocidade do vento (+0,8352). A temperatura média apresentou correlação altamente positiva com a temperatura máxima do ar (+0,9688).

Tabela 36. Matriz de correlação (Pearson) entre as variáveis utilizadas na análise de componentes principais, para a estação de inverno/2018.

Variáveis	CRT	PL	CCS	TMéd	TMáx	RFA	Vv
CRT	1						
PL	-0,2514	1					
CCS	0,2435	-0,1450	1				
TMéd	0,1840	-0,2758	-0,3778	1			
TMáx	0,1273	-0,2037	-0,4308	0,9688	1		
RFA	-0,1219	0,3370	-0,4149	0,3374	0,5483	1	
Vv	-0,1536	0,5249	-0,2620	0,2236	0,3767	0,8352	1

Valores em negrito são diferentes de 0, com 5% de probabilidade de erro pelo teste “t” de Student. CRT=Consumo de ração; PL= Produção de leite; CCS= contagem de células somáticas; TMéd=temperatura média do ar; T10-14h= temperatura média do intervalo entre 10-14h do ar; RFA=Radiação fotossinteticamente ativa; Vv= Velocidade do vento.

Análise do comportamento animal – Análise dos componentes principais

Os três primeiros componentes principais apresentaram valor maior que a unidade, e juntos os três componentes foram capazes de explicar até 88,74% da variabilidade entre as observações no sistema (Tabela 37).

Tabela 37. Autovalores da análise de componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos sistemas de produção no inverno/2018.

Componentes	CP1	CP2	CP3
Autovalor	4,6111	2,0682	1,3071
Variabilidade (%)	51,2340	22,9800	14,5236
% acumulada	51,2340	74,2139	88,7376

Valores em negrito correspondem ao autovalor acima da unidade.

As variáveis mais associadas à CP1 foram: frequência de vacas à sombra e em pé, temperatura média e temperatura média do intervalo entre 10 e 14h00, velocidade do vento e índice de temperatura e umidade. Para a CP2, a variável de maior relevância foi a radiação fotossinteticamente ativa. Em CP3, o destaque foi para as variáveis visita ao cocho de silagem e frequência de animais em ócio (Tabela 38).

Tabela 38. Cossenos quadrados das variáveis de componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos sistemas de produção no inverno/2018.

Componentes Principais	CP1	CP2	CP3
Frequência de vacas à sombra	0,6871	0,1833	0,0117
Frequência de vacas em pé	0,7214	0,0987	0,0014
Visita ao cocho de silagem	0,1611	0,0238	0,6722
Frequência de vacas em ócio	0,1352	0,0442	0,5947
Temperatura média do ar	0,5428	0,4529	0,0014
Temperatura média do ar (10-14h)	0,5407	0,4504	0,0066
Radiação fotossinteticamente ativa	0,3443	0,6509	0,0000
Velocidade do vento	0,6671	0,0156	0,0152
Índice de temperatura e umidade	0,8113	0,1484	0,0040

Valores em negrito correspondem para cada variável ao fator para o qual o cosseno quadrado é o maior.

A CP1 esteve mais associada aos sistemas de produção com maiores valores de frequência de vacas em pé, temperatura média do ar; temperatura média do ar no intervalo entre 10 e 14h00; velocidade do vento; índice de temperatura e umidade, e menor frequência de vacas à sombra para o sistema pleno sol em relação ao sistema sombreamento intenso. O sistema sombreamento moderado apresentou um padrão de resposta intermediário entre os sistemas citados (Figura 57). Para a CP1 e CP3, não foi possível diferenciar as observações nos sistemas estando mais associados a efeito de resíduo (Figura 58).

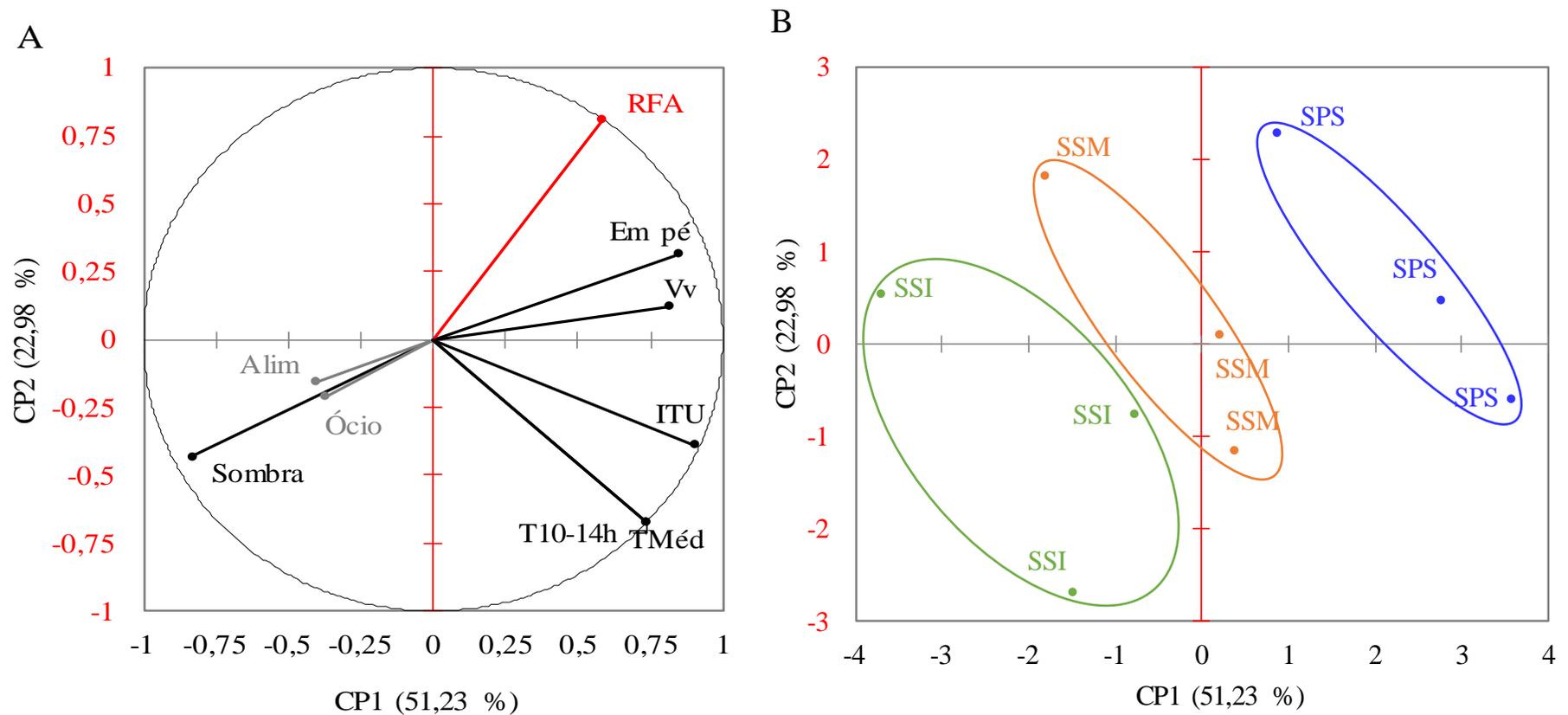


Figura 57. Análise de Componentes Principais no inverno/2018. (A) Círculo de correlações das componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2). Variáveis associadas à CP1 apresentam vetores em preto: Frequência de vacas à sombra= Sombra; Frequência de vacas em pé= Em pé; Temperatura média do ar= Tméd; Temperatura média do ar no intervalo entre 10 e 14h00= T10-14h; Velocidade do vento= Vv; Índice de temperatura e umidade= ITU. Variáveis associadas à CP2 apresentam vetores em vermelho: Radiação fotossinteticamente ativa= RFA. Variáveis associadas à CP3 apresentam vetores em cinza: Frequência de vacas em ócio= Ócio; Visita ao cocho de silagem= Alim. (B) Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela taxa de sombreamento (pleno sol – SPS - Azul; sombreamento moderado – SSM – Laranja e sombreamento intenso - SSI- Verde).

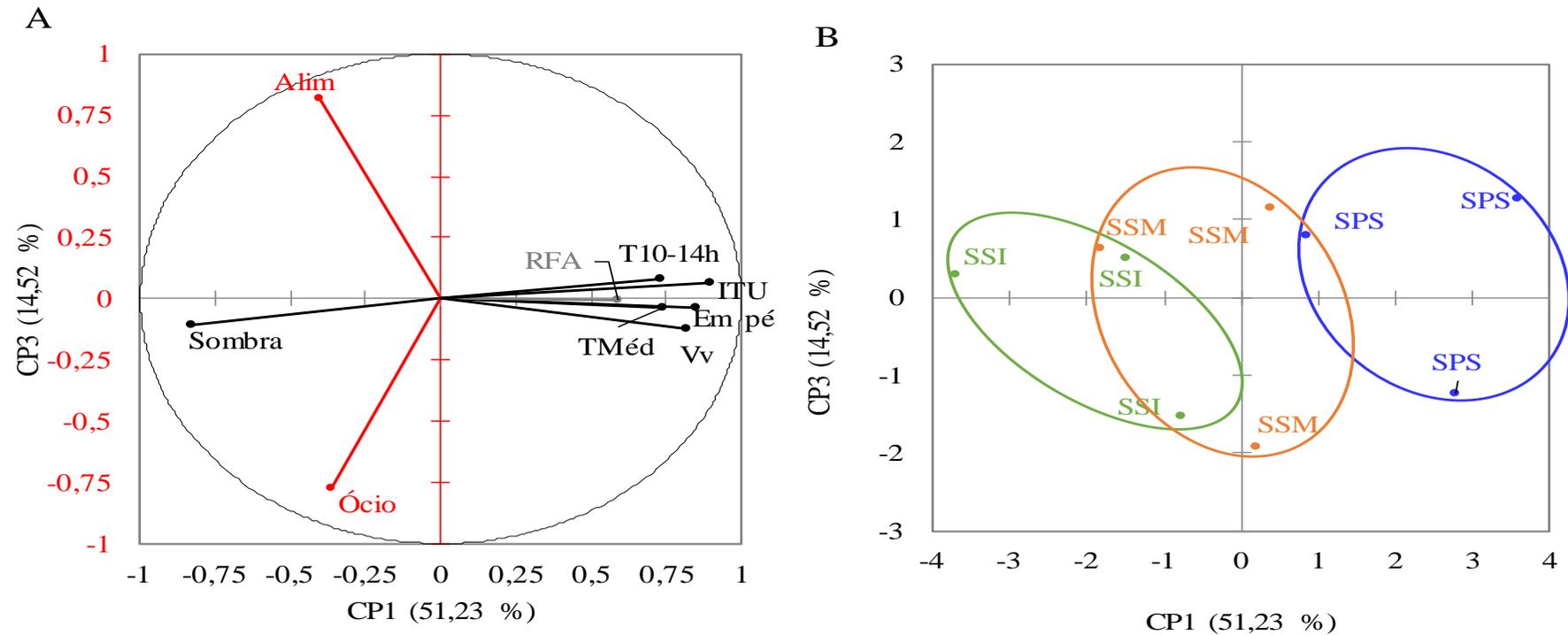


Figura 58. Análise de Componentes Principais no inverno/2018. (A) Círculo de correlações das componentes principais 1 e 3 (CP1 e CP3). Variáveis associadas à CP1 apresentam vetores em preto: Frequência de vacas à sombra= Sombra; Frequência de vacas em pé= Em pé; Temperatura média do ar= Tméd; Temperatura média do ar no intervalo entre 10 e 14h00= T10-14h; Velocidade do vento= Vv; Índice de temperatura e umidade= ITU. Variáveis associadas à CP2 apresentam vetores em cinza: Radiação fotossinteticamente ativa= RFA. Variáveis associadas à CP3 apresentam vetores em vermelho: Frequência de vacas em ócio= Ócio; Visita ao cocho de silagem= Alim. (B) Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP3 pela taxa de sombreamento (pleno sol – SPS - Azul; sombreamento moderado – SSM – Laranja e sombreamento intenso - SSI- Verde).

De acordo com a matriz das correlações (Tabela 39), foi verificado que a frequência de vacas à sombra apresentou alta correlação negativa com a frequência de vacas em pé (-0,8947) e com a radiação fotossinteticamente ativa (-0,8367). A frequência de vacas em pé teve alta correlação positiva com a radiação fotossinteticamente ativa (+0,7407) e o índice de temperatura e umidade (+0,7039). A temperatura média do ar apresentou correlação alta e positiva com a temperatura média entre 10 e 14h (+0,9902), e com o índice de temperatura e umidade (+0,9105). A temperatura média entre 10 e 14h apresentou correlação alta e positiva com índice de temperatura e umidade (+0,9268).

Tabela 39. Matriz de correlação (Pearson) entre as variáveis utilizadas na análise de componentes principais para a estação de inverno/2018.

Variáveis	Sombra	Em pé	Alim	Ócio	TMéd	T10-14h	RFA	Vv	ITU
Sombra	1								
Em pé	-0,8947	1							
Alim	0,2328	-0,3198	1						
Ócio	0,3532	-0,2104	-0,2787	1					
TMéd	-0,3041	0,3956	-0,2355	-0,1212	1				
T10-14h	-0,3402	0,4050	-0,1264	-0,1899	0,9902	1			
RFA	-0,8367	0,7407	-0,3497	-0,3733	-0,1096	-0,1093	1		
Vv	-0,5717	0,5653	-0,5225	-0,3810	0,5503	0,5001	0,5949	1	
ITU	-0,6416	0,7039	-0,2098	-0,2321	0,9105	0,9268	0,2153	0,5811	1

Valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha = 0,05$ pelo teste “t” de Student. Frequência de vacas à sombra= Sombra; Frequência de vacas em pé= Em pé; Visita ao cocho de silagem= Alim; Frequência de vacas em ócio= Ócio; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura média no intervalo entre 10-14h= T10-14h; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Velocidade do vento= Vv; Índice de temperatura e umidade= ITU.

4.4.3 Primavera/2018 e verão/2018 (Uma ordenha)

Análise integrada da produção vegetal e animal - Análise discriminante (AD)

A análise discriminante dos sistemas de produção foi significativa pelo teste de lambda de Wilks ($p < 0,0001$). Com o teste unidimensional de igualdade das médias das classes, identificou-se que as variáveis que melhor discriminaram os sistemas de produção foram: produção de leite, aproveitamento de forragem, massa de forragem pré-pastejo, massas secas de lâminas foliares e de colmos pré-pastejo, densidade volumétrica da forragem, teor de proteína bruta, e radiação fotossinteticamente ativa ($p < 0,05$), sendo a maioria delas associadas a função F1 (74,89%), e apenas a produção de leite se associou com a F2 (25,11%) (Figura 59).

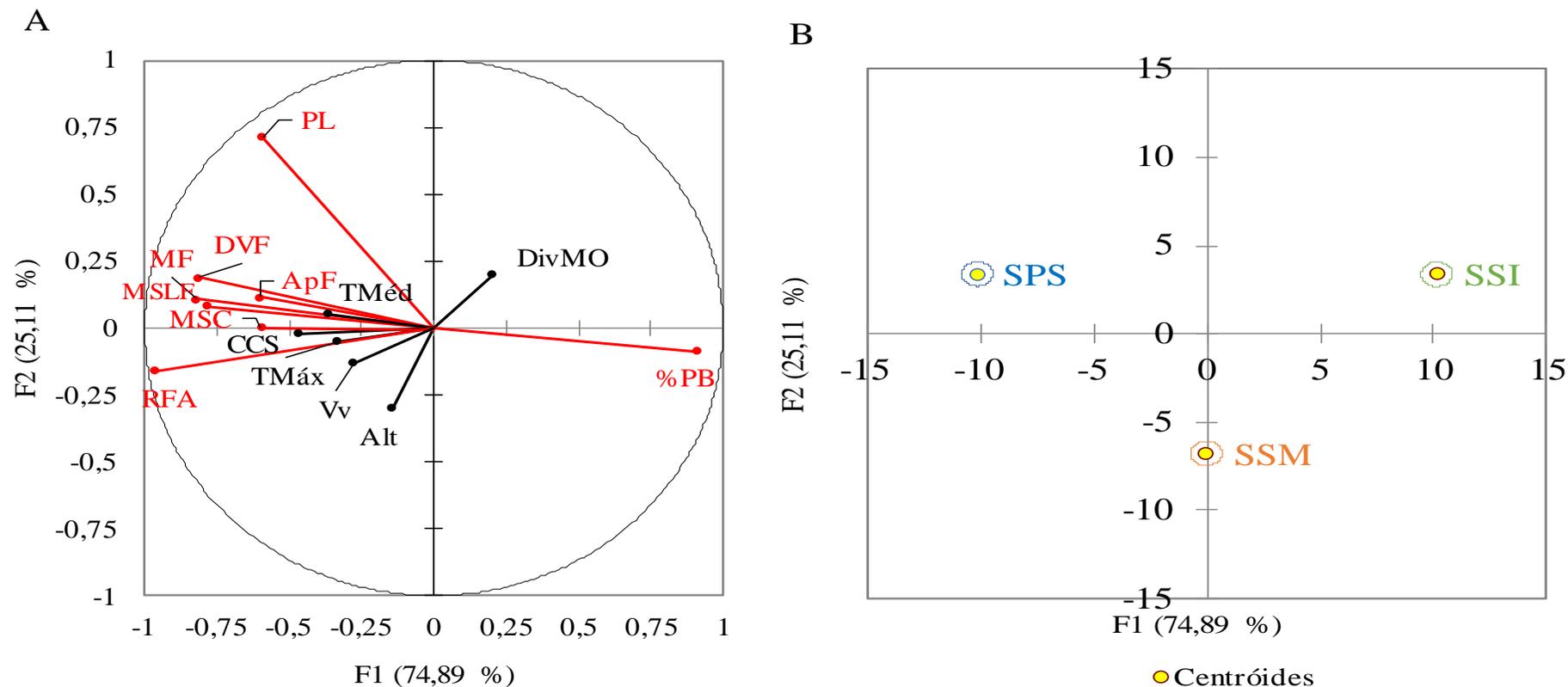


Figura 59. Gráfico bidimensional da análise discriminante dos sistemas de produção na primavera/2018 e verão/2018. (A) variáveis discriminantes em vermelho: Produção de leite= PL; Teor de proteína bruta= %PB; Aproveitamento de forragem= ApF; Radiação fotossinteticamente ativa=RFA; Densidade volumétrica da forragem= DVF; Massa de forragem pré-pastejo= MF; Massas secas de lâminas foliares= MSLF; Massa seca de colmos= MSC. Variáveis não discriminantes em preto: temperatura média do ar (TMéd), temperatura máxima do ar (TMáx), Altura pré-pastejo (Alt), digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DivMO), contagem de células somáticas (CCS) e velocidade do vento (Vv). (B) Discriminação dos sistemas pleno sol (SPS-Azul), sombreamento moderado (SSM-Laranja) e sombreamento intenso (SSI-Verde).

Conforme verificado na análise discriminante, maiores valores para produção de leite, radiação fotossinteticamente ativa, aproveitamento de forragem, densidade volumétrica da forragem, massa de forragem pré-pastejo; massa seca de lâminas foliares; massa seca de colmos, além dos menores teores para proteína bruta, caracterizaram melhor o sistema pleno sol; já o sistema sombreamento moderado foi caracterizado pelos valores intermediários entre os dois sistemas (Figura 59). Nesta fase, houve clara discriminação entre os sistemas pleno sol e sombreamento intenso para maior produção de leite em relação ao sistema sombreamento moderado.

A discriminação entre as estações foi significativa para o teste de lambda de Wilks ($p=0,0001$) (Figura 60A). De acordo com o teste unidirecional de igualdade das médias das classes, as variáveis que discriminaram as estações primavera/2018 e verão/2018 foram: Contagem de células somáticas, altura pré-pastejo, massa seca de colmos, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, temperatura média do ar, velocidade do vento. A primavera/2018 foi caracterizada pelos maiores valores de temperatura média do ar, velocidade do vento e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, além dos menores valores para altura pré-pastejo, contagem de células somáticas e massa seca de colmos em relação ao verão/2018 (Figura 60).

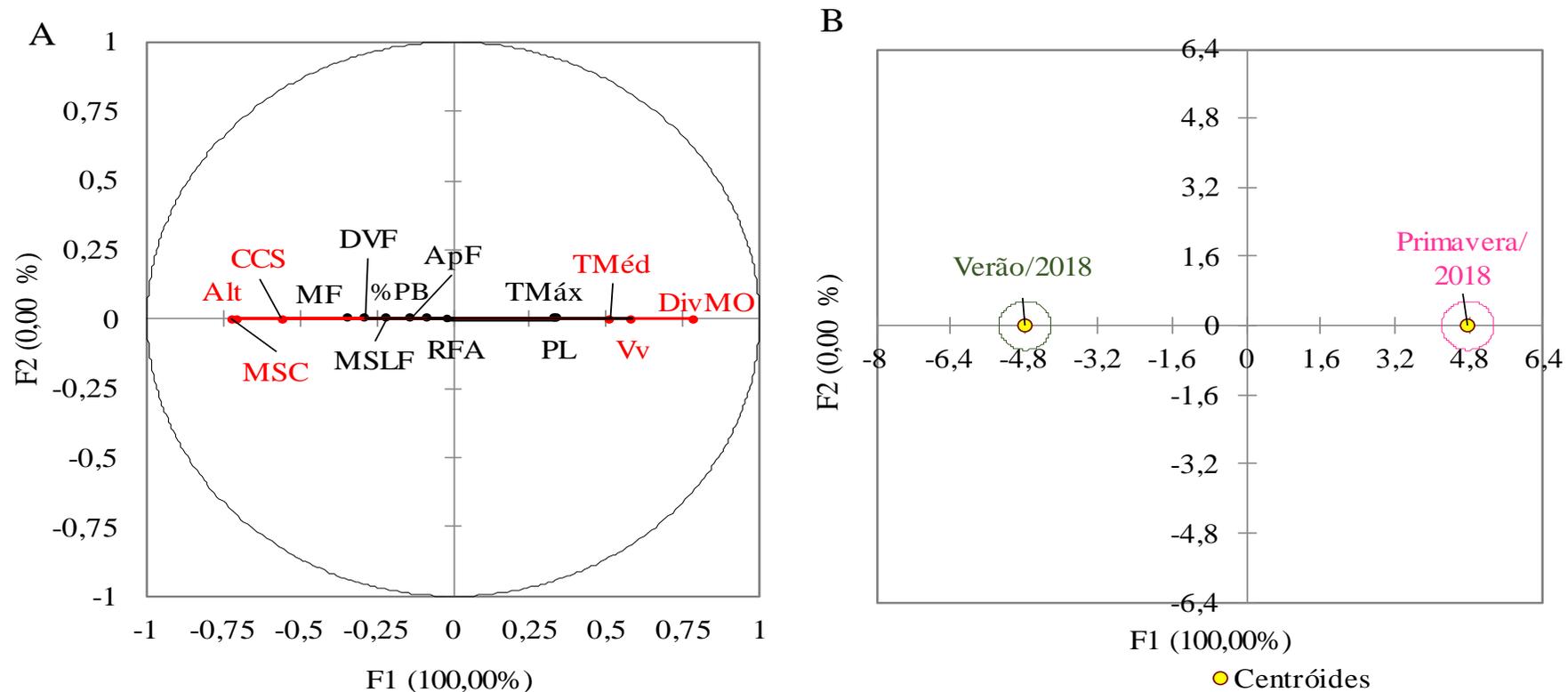


Figura 60. Gráfico bidimensional da análise discriminante das estações primavera/2018 e verão/2018. (A) variáveis discriminantes em vermelho: contagem de células somáticas= CCS; altura pré-pastejo= Alt; velocidade do vento= Vv; massa seca de colmos= MSC; digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica= DivMO; temperatura média do ar= TMéd. Variáveis que não discriminaram em preto: Massa de forragem pré-pastejo= MF; densidade volumétrica da forragem= DVF; massa seca de lâminas foliares pré-pastejo= MSLF; teor de proteína bruta= %PB; Aproveitamento de forragem= ApF; radiação fotossinteticamente ativa= RFA; temperatura máxima= TMáx; e produção de leite= PL. (B) Discriminação das estações primavera/2018 (rosa) e verão/2018 (verde).

Análise integrada da produção vegetal e animal - Análise dos componentes principais

Apenas os três primeiros componentes apresentaram autovalor acima da unidade um (1) e permitiram explicar até 82,48% da variabilidade observada entre os sistemas de produção (Tabela 40).

Tabela 40. Autovalores da análise de componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos sistemas de produção nas estações de primavera/2018 e verão/2018.

Componente	CP1	CP2	CP3
Autovalor	6,3928	3,6957	1,4583
Variabilidade (%)	45,6629	26,3981	10,4166
% acumulada	45,6629	72,0610	82,4775

Valores em negrito correspondem ao autovalor acima da unidade.

As variáveis que apresentaram maiores destaques na CP1 foram: aproveitamento de forragem, massa de forragem pré-pastejo, massas secas de lâminas foliares e colmos, densidade volumétrica da forragem, teor de proteína bruta e a radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 41). Na CP2, as variáveis que melhor discriminaram os sistemas de produção foram a contagem de células somáticas, altura pré-pastejo, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, temperatura média e máxima do ar e velocidade do vento (Tabela 41). A produção de leite esteve associada a CP3.

Tabela 41. Cossenos quadrados das variáveis de componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos sistemas de produção nas estações de primavera e verão/2018.

Componentes Principais	CP1	CP2	CP3
Produção de leite	0,2107	0,1882	0,4483
Contagem de células somáticas	0,2408	0,2971	0,1036
Aproveitamento de forragem	0,6345	0,0071	0,0474
Altura pré-pastejo	0,1565	0,4424	0,2465
Massa de Forragem pré-pastejo	0,9415	0,0066	0,0006
Massa seca de lâminas foliares	0,8642	0,0000	0,0000
Massa seca de colmos	0,7061	0,2094	0,0197
Densidade volumétrica da forragem	0,8954	0,0000	0,0056
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica	0,1636	0,4156	0,1161
Teor de proteína bruta	0,5755	0,0324	0,1262
Temperatura média do ar	0,0859	0,7455	0,0614
Temperatura máxima do ar	0,1227	0,5944	0,2031
Radiação fotossinteticamente ativa	0,7701	0,0464	0,0063
Velocidade do vento	0,0253	0,7106	0,0735

Valores em negrito correspondem para cada variável ao fator para o qual o cosseno quadrado é o maior

A CP1 esteve mais associada aos sistemas de produção, e a CP2 separou claramente as estações, primavera/2018 e verão/2018 (Figura 61). Considerando-se que a CP1 explicou 45,66% da variabilidade e, a CP2, 26,40%, isso indica que a influência dos sistemas de produção sobre as variáveis foi maior do que as estações estudadas. A CP1 destacou o sistema pleno sol do sistema sombreamento intenso pelos maiores valores das variáveis associadas a esta componente, exceto para o teor de proteína bruta, por esta variável ter sido menor no

sistema pleno sol e maior nos sistemas com sombra. O sistema sombreamento moderado apresentou padrão de resposta intermediário entre os sistemas de produção.

A CP2 ajudou a destacar a primavera/2018 do verão/2018, com os maiores valores na primavera/2018 para temperatura média e máxima do ar, velocidade do vento e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, além dos menores valores para altura pré-pastejo e contagem de células somáticas, quando comparados ao verão/2018.

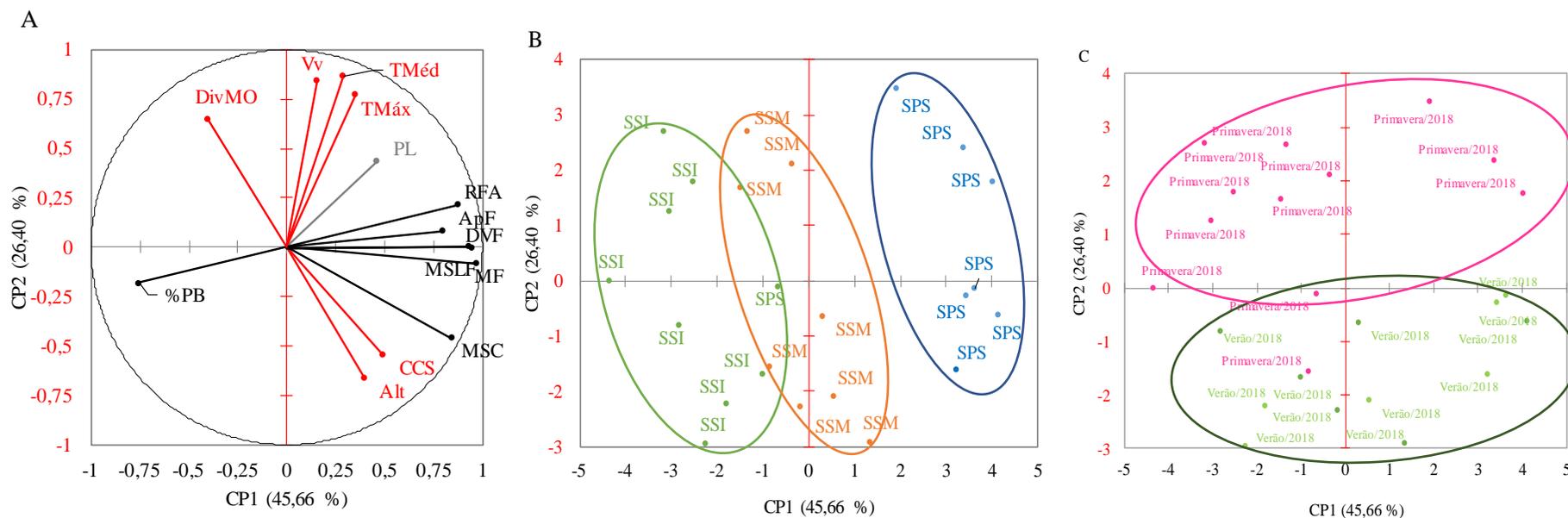


Figura 61. Análise de Componentes Principais. (A) Círculo de correlações das componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2). Variáveis associadas à CP1 apresentam vetores em preto: Aproveitamento de forragem= ApF; massa de forragem pré-pastejo= MF; massa seca de lâminas foliares= MSLF; massa seca de colmos= MSC; densidade volumétrica da forragem= DVF; teor de proteína bruta= %PB e radiação fotossinteticamente ativa= RFA. Variáveis associadas à CP2 apresentam vetores em vermelho: contagem de células somáticas= CCS; altura pré-pastejo= Alt; digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica= DivMO; temperatura média do ar= TMéd; temperatura máxima do ar= TMáx e velocidade do vento= Vv. Variáveis associadas à CP3 apresentam vetores em cinza: produção de leite= PL. (B) Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela taxa de sombreamento (pleno sol – SPS - Azul; sombreamento moderado – SSM – Laranja e sombreamento intenso - SSI-Verde). (C) Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela estação (primavera/2018 -rosa e verão/2018 - verde).

A CP3 destacou os sistemas de produção, porém não foi possível diferenciar as estações do ano (Figura 62). Foi verificado que o sistema pleno sol foi destacado pelos maiores valores de produção de leite comparados ao sistema sombreamento intenso. Já no sistema sombreamento moderado, a produção de leite foi intermediária entre os dois sistemas, com maior proximidade de resposta com àquela do sistema sombreamento intenso.

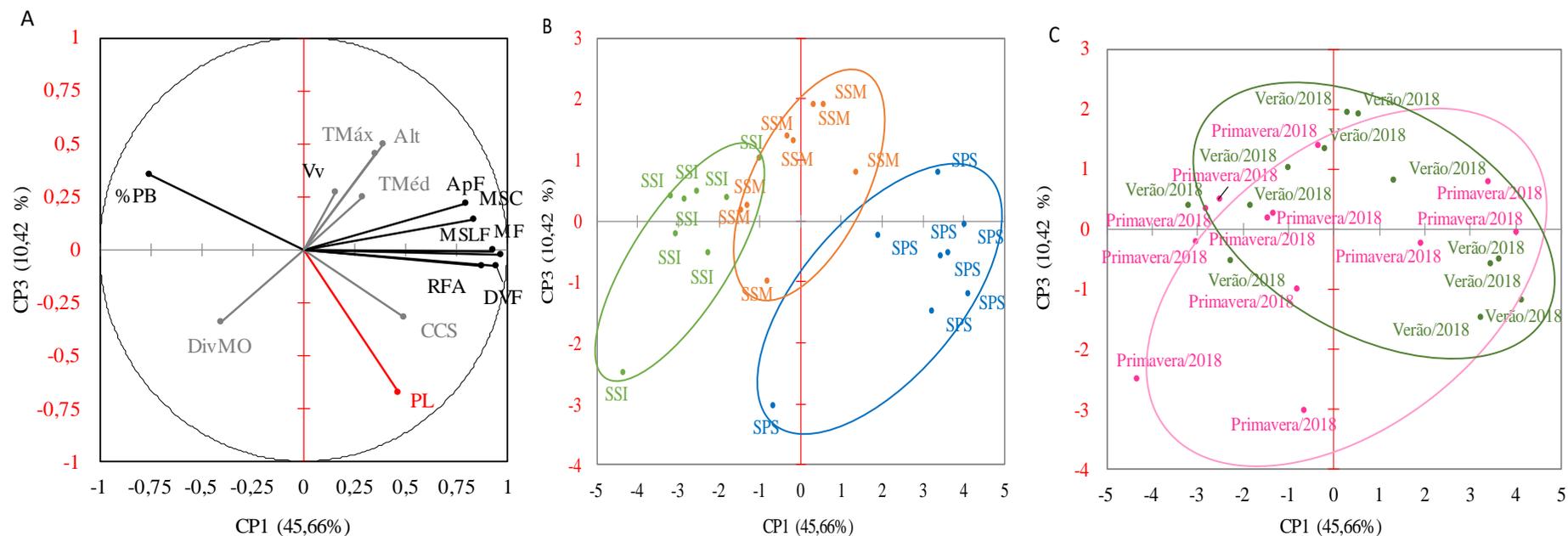


Figura 62. Análise de Componentes Principais. (A) Círculo de correlações das componentes principais 1 e 3 (CP1 e CP3). Variáveis associadas à CP1 apresentam vetores em preto: Aproveitamento de forragem= ApF; massa de forragem pré-pastejo= MF; massa seca de lâminas foliares= MSLF; massa seca de colmos= MSC; densidade volumétrica da forragem= DVF; teor de proteína bruta= %PB e radiação fotossinteticamente ativa= RFA. Variáveis associadas à CP2 apresentam vetores em cinza: Contagem de células somáticas= CCS; altura pré-pastejo= Alt; digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica= DivMO; temperatura média do ar= TMéd; temperatura máxima do ar= TMáx e velocidade do vento= Vv. Variáveis associadas à CP3 apresentam vetores em vermelho: produção de leite= PL. (B) Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP3 pela taxa de sombreamento (pleno sol – SPS - Azul; sombreamento moderado – SSM – Laranja e sombreamento intenso - SSI- Verde). (C) Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP3 pela estação (primavera/2018 -rosa e verão/2018 - verde).

Pode-se verificar na matriz de correlações Pearson (Tabela 42), que a radiação fotossinteticamente ativa influenciou de forma positiva no crescimento vegetal uma vez que apresentou correlação positiva com a massa de forragem (+0,7824) e os seus componentes massas secas de lâminas foliares (+0,7926) e de colmos (+0,5888) pré-pastejo. Porém esta mesma variável apresentou uma alta correlação negativa com o teor de proteína bruta (-0,8472). Por sua vez, foi verificado que, o teor de proteína bruta, além de apresentar correlação negativa com a massa de forragem (-0,6689) e os seus componentes massa seca de lâminas foliares (-0,6318) e de colmos (-0,4360) pré-pastejo, também apresentou correlação negativa com a produção de leite (-0,6050). A variável produção de leite apresentou correlação positiva com massa de forragem pré-pastejo (+0,4330), massa seca de lâminas foliares (+0,4338), densidade volumétrica da forragem (+0,5024) e, radiação fotossinteticamente ativa (+0,4404). A contagem de células somáticas apresentou correlação positiva com altura pré-pastejo (+0,4110), massa seca de lâminas foliares (+0,4122), massa seca de colmos (+0,5953), radiação fotossinteticamente ativa (+0,4598), e correlação negativa com digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (-0,4577) e o teor de proteína bruta (-0,4550). Houve alta correlação positiva entre o aproveitamento de forragem com densidade volumétrica da forragem (+0,8213), massa de forragem pré-pastejo (+0,8142), massa seca de lâminas foliares (+0,7780) e, massa seca de colmos (+0,6783) pré-pastejo e radiação fotossinteticamente ativa (+0,5539). Além disso, também houve correlação negativa entre a altura pré-pastejo e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (-0,6929), e positiva com a massa seca de colmos pré-pastejo (+0,6630).

Tabela 42. Matriz de correlação (Pearson) entre as variáveis utilizadas na análise de componentes principais em função dos sistemas de produção e estações primavera/2018 e verão/2018.

Variáveis	PL	CCS	ApF	Alt	MF	MSLF	MSC	DVF	DivMO	%PB	TMéd	TMáx	RFA	Vv
PL	1													
CCS	0,0905	1												
ApF	0,3438	0,0781	1											
Alt	-0,3978	0,4110	0,3473	1										
MF	0,4330	0,4551	0,8142	0,3909	1									
MSLF	0,4338	0,4122	0,7780	0,3774	0,9038	1								
MSC	0,1039	0,5953	0,6783	0,6630	0,8779	0,7614	1							
DVF	0,5024	0,3945	0,8213	0,2786	0,9821	0,8766	0,8286	1						
DivMO	0,2870	-0,4577	-0,2122	-0,6929	-0,3961	-0,2869	-0,6528	-0,3046	1					
%PB	-0,6050	-0,4550	-0,3803	-0,0573	-0,6689	-0,6318	-0,4360	-0,6396	0,2315	1				
TMéd	0,3395	-0,3259	0,3400	-0,3117	0,1731	0,2742	-0,0994	0,2256	0,3902	-0,2605	1			
TMáx	0,1881	-0,2677	0,3432	-0,1506	0,2383	0,3149	0,0065	0,2671	0,1540	-0,2660	0,9112	1		
RFA	0,4404	0,4598	0,5539	0,1893	0,7824	0,7926	0,5888	0,7589	-0,2191	-0,8472	0,4620	0,4530	1	
Vv	0,2118	-0,3951	0,1361	-0,3701	0,0733	0,0951	-0,2458	0,1005	0,2670	-0,3124	0,7511	0,8430	0,3422	1

Valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha = 0,05$ pelo teste “t” de Student. Produção de leite= PL; Aproveitamento de forragem= ApF; Altura pré-pastejo= Alt; Massa de forragem pré-pastejo= MF; Massa seca de lâminas foliares pré-pastejo= MSLF; Massa seca de colmos pré-pastejo= MSC; Densidade volumétrica da forragem= DVF; Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica= DivMO; Teor de proteína bruta= %PB; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura máxima do ar= TMáx; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Velocidade do vento= Vv.

Análise do comportamento animal à pasto e microclima – Análise discriminante

A análise discriminante nas estações de primavera/2018 e verão2018 em função do comportamento animal, foi significativa pelo teste de lambda de Wilks ($p < 0,0001$). As variáveis que discriminaram os sistemas pelo teste unidimensional de igualdade das médias das classes foram: frequência de vacas à sombra e em pé, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento ($p < 0,05$). As variáveis associadas ao Fator 1 foram: frequência de vacas à sombra, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. Associada ao Fator 2, foi somente a frequência de vacas em pé (Figura 63).

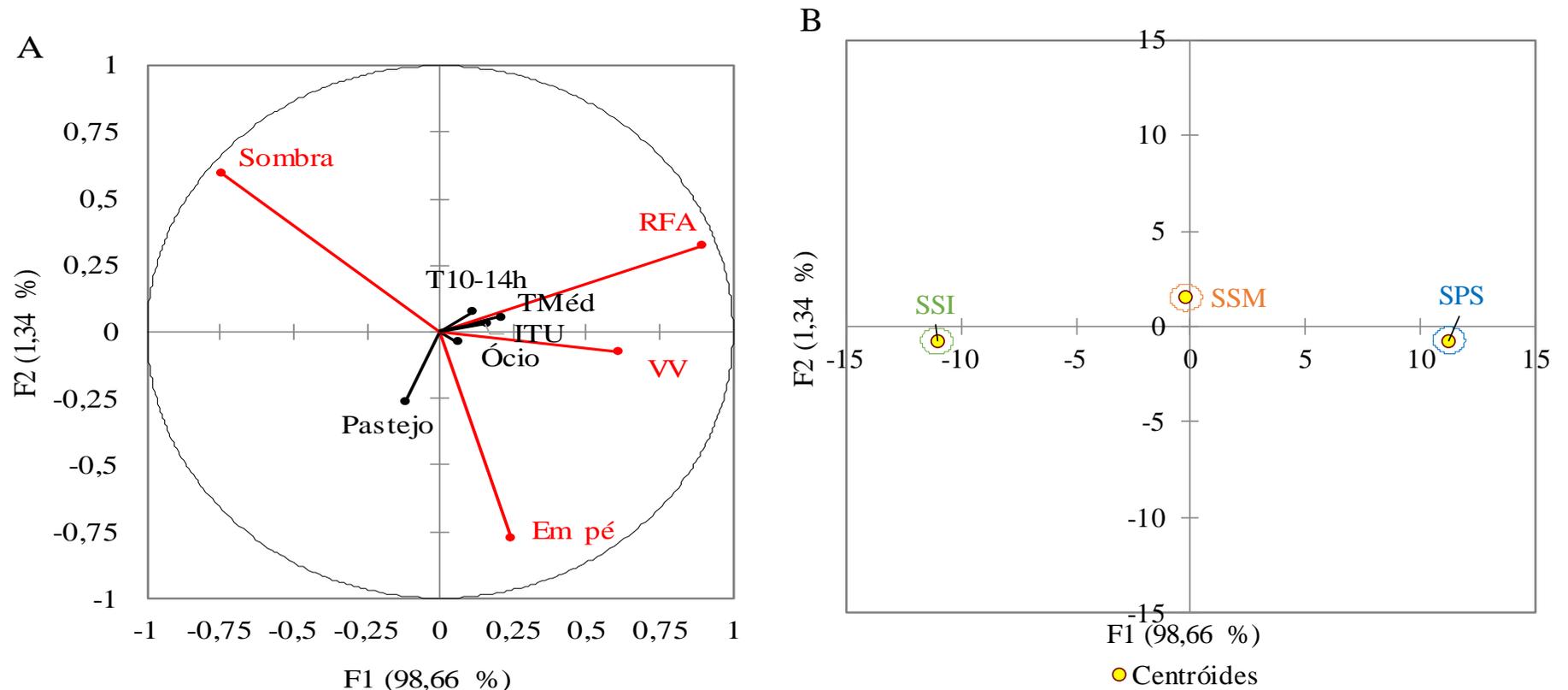


Figura 63. Gráfico bidimensional da análise discriminante dos sistemas de produção na primavera/2018 e verão/2018. (A) variáveis discriminantes em vermelho: Frequência de vacas à sombra= Sombra; Frequência de vacas em pé= Em pé; Radiação fotossinteticamente ativa=RFA; Velocidade do vento= Vv. Variáveis que não discriminaram os sistemas- em preto: Frequência de vacas em pastejo= Pastejo; Frequência de vacas em ócio= Ócio; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura média no intervalo entre 10-14h 00= T10-14h; Índice de temperatura e umidade= ITU. (B) Discriminação dos sistemas pleno sol (SPS-Azul), sombreamento moderado (SSM-Laranja) e sombreamento intenso (SSI- Verde).

Os maiores valores para radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento e menores valores para frequência de vacas à sombra caracterizaram o sistema pleno sol em relação ao sistema sombreamento intenso (Figura 63). Enquanto, para o sistema sombreamento moderado, houve um padrão de resposta intermediária entre os sistemas para estas variáveis. Associada ao Fator 2, o sistema sombreamento moderado se destacou sutilmente dos demais sistemas pela maior frequência de vacas em pé, estando todos próximos ao eixo.

A análise discriminante das estações do ano, foi significativa para o teste de lambda de Wilks ($p < 0,0001$) (Figura 64A). De acordo com o teste unidimensional de igualdade das médias das classes, as variáveis que discriminaram as estações primavera/2018 do verão/2018 foram: Frequência de vacas em pastejo, frequência de vacas em ócio, índice de temperatura e umidade, temperatura média do ar, temperatura média no intervalo entre 10 e 14h 00 ($p < 0,05$). A primavera/2018 foi caracterizada pelos menores valores de frequência de vacas em pastejo, frequência de vacas em ócio, temperatura média do ar, temperatura média no intervalo entre 10-14h 00 e índice de temperatura e umidade e maiores valores para a frequência de vacas em pastejo em relação ao verão/2018 (Figura 64).

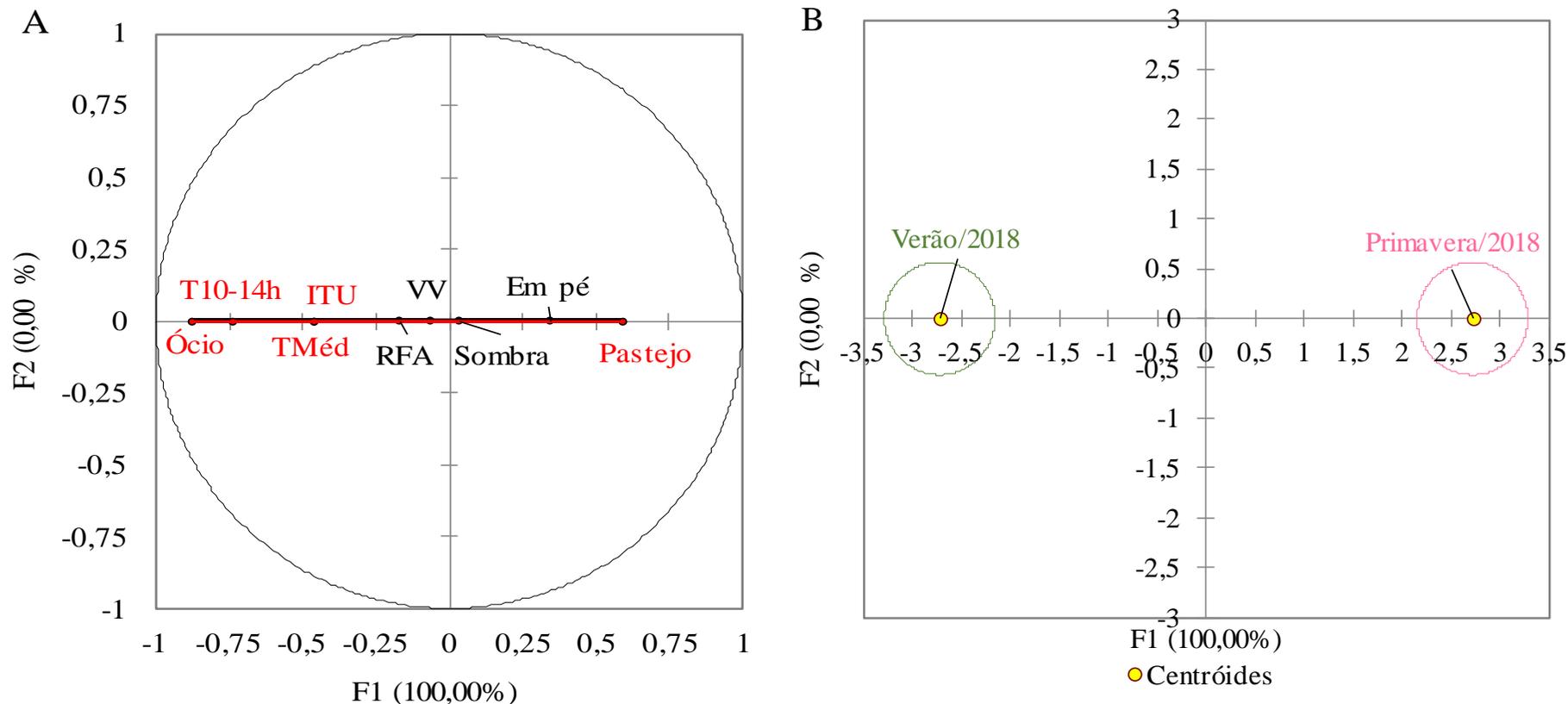


Figura 64. Gráfico bidimensional da análise discriminante das estações primavera/2018 e verão/2018. (A) Variáveis discriminantes em vermelho: Frequência de vacas em pastejo= Pastejo; frequência de vacas em ócio= Ócio; índice de temperatura e umidade= ITU; temperatura média do ar= TMéd; temperatura média no intervalo entre 10-14h 00= T10-14h. Variáveis que não discriminaram em preto: Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Velocidade do vento= Vv; Frequência de vacas à sombra= Sombra; frequência de vacas em pé= Em pé. (B) Discriminação das estações de primavera/2018 (rosa) e verão/2018 (verde).

Análise do comportamento animal à pasto e microclima - Análise de componentes principais

Apenas os dois primeiros componentes apresentaram autovalor mais relevantes acima da unidade e permitiram explicar até 69,60% da variabilidade observada entre os sistemas de produção (Tabela 43).

Tabela 43. Autovalores da análise de componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos sistemas de produção na primavera/2018 e verão/2018.

Componentes	CP1	CP2	CP3
Autovalor	4,1372	2,1272	1,0201
Variabilidade (%)	45,9688	23,6351	11,3342
% acumulada	45,9688	69,6040	80,9382

Valores em negrito correspondem ao autovalor acima da unidade.

As variáveis que apresentaram maior associação ao CP1 foram: frequência de vacas em pastejo, frequência de vacas em ócio, temperatura média, temperatura média no intervalo entre 10-14h, índice de temperatura e umidade. Em CP2, as variáveis com maior associação foram: frequência de vacas à sombra, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento (Tabela 44).

Tabela 44. Cossenos quadrados das variáveis de componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos sistemas de produção na primavera/2018 e verão/2018 em função do comportamento animal.

Componentes Principais	CP1	CP2	CP3
Frequência de vacas à sombra	0,0049	0,8555	0,0349
Frequência de vacas em pé	0,1936	0,2630	0,4829
Frequência de vacas em pastejo	0,7181	0,0096	0,0087
Frequência de vacas em ócio	0,6643	0,0001	0,0002
Temperatura média do ar	0,8441	0,0058	0,0311
Temperatura no intervalo entre 10 e 14h	0,7007	0,0110	0,0381
Radiação fotossinteticamente ativa	0,1630	0,3706	0,2096
Velocidade do vento	0,0147	0,6076	0,1566
Índice de temperatura e umidade	0,8339	0,0040	0,0579

Valores em negrito correspondem para cada variável ao fator para o qual o cosseno quadrado é o maior.

A análise do CP1 (Figura 65) descreveu melhor as respostas para as estações do ano e, a CP2, as observações para os sistemas. O verão/2018 apresentou maiores temperaturas média entre 10 e 14h, temperatura média do ar, índice de temperatura e umidade, frequência de vacas em ócio, além dos menores valores para frequência de vacas em pastejo em relação ao primavera/2018 (Figura 65C).

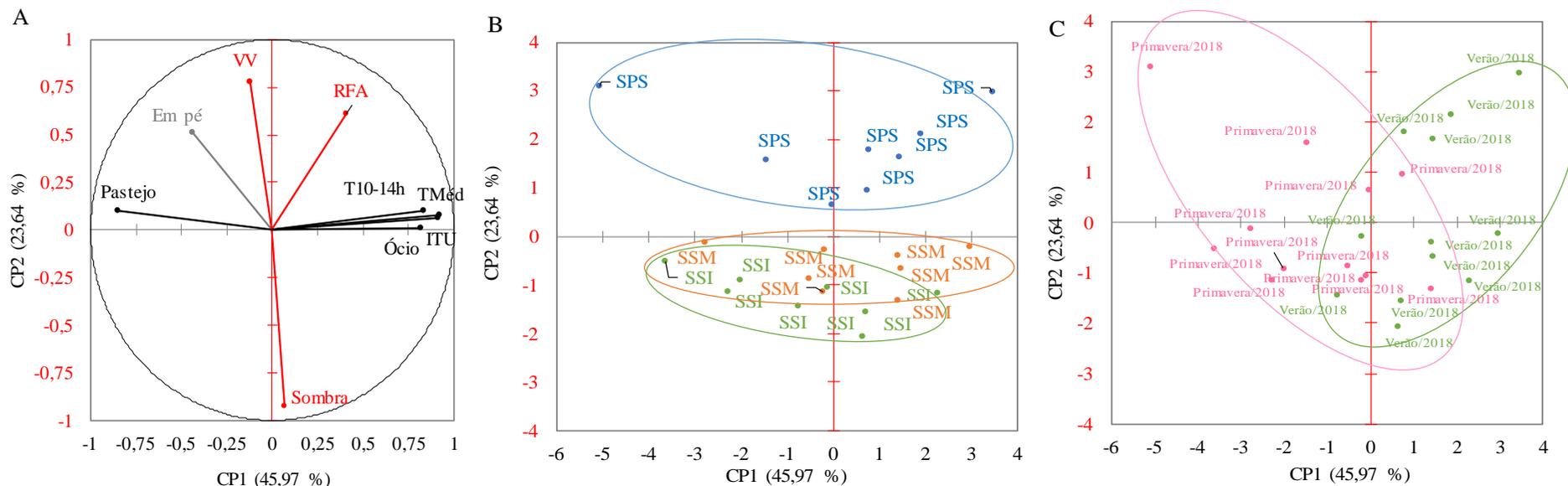


Figura 65. Análise de Componentes Principais. (A) Círculo de correlações das componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2). Variáveis associadas à CP1 apresentam vetores em preto: Frequência de vacas em pastejo= Pastejo; frequência de vacas em ócio= Ócio; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura média no intervalo entre 10 e 14h00= T10 e 14h; Índice de temperatura e umidade= ITU. Variáveis associadas à CP2 apresentam vetores em vermelho: Frequência de vacas à sombra= Sombra; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Velocidade do vento= Vv. Variáveis associadas à CP3 apresentam vetores em cinza: Frequência de vacas em pé= Em pé. Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela taxa de sombreamento (pleno sol – SPS - Azul; sombreamento moderado – SSM – Laranja e sombreamento intenso - SSI-Verde). (C) Apresentação da dispersão das observações no plano CP1 x CP2 pela estação (primavera/2018 -rosa e verão/2018 - verde).

A CP2 apresentou melhor o contraste entre os sistemas pleno sol com os sistemas sombreados, mas não foi possível diferenciar o sistema sombreamento intenso do sistema sombreamento moderado. Foi observado que no sistema pleno sol, maiores valores para velocidade do vento e radiação fotossinteticamente ativa e, menores valores para frequência de vacas à sombra em relação aos sistemas sombreados (Figura 65B).

Conforme verificado na matriz de correlações Pearson (Tabela 45), a temperatura média do ar apresentou correlação alta e positiva com índice de temperatura e umidade (+0,9879), também foi observado que o índice de temperatura e umidade apresentou correlação positiva com a frequência de vacas em ócio (+0,6085). A frequência de vacas em pastejo apresentou correlação negativa com índice de temperatura e umidade (-0,6500), com ócio (-0,7433) e com as temperaturas média do ar e média no intervalo entre 10 e 14h00 (-0,6628 e -0,5985, respectivamente).

Tabela 45. Matriz de correlação (Pearson) entre as variáveis utilizadas na análise de componentes principais em função dos sistemas de produção e estações primavera/2018 e verão/2018.

Variáveis	Sombra	Em pé	Pastejo	Ócio	TMéd	T10 e 14h	RFA	Vv	ITU
Sombra	1								
Em pé	-0,6071	1							
Pastejo	-0,0906	0,4328	1						
Ócio	-0,0381	-0,3499	-0,7433	1					
TMéd	0,0284	-0,2415	-0,6628	0,6268	1				
T10 e 14h	-0,0576	-0,2428	-0,5985	0,6322	0,7480	1			
RFA	-0,4109	-0,1095	-0,3169	0,2538	0,3958	0,2043	1		
Vv	-0,6023	0,1302	0,2023	-0,1036	-0,1112	0,0142	0,4102	1	
ITU	0,0243	-0,2197	-0,6500	0,6085	0,9879	0,8025	0,3143	-0,1100	1

Valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha = 0,05$ pelo teste “t” de Student. Frequência de vacas à sombra= Sombra; frequência de vacas em pé= Em pé; frequência de vacas em pastejo= Pastejo; frequência de vacas em ócio= Ócio; Temperatura média do ar= TMéd; Temperatura média no intervalo entre 10 e 14h= T10-14h; Radiação fotossinteticamente ativa= RFA; Velocidade do vento= Vv; Índice de temperatura e umidade= ITU.

5 DISCUSSÃO

As características de composição e produção do pasto, além do comportamento e de desempenho animal, foram afetadas, de forma concomitante ou não, pelos elementos climáticos nas estações do ano e pelos sistemas de produção (pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso).

5.1 Verão/ 2017 e Outono/2018

Na época referente ao primeiro ano da pastagem após a lavoura, o sistema sombreamento intenso foi caracterizado por apresentar menor massa de forragem com maior concentração de proteína bruta, e menor participação de colmos em relação aos demais sistemas (Figura 48). Isso se deve ao fato de o alto nível de sombreamento reduzir o crescimento vegetal sob as copas das árvores (PACIULLO *et al.*, 2011b), uma vez que a restrição da radiação fotossinteticamente ativa limita a capacidade fotossintética das plantas e, desta forma, a redução do crescimento vegetal contribui para aumentar o efeito de diluição/concentração de nitrogênio, o que explica o maior teor de proteína bruta da forragem (LEIMARE & CHARTIER, 1992; DALE & CAUSTON, 1992). Somado a isso, o manejo por interceptação luminosa promoveu maior estabilização da estrutura do capim-Massai nos sistemas sombreados, o que caracterizou um padrão de resposta diferente daquele frequentemente reportado na literatura, no qual o maior nível de sombreamento promove o estiolamento das plantas e o alongamento de seus colmos, devido a busca por luminosidade (PACIULLO *et al.*, 2008; MARTUSCELLO *et al.*, 2009; BOSI *et al.*, 2014). Assim, por apresentar menores valores de massa de forragem e alturas em função da redução de crescimento, a densidade volumétrica ficou reduzida no sistema sombreamento intenso em relação aos demais sistemas, essa redução também foi observada por outros autores (LOPES *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2019). Neste aspecto deve-se considerar que a menor densidade volumétrica da forragem em ambientes com sombra severa pode reduzir a massa do bocado e a ingestão de forragem por animais em pastejo, o que pode comprometer a produção animal em sistemas silvipastoris (SARMENTO, 2003).

As variáveis microclimáticas foram, conforme esperado, afetadas pelos sistemas de produção com sombreamento que promoveram redução nos valores de radiação fotossinteticamente ativa, temperatura (média e máxima), assim como, velocidade do vento. De acordo com LOPES *et al.* (2017), as copas das árvores têm a capacidade de bloquear uma porção considerável da luz solar, reduzindo seus efeitos. Essa redução que pode ser benéfica sob a ótica de conforto animal, é prejudicial sob a ótica de produção de forragem do pasto (LULU *et al.*, 2019a; PEZZOPANE *et al.*, 2020).

Corroborando estas afirmativas, o sistema pleno sol, que não possuía qualquer barreira e não proporcionou limitações ao crescimento do pasto, mas promoveu as piores condições de conforto para o animal sob seu ambiente (Figura 48). No verão/2017, a incidência da radiação fotossinteticamente ativa no sistema pleno sol foi 50% maior que aquela do sistema sombreamento intenso (Figura 16), porém, foi observado que as vacas do sistema pleno sol realizaram atividade de pastejo em uma frequência menor que as vacas do sistema sombreamento intenso, principalmente no turno da manhã (diferença de 20,7%). De acordo com Ferreira (2005), uma vaca em lactação necessita pastar 10h 00 para consumir quantidade de alimento necessário para produzir 12 kg de leite, entretanto, em ambientes quentes esse padrão de comportamento pode ser alterado, e com isso influenciar na produção de leite. Segundo Silva *et al.* (2009), animais com acesso à sombra são mais eficientes na

atividade de pastejo, nos horários de temperatura mais amena (favorável), por obter equilíbrio térmico.

O sistema sombreamento moderado, por sua vez, ficou caracterizado como um sistema intermediário (área basal de 15,2 m² ha⁻¹), como previamente planejado à elaboração do experimento, no qual buscou-se o equilíbrio entre a melhor produção vegetal e condições minimamente adequadas para o conforto animal (Figura 48). Deve-se considerar que esse equilíbrio possibilita o aumento do consumo de forragem e o desempenho animal sob pastejo, uma vez que o crescimento da forrageira, a estrutura do pasto e o valor nutritivo da forragem são influenciados diretamente pelas condições microclimáticas do ambiente (RODRIGUES *et al.*, 2012), e neste aspecto, esses fatores relacionados ao pasto interferem no consumo animal (SANTOS *et al.*, 2016b). Por sua vez a produção animal é função do consumo e valor nutritivo do alimento ofertado e está diretamente associada com o consumo de matéria seca digestível (CABRAL *et al.*, 2011).

Neste período considerado, as estações se contrastaram pela produção de leite e massa seca de lâminas foliares (Figura 49). No verão/2017, com maior disponibilidade de fatores de crescimento (Tabela 4; Figura 12) em relação ao outono/2018, , houve maior massa de lâminas foliares na composição da forragem, o que garantiu uma maior produção de leite, uma vez que a disponibilidade de folhas afeta de forma considerável o consumo e produção dos animais (CHACON & STOBBS, 1976). Nas últimas semanas do outono/2018, devido à baixa oferta de forragem em função da sazonalidade da produção do capim-Massai, houve fornecimento de silagem de milho no cocho (a partir de 07/06/2018). O período de transição (outono/2018), influenciou a produção individual de leite, que resultou em menores valores para os três sistemas de produção, quando comparado ao verão/2017. Contudo, entre os sistemas de produção, as vacas do sistema pleno sol produziram 6,5% menos leite do que aquelas dos sistemas sombreados (Tabela 13), possivelmente devido ao maior consumo de forragem proporcionado pelo melhor conforto térmico nos ambientes dos sistemas sombreados, mesmo com menor produção de forragem comparado ao sistema pleno sol.

Na análise de componentes principais (Figura 50B), a associação na CP1 entre as variáveis massa de forragem pré-pastejo, massa seca de colmos pré-pastejo, densidade volumétrica da forragem, aproveitamento de forragem, além das variáveis microclimáticas (temperaturas média e máxima do ar, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento), e ainda do teor de proteína bruta, discriminaram os sistemas de produção. Conforme verificado no sistema pleno sol, sem a presença de árvores, os fatores climáticos puderam contribuir de forma mais eficiente sobre a produção de forragem, porém, concomitantemente houve influência na redução do teor de proteína bruta (efeito de diluição). Assim, no sistema com sombreamento moderado, foi possível constatar que houve um equilíbrio entre a produção e a qualidade da forragem, uma vez que foram obtidos valores intermediários entre os outros dois sistemas, devido ao componente florestal presente nas laterais do piquete ter promovido redução da transmissão da radiação fotossinteticamente ativa, temperatura ambiente e velocidade do vento, porém ainda suficientes para permitir maior produtividade do capim-Massai em relação ao sombreamento intenso, e maior valor de proteína bruta comparado ao sistema pleno sol.

A redução proporcional da massa de forragem em função da presença das árvores e da sombra foi de 9,17% do sistema pleno sol para o sistema sombreamento moderado, e de 38,48% para o sombreamento intenso (Figura 23), o que demonstra que é possível manter árvores na pastagem sem afetar drasticamente sua produtividade, desde que promova um ambiente equilibrado. Sabe-se que o crescimento das forrageiras poderá ser prejudicado ou não em ambientes sombreados, a depender de fatores como a tolerância das espécies à sombra, o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores e a competição entre as plantas,

com relação à água e nutrientes do solo (LOPES *et al.*, 2017). Como exemplos, Andrade *et al.* (2004), Matta *et al.* (2008), Medillina-Salinas *et al.* (2013) e Vieira *et al.* (2013) avaliaram cultivares de *Megathyrus maximus* sob diferentes níveis de sombreamento e, encontraram boa tolerância à sombra e produtividade quando comparado a níveis de sombreamento inferiores e até mesmo a pleno sol, e recomendaram o uso destas forrageiras em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris.

Além dos fatores microclimáticos e de sistema, que influenciaram diretamente na maior produção da forragem no sistema pleno sol no verão/2017 (início do período experimental e pós-lavoura), o efeito da adubação residual juntamente com maior resíduo dos restos deixados sobre o solo da lavoura, podem ter contribuído, não somente com a incorporação da matéria orgânica, mas também com a manutenção da umidade no solo. Conforme verificado no trabalho de Carnevalli *et al.* (2019b), na mesma área experimental, verificou que sem restrição de luz, o sistema pleno sol produziu 30% a mais de milho do que em ambientes com componente arbóreo. Assim, juntamente com a influência dos fatores ambientais, este efeito pode ter acelerado o processo de decomposição e mineralização, disponibilizando os nutrientes para a planta, que permitiu maior desenvolvimento e crescimento do capim-Massai no sistema pleno sol comparado aos sistemas sombreados, resultando em maior biomassa produzida. Ainda neste contexto, deve-se considerar que, após a colheita da lavoura foram observados espaços entre touceiras de capim-Massai, que neste pastejo inicial, promoveram um atraso para se alcançar a meta de 95% de interceptação luminosa, e resultou em maior acúmulo de massa de colmos, também mais pesados e numerosos comparados aqueles do sistema sombreamento intenso.

A massa seca de colmos do sistema pleno sol, foi maior que àquelas dos sistemas com sombra, com diferença de 22,42% para o sombreamento moderado e de 41,41% para o sombreamento intenso (Figura 23), respectivamente. De acordo com LOPES *et al.* (2017), esse efeito pode ser justificado pela maior incidência de radiação fotossinteticamente ativa no pasto à pleno sol quando comparado àqueles sob sombra, visto que durante o verão/2017 não houve restrição no balanço hídrico (887,5 mm acumulado no verão/2017; Figura 7), o que comprova que a radiação fotossinteticamente ativa foi o fator limitante para o crescimento de pastos sombreados do que a disponibilidade hídrica. Somado a isso, neste experimento foi observado que os colmos do capim-Massai foram menos espessos e mais leves nos ambientes dos sistemas sombreados, mesmo no sistema sombreamento intenso, do que no sistema a pleno sol, o que não corrobora com o efeito do alongamento de colmos muito relatado na literatura como estratégia da planta em maximizar a interceptação de luz em condições de baixa incidência da RFA (TAIZ & ZEIGER, 1998). O que pode ser atribuído ao manejo do pasto por interceptação luminosa de 95%, devido este manejo permitir controle do crescimento de colmos, mesmo nos sistemas sombreados, onde a pastagem tipicamente expande mais colmos em busca de luminosidade; este fato contribui para explicar a menor massa seca de colmos em ambientes sombreados no primeiro ano pós-lavoura.

O florescimento do capim-Massai ocorreu no outono (2018 e 2019), com redução da massa seca de lâminas foliares, emissão da folha bandeira e alongamento do colmo (Figura 23). Durante esse período, foi necessário adotar uma estratégia de manejo para promover o corte antes que houvesse diferenciação do meristema apical em inflorescência. Para isso, foi adotado a altura de entrada do pré-pastejo de 60 cm nos três sistemas, conforme recomendação para o capim-Massai (TOWNSEND *et al.*, 2011), em substituição à interceptação luminosa de 95%. Isso porque os 95% de interceptação luminosa não eram obtidos nos pastos, em função do alongamento dos colmos e aumento dos entrenós dos perfilhos, o que permitiu maior entrada de luz no interior do dossel (HACK *et al.*, 2007; AMORIM *et al.*, 2020). Em função desse manejo, foi necessário aumentar a taxa de lotação

animal, principalmente no sistema pleno sol e sistema sombreamento moderado, devido a maior massa de forragem em seus pastos. Entretanto, no outono/2018 não foi possível atender à meta de manejo dos pastos somente com os animais teste. no sistema pleno sol, devido ao maior acúmulo de forragem do capim e maior massa de forragem do pasto, foi necessário introduzir mais animais em relação ao sistema sombreamento moderado para manter as metas de manejo do pasto, o que pode ter resultado no maior acúmulo de massa seca de colmos no outono/2018 do que nos sistemas pleno sol e sombreamento intenso (superioridade de 31,12% e 62,91%, respectivamente) (Figura 23), devido a menor taxa de lotação animal no sistema sombreamento moderado (Figura 36). Já no outono/2019, foi possível aumentar a taxa de lotação animal com o lote de novilhas (Figura 35), o que permitiu manutenção do pasto sob as metas estabelecidas e aproveitamento da fase vegetativa do capim-Massai por mais tempo.

Os valores de densidade volumétrica da forragem, foram menores nos sistemas sombreamento moderado e sombreamento intenso, comparados àqueles do sistema pleno sol em 10,48% e 31,76%, respectivamente (Figura 25). Esta maior diferença de densidade volumétrica entre os sistemas pleno sol e sombreamento intenso está associada menor massa de forragem obtida no sistema sombreamento intenso (Figura 23), uma vez que as alturas foram semelhantes entre os sistemas, com média de 65,6 cm (Figura 19) no verão/2017 e outono/2018.

O aproveitamento de forragem, outra variável que esteve associada às variáveis microclimáticas e de crescimento vegetal, foi maior no sistema pleno sol do que nos sistemas sombreados (Tabela 9), devido a maior massa de forragem pré-pastejo e menor massa residual (pós-pastejo) e perdas de forragem. Esse maior aproveitamento pode ter sido influenciado também pelo período de ocupação, que foi maior no sistema pleno sol do que no sistema com sombreamento intenso (Períodos de ocupação médio- Sistemas: pleno sol oito dias; sombreamento moderado e sombreamento intenso seis dias), pois sob maior massa de forragem a ser removida até obter a altura ideal de saída (metade da altura de entrada), e a menor taxa de lotação animal (Figura 35), os animais permaneceram por mais tempo nos piquetes, resultando em maior tempo de pastejo e, conseqüentemente, no maior aproveitamento de forragem comparado ao sistema com sombreamento intenso. Entretanto, sabe-se que um período de ocupação longo, tem como conseqüências tanto a maior seleção dos animais em pastejo, principalmente por folhas mais jovens, como a emissão de novas folhas (novos perfílios) estimulada pela maior frequência de desfolha, o que leva os animais a retornarem mais vezes em uma mesma touceira na buscar pelos brotos. Contudo, a seleção por folhas novas pode levar ao maior acúmulo do material de menor aceitação/preferência (colmos e material morto), e reduzir o valor nutritivo da forragem ofertada para o próximo pastejo, resultando em uma menor eficiência de pastejo. No sistema com sombreamento moderado o aproveitamento de forragem foi intermediário entre os sistemas de produção no verão/2017 (20,3% menor do que no sistema pleno sol e 25,7% maior do que no sistema sombreamento intenso).

No outono/2018, foi verificado que o aproveitamento de forragem no sistema com sombreamento moderado foi semelhante àquele do sistema pleno sol (3.268 kg MS ha⁻¹, em média) e a média de ambos foi 43,8% maior que o aproveitamento do sistema sombreamento intenso (Tabela 9). O menor aproveitamento da forragem no outono/2018 comparado ao verão/2017, nos três sistemas de produção, pode ser explicado pelo início do florescimento do capim-Massai (final de março/2018) promovido pelas variações de temperatura, menor precipitação acumulada, e fotoperíodo reduzido (EUCLIDES *et al.*, 2008) (Figuras 6 e 7), o que estimulou o processo de maturação fisiológica do capim-Massai, conforme verificado com o aumento na massa seca de colmos nessa estação (Figura 23). Contudo, para reduzir o efeito do florescimento na composição morfológica do capim-Massai (principalmente na

relação folha:colmo), e permitir prolongar a sua fase vegetativa, foi adotado como estratégia de manejo a altura (como meta a altura de entrada foi de 60 cm e altura de saída com 50% da altura de entrada) para antecipar a entrada dos animais para o pastejo (com entrada dos animais antes da interceptação luminosa de 95%). Nesse contexto, no outono/2018, foi obtido maior aproveitamento da forragem no sistema pleno sol do que no sistema com sombreamento intenso, devido não haver limitação da produção vegetal pela sombra.

Os teores de proteína bruta variaram de acordo com os sistemas de produção, com aumento de 10,6% no sistema sombreamento moderado e 25,7% no sistema sombreamento intenso, quando comparados ao sistema pleno sol. De forma geral, os valores médios de proteína bruta obtidos nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso (10,1; 11,3 e 13,6%, respectivamente) foram maiores do que os 7% recomendado como mínimo exigido para não comprometer o crescimento microbiano ruminal (VAN SOEST, 1994; LAZZARINI *et al.*, 2009). O efeito positivo da sombra no teor de proteína bruta é amplamente verificado na literatura, e nela são relatadas algumas explicações como: o aumento da degradação da matéria orgânica e reciclagem de nitrogênio no solo em condições de sombreamento natural (WILSON, 1996); como também pelos mecanismos atribuídos e relacionados ao atraso no desenvolvimento ontogenético de plantas cultivadas à sombra intensa (SOUSA *et al.*, 2010) e a redução do tamanho da célula para concentrar nitrogênio; redução na produção de forragem, na qual o nitrogênio absorvido pode exceder ao requerimento metabólico, e resultar em aumento na concentração de nitrogênio na planta (LEIMARE & CHARTIER, 1992; DALE & CAUSTON, 1992). Paciullo *et al.* (2011a) obtiveram valores médios de teores de proteína bruta 51% maiores sob a copa das árvores do que à pleno sol. Lima *et al.* (2019) encontraram aumento de 25% e 33% (para primeiro e segundo ano de avaliação, respectivamente) no teor de proteína bruta da forragem do pasto de *Urochloa decumbens* sob sistema silvipastoril quando comparado àquele do sistema pleno sol.

Sob análise de componentes principais (Figura 50C), a associação na CP2 entre as variáveis produção de leite, altura pré-pastejo e massa seca de lâminas foliares, foi influenciada pela estação do ano (verão/2017 e outono/2018).

O verão/2017 destacou-se pelos maiores valores de massa seca de lâminas foliares, altura e produção individual de leite (Figura 50C), uma vez que as condições microclimáticas no verão/2017 contribuíram para o crescimento vegetal, conforme destaque para altura de pré-pastejo e massa seca de lâminas foliares.

A maior oferta de lâminas foliares durante o verão/2017 também pode ter promovido o aumento na produção de leite, uma vez que se trata do material da composição morfológica da forragem mais selecionado pelos animais em pastejo, devido sua facilidade de apreensão e qualidade nutricional (PAULA *et al.*, 2012). Conforme verificado no Boletim agrometeorológico de acompanhamento da 2ª safra 2017/2018 em Mato Grosso (ZOLIN & LULU, 2018), o verão/2017 foi destacado por sua boa distribuição de chuvas (Figura 6), com precipitação acumulada nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2018, com 329,2; 253,0 e 352,8 mm, respectivamente, ainda, com destaque para os meses de janeiro e março/2018, no qual foram registradas as maiores precipitações acumuladas nos últimos cinco anos. Em contrapartida, no outono/2018, a precipitação acumulada foi menor, com total para essa estação de 297,4 mm, distribuídos nos meses da seguinte forma: com 188,7 mm em março/2018 (21 a 31/03/2018), 93 mm em abril/2018, 12,7 mm em maio/2018 e 3,0 mm em junho/2018 (01 a 20/06/2018). No final de abril, as chuvas reduziram gradativamente, e a partir de maio/2018, praticamente não choveu em Sinop/MT (Figura 6), com balanço hídrico em junho/2018 de -185 mm (Figura 7), o que favoreceu os processos de maturação da forragem (maior florescimento e mortalidade dos perfilhos), com consequente redução da massa seca de lâminas foliares, e consequentemente, aumento na massa seca do material de

menor qualidade nutricional e menos selecionado pelos animais (massa seca de colmos e material morto) (EMERENCIANO NETO *et al.*, 2016). Ainda nesse contexto, a redução da altura de pré-pastejo no outono/2018, ocorreu em função do manejo estratégico para reduzir o efeito do florescimento nas características estruturais, principalmente para controlar o alongamento de colmos, pelo aumento na taxa de lotação animal a partir da inclusão de animais reguladores no pasto (Figura 34) antes de atingir 95% de IL, para obtenção das metas de controle pré-estabelecidas. Esses fatores, em conjunto, podem ter resultado no não atendimento das exigências nutricionais dos animais, em resposta a redução de 2 kg vaca⁻¹ dia⁻¹ de leite no outono/2018 em relação ao verão/2017 (Tabela 13).

Somado a isso, a fertilidade do solo no primeiro ciclo de pastejo após colheita da lavoura, associada às condições microclimáticas, no verão/2017, possivelmente contribuíram para obtenção de maior altura pré-pastejo e massa seca de lâminas foliares, devido a adubação residual do milho e ao maior acúmulo de restos culturais da lavoura, além da adubação realizada após o corte de uniformização e início do período experimental, que possivelmente disponibilizaram mais nutrientes no solo no início do estabelecimento da pastagem pós-colheita.

As correlações positivas entre a altura, massa seca de lâminas foliares pré-pastejo e a produção de leite (Tabela 32) indicam que pastos mais altos e com maior participação de massa seca de lâminas foliares contribuem para maior produção de leite. Isso pode ser justificado pela preferência dos animais em consumir folhas, uma vez que é a parte da planta de fácil apreensão e que possui melhor valor nutritivo (VAN SOEST, 1994). Embora geralmente maiores alturas estejam associadas a maiores participações de colmos, o manejo adotado por interceptação luminosa permitiu o controle da estrutura do pasto, com isso foi possível ofertar maior massa de lâminas foliares, componente morfológico de maior valor nutritivo e que favorece o consumo pelos animais (CARNEVALLI *et al.*, 2006).

A produção de leite apresentou correlação negativa com a temperatura ambiente (média e máxima), o que pode ser justificado pelo aumento da temperatura ambiente influenciar no maior incremento calórico do animal, e conseqüente maior necessidade de gasto energético para dissipação do calor corporal, resultando em menor energia para produção de leite (BARBOSA *et al.*, 2004; SOUZA & BATISTA, 2012). Neste aspecto, quando a temperatura do ambiente é amenizada há respostas positivas na produção de leite (PERISSINOTTO, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2010).

Em relação ao comportamento animal, foi verificado na análise discriminante, que a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), frequência de vacas em ócio e frequência de vacas à sombra diferenciou o sistema pleno sol dos sistemas com sombra (Figura 51). A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi decisiva para modificar o comportamento dos animais, principalmente no sistema pleno sol, visto que, na ausência de sombra como abrigo, a frequência de vacas em ócio aumentou e as vacas ficaram aglomeradas próximas ao bebedouro na tentativa de manter a homeotermia; comportamento semelhante também foi verificado no estudo de Carnevalli *et al.* (2019a) desenvolvido na mesma área experimental com novilhas leiteiras. Além disso, foi observado também que vacas no sistema pleno sol visitaram o bebedouro em frequência maior que às daquelas dos sistemas sombreados (57% maior que vacas do sistema sombreamento moderado e 80% maior que vacas do sistema sombreamento intenso) (Tabela 27), como um mecanismo de fuga às condições adversas de microclima ao conforto animal. Segundo Perissinotto *et al.* (2005), a ingestão de água pelos animais tem como objetivo a reposição das perdas sudativas e respiratórias, além de um possível resfriamento corporal, por meio do contato da água, mais fria que o corpo, com as mucosas do trato digestivo para amenizar o desconforto térmico. Nos sistemas com sombra, a presença de árvores constitui-se numa barreira, reduzindo os efeitos da insolação direta

(representada pela RFA), o que permitiu que os animais realizassem outras atividades (OLIVEIRA *et al.*, 2017; CARNEVALLI *et al.*, 2019a).

No verão/2017, foi observado a menor velocidade do vento e maiores frequências de vacas em pastejo e em pé, além do maior índice de temperatura e umidade (ITU) (Figura 52), que variou de 77 a 79 (Figura 14), considerado crítico para o desempenho produtivo (HAHN *et al.*, 1985). Este comportamento dos animais no verão/2017, pode ser explicado pela maior nebulosidade, devido a maior precipitação, verificada nesta estação (Figura 6), o que pode ter contribuído para amenizar os efeitos da radiação incidente sobre os animais, e ainda, pela maior frequência de animais em pé, o que também contribuiu para amenizar o estresse térmico, uma vez que esta posição permite aumentar a superfície corporal exposta e facilita as trocas de calor com o meio (MATARAZZO *et al.*, 2007); que aliada a maior oferta de forragem do capim-Massai nesta estação, contribuíram de forma conjunta, para maior frequência de animais em pastejo.

Já no outono/2018, deve-se considerar que, o comportamento dos animais no terço final da estação foi influenciado também pela oferta de silagem, uma vez que a produção de forragem do pasto não foi suficiente para atender a demanda nutricional dos animais. Nesta estação, o período de transição afetou no comportamento dos animais, com menor frequência de animais em pastejo e em pé, e destaque para o terço final do outono (dias de avaliação do comportamento). A menor oferta de forragem, e maior oferta de silagem de milho, contribuíram para uma menor atividade de pastejo, e conseqüentemente, para maior visita ao cocho de silagem (Figura 46), já que havia alimento volumoso de fácil acesso, o que explica a menor frequência de animais em pé do que no verão/2017.

A componente principal CP1 foi influenciada pelos sistemas de produção (Figura 53B), destacou que no sistema pleno sol, ocorreu maior frequência de vacas em ócio do que nos sistemas sombreados no verão/2017, uma vez que no sistema pleno sol a elevada temperatura ambiente e radiação solar (representada pela RFA) tornaram o ambiente desconfortável. Segundo Pires & Campos (2003), quando a temperatura ambiente excedente a temperatura crítica superior (maior que 25 °C), o gradiente de temperatura torna-se pequeno, e o mecanismo não-evaporativo (radiação, condução e convecção) passa a ser não mais efetivo; sob esta situação, o organismo do animal precisa acionar os mecanismos evaporativos (evaporação via sudorese e respiração) como forma de dissipar calor. Isso resulta na menor frequência ou na ausência de qualquer atividade que possa aumentar a produção de calor metabólico pelos animais, como tentativa de manter sua homeotermia.

Neste estudo, a temperatura máxima verificada no intervalo entre 10 e 14h 00, nas estações de verão/2017 e outono/2018, foi de 27 °C e 29 °C (Tabela 5), respectivamente, maior que a temperatura crítica superior para bovinos leiteiros (JOHNSON, 1985; PIRES & CAMPOS, 2003; HANSEN, 2004; PEREIRA, 2005). Assim, a maior temperatura ambiente influenciou na escolha das vacas pela frequência similar à sombra em ambos os sistemas sombreados (Figura 37).

Na análise de componentes principais (Figura 53C), a associação na CP2 entre as variáveis frequência de vacas em pé, frequência de vacas em pastejo, velocidade do vento, índice de temperatura e umidade (Figura 53), discriminaram o comportamento animal nas estações de verão/2017 e outono/2018. O verão/2017, foi caracterizado por sua maior disponibilidade hídrica (precipitação acumulada de 887,5 mm, contra 297,4 mm do outono/2018) (Figura 6). A umidade relativa do ar, se manteve alta durante o dia, com média de 76%, porém, no outono/2018, a umidade relativa do ar foi menor, com média de 40%, principalmente no intervalo entre 14 e 16h 00, confirmando o período mais quente do dia (Figura 14). A temperatura média ambiente no verão/2017, variou entre 22 e 27 °C, enquanto no outono/2018, variou de 18 e 32 °C durante o dia. Nestas condições, foi observado que na

estação do verão/2017, as condições climáticas foram menos severas do que no outono/2018. Vale destacar que, no verão/2017, o aumento do ITU foi acompanhado do aumento da frequência de vacas em pé e em pastejo, e da menor velocidade do vento (Figura 53C); contudo, a média diária do ITU foi de 77 nos sistemas sombreados e de 79 no sistema pleno sol, considerado pela escala, como índice crítico e de perigo para o conforto animal (HAHN *et al.*, 1985). Apesar da escala do ITU classificar como crítico a perigoso para os animais, deve-se considerar também que a distribuição de chuvas durante o dia, no verão/2017, pode ter contribuído para amenizar o desconforto térmico, o que influenciou no comportamento dos animais em ficar na posição em pé, e realizar o pastejo, mesmo com menor velocidade do vento. Ainda nesse contexto, foi observado que no verão/2017, a atividade de pastejo foi realizada com maior frequência por vacas dos sistemas com sombra (34,7 e 39,9% dos animais dos sistemas sombreamento moderado e intenso, respectivamente) comparado àquelas do sistema pleno sol (25,8%), sendo esta atividade praticada preferencialmente no turno da tarde, nos três sistemas de produção (Tabela 20). Outros fatores, além daqueles de clima, que podem ter alterado padrão de comportamento dos animais no verão/2017 e outono/2018, é o número de ordenhas e a transição de pasto para silagem. No verão/2017, houve duas ordenhas, a primeira ao amanhecer (intervalo entre 06h 00 e 08h 00), e a segunda entre 14h 00 e 16h 00 da tarde, o que afetou o horário de maior preferência das vacas pastejarem. O que pode justificar a preferência pelo turno da tarde para realização do pastejo (Tabela 20); visto que após a ordenha da tarde, as vacas retornavam ao pastejo de forma gradativa, com maior frequência para essa atividade após às 17h 00. De acordo, com Balocchi *et al.* (2002), para vacas em lactação, a produção, o horário e o número de ordenhas, são condições determinantes em seus padrões de comportamento. Portanto, o horário e o número de ordenhas também foram fatores, além daqueles de clima, que afetaram o comportamento. No outono/2018, a menor frequência de vacas em pastejo, se deve a transição na base da alimentação volumosa, uma vez que a produção de forragem começou a reduzir em função da sazonalidade de produção da planta forrageira, com isso, a atividade de pastejo foi exercida em menor frequência, sendo de maior frequência a atividade de visita ao cocho de silagem. A velocidade do vento maior no outono/2018, foi associada a menor frequência dos animais em pé. A maior velocidade do vento pode ter contribuído para amenizar o desconforto térmico por meio da perda de calor por sudorese (BAËTA; SOUZA, 1997).

A componente CP3 diferenciou o sistema pleno sol dos sistemas sombreados com menor frequência de animais à sombra (Figura 54). A maior frequência de vacas à sombra, em ambientes com sombra disponível, já era esperada, contudo, pode-se observar que, no sistema sombreamento moderado, em que os animais teriam opção de escolha, os animais escolheram frequentar ambientes com sombra, uma vez que a sombra proporcionou ambiente térmico mais confortável. Foi observado durante avaliação de comportamento, que vacas do sombreamento moderado, frequentaram sombra no turno da manhã, principalmente, no intervalo entre 08h 30 e 15h 00, em uma frequência superior a 60% (Tabela 18), possivelmente devido ao consumo de concentrado após a ordenha, que influenciou na saciedade dos animais, e aliado as condições desconfortáveis do ambiente neste turno, fizeram com que os animais realizassem mais o pastejo no turno da tarde. Conforme, as condições climáticas foram se tornando mais amenas, os animais retornaram ao pastejo de forma gradativa. Aliado a isso, verificou-se que os animais do sombreamento moderado realizaram maior atividade de pastejo no turno da tarde (Tabela 20), principalmente após às 15h 00. No turno da manhã, as vacas do sistema com sombreamento moderado, tiveram maior preferência por realizar atividade de ócio (Tabela 22) e deslocamento (Tabela 24) (30,9% e 6,8%, respectivamente), sem diferença entre turnos para atividade de ruminação (19,2%, em média).

Em relação às variáveis do comportamento animal (Tabela 33), a alta correlação negativa entre frequência de vacas à sombra com vacas em ócio pode ser justificada pelo fato de que, no ambiente sombreado, as vacas realizaram outras atividades diferente do ócio, como por exemplo, atividade de pastejo, ruminação e deslocamento. Contudo, quando não havia sombra disponível, as vacas realizavam o ócio, como um recurso para amenizar o desconforto térmico, e reduzir a frequência de qualquer outra atividade para reduzir a produção de calor. A maior RFA e temperatura ambiente (média e no intervalo entre 10 e 14h) elevaram o índice de temperatura e umidade, principalmente em ambientes com pouco ou nenhuma sombra, essa maior frequência de animais sob sol (que não estavam frequentando a sombra) deixaram os animais mais expostos a ambientes mais críticos, o que levou a maior frequência de animais em ócio, e, portanto, à menor frequência de vacas em pé e em pastejo. Sabe-se que uma maior velocidade do vento favorece a dissipação de calor e ameniza o desconforto térmico (MÜLLER, 1982; SILVA *et al.*, 2012b), por sua vez foi verificado que quanto maior a velocidade do vento maior a frequência de animais deitados em ruminação, esta posição indica uma condição de conforto e bem-estar animal (BERNABUCCI *et al.*, 2009).

Em resumo, no verão/2017 e outono/2018, foi verificado que sistemas silvipastoris alteraram o microclima por reduzirem a radiação, mas não a temperatura média, sendo que apenas os sistemas com maior adensamento de árvores chegaram a reduzir a velocidade do vento. O manejo de interceptação luminosa de 95% promoveu maior equilíbrio estrutural do capim-Massai em ambientes sombreados, com colmos menos espessos e mais leves nos sistemas sombreamento moderado e intenso. O sistema com sombreamento intenso foi o que apresentou maior teor de proteína bruta, porém a redução em torno de 50% da radiação fotossinteticamente ativa resultou em menor acúmulo de forragem. Contudo, a menor incidência da radiação, tornou mais eficiente a atividade de pastejo para as vacas deste sistema, por amenizar as condições severas do clima. No sistema pleno sol foi obtida maior produção de forragem por não apresentar limitações no ambiente, porém concomitantemente, também proporcionou o menor teor de proteína bruta da forragem. As vacas deste sistema apresentaram maior frequência de atividade em ócio durante o dia, devido ao maior desconforto térmico. O sistema sombreamento moderado proporcionou um equilíbrio entre a produção e a qualidade da forragem, além de reduzir a incidência da radiação fotossinteticamente ativa, temperatura ambiente e velocidade do vento, amenizando o desconforto térmico dos animais.

5.2 Inverno/2018

No inverno/2018, os animais foram alimentados com silagem de milho e concentrado comercial, para suprir as suas exigências nutricionais, devido à sazonalidade de produção de forragem. Houve uma alteração no número de ordenhas no dia para todos os sistemas, que passou a ser realizada uma vez ao dia, devido à redução na disponibilidade de mão-de-obra. Essa alteração pode ter contribuído para redução de 34,8% na produção de leite nos três sistemas de produção (do outono/2018 para o inverno/2018). Stelwagen & Knight (1997) observaram reduções de 28 a 38% na produção de leite ao compararem uma ordenha com duas ordenhas diárias, e ainda, Knight & Dewhurst (1994) também observaram queda de 22,8% na produção de leite com a implantação de uma ordenha diária. Verifica-se, em alguns trabalhos da literatura, que a redução do número de ordenhas diárias pode reduzir a secreção do leite, uma vez que a secreção do leite é regulada pela presença de uma proteína produzida por células secretoras presentes nos alvéolos, que em maior quantidade no interior do alvéolo vai causar inibição da secreção do leite (KNIGHT & DEWHURST, 1994; BAR-PELED *et al.*, 1995), além do aumento da pressão intra-alveolar, decorrente da produção de leite e do

não-esgotamento adequado da glândula mamária, que contribuem para a redução da produção (KNIGHT *et al.*, 1992).

A produção de leite individual foi semelhante entre os sistemas de produção no inverno/2018 (Tabela 13), como o consumo de silagem foi controlado entre os sistemas (Tabela 12), esperava-se uma maior resposta da produção animal às condições microclimáticas dos sistemas sombreados, visto que a presença do componente arbóreo influenciaria positivamente para o conforto térmico. Contudo, foi verificado que não houve diferença de produção individual de leite entre os sistemas, possivelmente em função da oportunidade, mesmo que em pouco intervalo de tempo, do acesso à sombra do corredor, que ocorreu nos horários em que as condições de clima foram mais severas para os animais à pleno sol (intervalo entre 08h 00 e 09h 00, e entre 11h30 e 14h 00). Além disso, nos dias de avaliação do comportamento animal referentes ao inverno/2018 (13/09; 17/09 e 19/09/2018) as condições climáticas foram atípicas da estação, o que foi marcado pela transição do inverno para a primavera, principalmente, pela ocorrência de chuvas isoladas em curto espaço de tempo, que mesmo com pequena precipitação acumulada (Figura 6), possivelmente foi o bastante para amenizar o desconforto térmico no ambiente do sistema pleno sol, inclusive nas horas mais quentes do dia, o que permitiu a visita ao cocho de silagem entre 14h 30 e 17h 30, com destaque para maior frequência (79,2%) observado às 14h 30 de (Figura 47). Barbosa *et al.* (2004), também observaram que vacas ao pleno sol produziram mais leite que vacas em sistema com sombra, quando submetidas aos banhos de aspersão, apenas antes e após a ordenha.

Além disso, outro fator que pode ter contribuído para a redução da produção de leite dos sistemas, foi o tempo de lactação das vacas. É importante destacar que as vacas dos três sistemas de produção chegaram à média de 325 dias em lactação, no início do inverno/2018. Porém, nem todas as vacas foram substituídas, uma vez que algumas permaneceram em lactação estendida, em função da baixa taxa de concepção observada, principalmente para as vacas do sistema pleno sol. Somado a isso, não havia animais homogêneos disponíveis para substituição de todas as vacas traçadoras (animais experimentais). Apesar de não ser o aspecto desse experimento, foi observado que o ambiente à pleno sol afetou de forma negativa a reprodução dos animais, o que pode e/ou deve ser investigado em trabalhos futuros.

A variabilidade dos animais nas substituições também pode ter sido fator preponderante para a redução da produção de leite dos sistemas sombreados, visto que as vacas que foram substituídas estavam em diferentes fases de lactação, e mesmo seguindo o critério de manter o grupamento genético correspondente entre os sistemas, foi possível observar que a partir do inverno/2018 ocorreu uma maior variabilidade dos animais, que tornou a produção de leite uma variável menos representativa para caracterizar a resposta dos sistemas, conforme verificado nas análises multivariadas. Com isso, constata-se a dificuldade de se trabalhar com experimentos de avaliação longa, em função da manutenção de grupos de animais padronizados (grupamento genético, período de lactação, categoria e produção de leite). Neste contexto, seria interessante a substituição de todos os animais a cada novo ciclo de avaliação. Portanto, ressalta-se que em estudos futuros, devem ser considerados estes fatores, para avaliação do desempenho produtivo de vacas leiteiras sob tempo de avaliação mais prolongado.

De forma geral, a estação de inverno/2018, foi caracterizada pelo seu déficit hídrico, com precipitação acumulada menor que 100 mm, além da maior temperatura máxima ambiente de 35 °C, e ainda com alta RFA (como indicativo da radiação global) de 7,24 MJ m⁻² dia⁻¹, em média (conforme verificado no sistema pleno sol). Com base nestes dados constata-se que as condições ambientais foram as mais severas dentre as estações avaliadas, principalmente para o conforto térmico animal. Johnson (1985) considerou como crítica

temperatura superior ou igual a 29 °C para vacas mestiças (Zebu-Europeu), portanto a temperatura nesta estação (35 °C) ultrapassou a temperatura crítica para os animais.

As variáveis que apresentaram maior poder discriminatório para os sistemas de produção nesta estação, foram: radiação fotossinteticamente ativa (RFA), velocidade do vento (VV) e produção de leite (PL). Foi verificado que a RFA, e a velocidade do vento, juntas contribuíram para explicar 99,76% da variação total dos dados, e a produção de leite, contribuiu com apenas 0,24%. Portanto, as variáveis climáticas foram mais representativas para distinguir os sistemas. Neste aspecto, destaca-se que no sistema pleno sol foram obtidas maiores radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento, com destaque para a diferença de 31,2% e 63,4% entre a RFA do sistema pleno sol com os sistemas sombreamento moderado e intenso, respectivamente.

A análise da CPI para desempenho animal, apresentou o melhor contraste entre os sistemas, tanto o sistema pleno sol como sombreamento moderado, foram destacados do sistema sombreamento intenso pelos valores para temperatura (máxima e média do ar) acompanhados também da maior radiação fotossinteticamente ativa (como indicativo da radiação global) e velocidade do vento (Figura 56). A combinação de variáveis microclimáticas pode estar associada basicamente ao efeito de época do ano, visto que a estação de inverno/2018 foi caracterizada por altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (Figura 15), como também pelos menores índices pluviométricos (ausência de chuvas) (Figura 6 e 7).

A relação inversa entre as variáveis ambientais com a contagem de células somáticas (CCS), pode indicar que, em épocas de adversidades climáticas, como o período seco, vacas nos sistemas sombreados podem apresentar maior CCS comparado as vacas no sistema pleno sol, devido a diferença de umidade, enquanto, no período de chuvas, a CCS foi maior em vacas no sistema pleno sol, devido ao excesso de umidade e lama comparado aos sistemas sombreados. Conforme verificado no inverno/2018 (Tabela 14) a diferença do sistema sombreamento intenso com o pleno sol foi de 73.000 CS mL⁻¹, e com o sombreamento moderado foi de 72.000 CS mL⁻¹. Portanto, é possível justificar que, as condições climáticas nos sistemas pleno sol e com sombreamento moderado tornam o ambiente menos propício para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Enquanto, no sistema com sombreamento intenso, o microclima pode proporcionar um ambiente mais propício para o desenvolvimento dos patógenos, visto que, pode manter um pouco mais de umidade no solo ao ser comparado aos outros dois sistemas, e assim, permitir crescimento dos microrganismos, e aumentar as chances de contaminação e aumento da CCS. Aliado a isso, o comportamento de maior frequência de vacas em pé verificado nos sistemas pleno sol e com sombreamento moderado, quando comparado aos animais do sistema sombreamento intenso (Tabela 19), também pode ter reduzido a contaminação pelo distanciamento do contato dos animais com o solo. Ainda, a maior velocidade do vento nos sistemas pleno sol e com sombreamento moderado, pode ser um fator importante para a escolha dos animais pela posição em pé, uma vez que sob maior “brisa”, os animais aumentam a perda de calor por sudorese. Além dos elementos climáticos citados, o estágio de lactação pode ter influenciado no aumento da contagem de células somáticas no inverno/2018, uma vez que animais em final de lactação naturalmente sofrem maior descamação do epitélio da glândula mamária, o que pode influenciar na CCS, conforme verificado por Teixeira *et al.* (2003), no início e no fim da lactação as células estão concentradas em menor volume de leite. Vale ressaltar que, aparte da diferença na contagem de células somáticas entre os sistemas, ambos atendem aos requisitos da contagem de células somáticas determinados pela Instrução Normativa N° 76/2018, com limite permitido de até 500.000 CS mL⁻¹ (BRASIL, 2018).

A correlação alta e positiva entre a radiação fotossinteticamente ativa e a velocidade do vento para análise do desempenho dos animais no inverno/2018 (Tabela 36), se justifica pela maior velocidade do vento contribuir para amenizar o desconforto térmico dos animais em ambientes com maior RFA, e outras radiações. Em ambientes com sombreamento mais intenso, a árvore pode abrigar o animal da radiação direta, permitindo reduzir seus efeitos; porém, cabe lembrar que, quanto a velocidade do vento, sua redução excessiva também pode tornar o ambiente desconfortável ao animal pelo fato de aumentar a temperatura (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Nesse sentido, é importante buscar equilíbrio entre esses fatores, e neste aspecto, o sombreamento moderado seria aquele mais recomendado, uma vez que reduz a radiação direta, porém sem interferir nos benefícios do vento.

A associação entre as variáveis temperatura ambiente ($T_{média}$ e T_{10-14h}), velocidade do vento, índice de temperatura e umidade, e a frequência de vacas à sombra, discriminaram os sistemas de produção (Figura 57). Conforme verificado no sistema pleno sol, na ausência de árvores, os elementos climáticos, puderam afetar o índice de conforto térmico, de forma que, quanto maior o índice de temperatura e umidade, maior foi o desconforto térmico, confirmado pela maior frequência de vacas em pé (Tabela 21), como tentativa do animal perder calor, o que pode afetar o seu desempenho, uma vez que mobiliza energia metabólica para a homeotermia. A menor velocidade do vento, pode não ser benéfica para o animal, uma vez que dificulta a troca de calor com o meio e aumenta o gradiente térmico, segundo autores na literatura, o indicado para o conforto térmico dos animais a velocidade do vento ideal seria entre 5 e 8 km h⁻¹, equivalente a 1,4 a 2,2 m s⁻¹ (MÜLLER 1982; PIRES *et al.*, 2003). Diante do exposto, o sistema com sombreamento moderado, pode equilibrar esses fatores climáticos e reduzir o índice de temperatura e umidade, e amenizar os efeitos climáticos da estação de inverno/2018. A correlação entre a frequência de animais à sombra foi negativa com a frequência de animais em pé, e com a RFA. Portanto, em ambientes que os animais não podem se abrigar da radiação global (representada pela RFA), os animais fazem a opção por ficar em pé, possivelmente como uma estratégia de dissipação calor (MATARAZZO *et al.*, 2007). Os animais por sua vez ficam mais tempo em pé conforme o maior índice de temperatura e umidade, e este índice é maior conforme aumento da temperatura ambiente (Tabela 39).

Em resumo, no inverno/2018, os efeitos climáticos foram maiores nos sistemas pleno sol e sombreamento moderado, o que também reduziu a contagem de células somáticas. A produção de leite foi afetada pela maior variabilidade dos dados dos animais a partir do inverno/2018, com isso, foi observada a maior dificuldade de realizar experimentos com períodos longos de avaliação com animais leiteiros. No sistema com sombreamento moderado os animais tiveram opção de escolha de se abrigar nas áreas com sombra nos períodos de maior desconforto térmico.

5.3 Primavera/2018 e Verão/2018

O início da primavera/2018, período após a seca (inverno/2018), foi destacado pela ocorrência das chuvas (21 a 31/09/2018, com 27,2 mm) (Figura 6), associado a maior produção da forragem, o que levou a suspensão do fornecimento da silagem em 17/10/2018 e retorno a alimentação volumosa à pasto.

É importante destacar que apesar da diferença entre alturas do pasto entre estações, nesta segunda fase do período experimental, a altura do dossel forrageiro respondeu de forma mais uniforme ou padronizada quando comparada àquela do primeiro período de avaliações (verão/2017). Esta correspondeu ao valor médio de 60 cm de altura nos três sistemas de produção; este maior controle da altura no segundo ano de avaliação, foi um reflexo da maior

estabilidade da estrutura do pasto de segundo ano, sob manejo de 95% de interceptação luminosa.

Foi verificado ainda, que neste segundo período de avaliação experimental houve maior acúmulo de forragem comparado ao primeiro período de avaliação (Figura 27), porém isso não incrementou a produção de leite (Tabela 13). Isso é constatado pelo aumento da taxa de lotação animal adicional nos sistemas neste segundo ano, comparado ao primeiro período de avaliação (Tabela 16). Este aumento na taxa de lotação animal adicional foi necessário para obtenção das metas de manejo pré-estabelecidas (95% de IL no pré-pastejo e 50% da altura de entrada no pós-pastejo) e controle das estruturas do capim-Massai. A densidade volumétrica da forragem influenciou neste cenário, pois tem interferência no comportamento ingestivo dos animais, mais especificamente na massa do bocado (HODGSON, 1985). As vacas do pleno sol, supostamente, aumentaram o tamanho do bocado em uma frequência menor de pastejo, ou seja, apreendiam uma maior massa por bocado. Enquanto, as vacas do sombreamento intenso, por terem forragem ofertada com menor densidade volumétrica (Figura 25), conseqüentemente também apresentaram menor massa por bocado; assim, precisaram aumentar o tempo de pastejo para tentar suprir o consumo diário necessário para manutenção da produção de leite, verificado pela maior frequência de animais em pastejo durante o dia. Isso resultou em menor consumo e menor produção de leite, sinal que esse aumento da frequência de pastejo, não deve ter sido suficiente. Houve um aumento da taxa de lotação adicional de vacas nos sistemas de produção em relação a estação do verão/2017 (Tabela 16) para consumir a forragem não pastejada pelas vacas traçadoras. Cabe lembrar que, no verão/2018, o consumo de matéria seca ocorreu em função também da ingestão de concentrado fornecido sob mesma quantidade entre os sistemas, e conforme finalizava o período de lactação, as vacas reduziram o consumo de forragem, mas não de concentrado. O menor consumo de matéria seca no final do estágio de lactação, está relacionado às menores necessidades nutricionais neste período, em decorrência da menor produção de leite (DADO & ALLEN, 1994; NRC, 2001).

O maior número de vacas gestantes nos sistemas sombreados comparado com vacas do sistema pleno sol, pode ter contribuído para a inversão na produção de leite no segundo período de avaliação à pasto, uma vez que, por haver a necessidade de atender as exigências de manutenção, lactação e gestação, que podem não estar sendo supridas, enquanto animais não gestantes podem apresentar exigência somente para manutenção e lactação. (BALANCIN JÚNIOR *et al.*, 2014). Segundo Olori *et al.* (1997), a partir do sexto mês de gestação a produção de leite decresce em função dos fatores ligados à produção de leite da vaca, raça ou ao período de serviço. Além disso, Coulon *et al.* (1998), relataram que com o crescimento do feto há uma redução do volume do rúmen, e redução da ingestão de matéria seca.

Apesar de não ser objetivo deste experimento avaliar a reprodução, foi observado que a taxa de concepção das vacas no sistema pleno sol foi menor que o das vacas nos sistemas sombreados, conforme verificado que durante todo o período experimental a gestação foi de apenas duas vacas no sistema pleno sol. De acordo com Oliveira *et al.* (2007b), após o pico de lactação vacas apresentam queda de 8% na produção de leite, ainda Cobucci *et al.* (2000), destacaram que a produção de leite pode ser influenciada por fatores genéticos e ambientais. Fatores como aumento na ordem do parto, vacas de alta produção, estresse térmico, podem comprometer a fertilização. A partir desses e de outros estudos, foi possível verificar que o estresse térmico dos animais à pleno sol pode ter provocado a menor fertilização dos animais. Segundo BERGAMASCHI *et al.* (2010), o estresse térmico pode interferir reduzindo até o comportamento, como a manifestação estral e da ovulação, dificultando a detecção do cio, o que vai comprometer a eficiência reprodutiva da vaca. De acordo com esses mesmos autores, o menor índice reprodutivo leva ao intervalo de partos mais longos, e conseqüentemente vai

levar ao comprometimento econômico, já que a próxima parição será retardada, e atrasará a geração de um novo bezerro e de uma nova lactação.

As variáveis que tiveram maior representatividade para discriminar os sistemas de produção (Figura 59), com maiores valores no sistema pleno sol, foram: produção de leite, radiação fotossinteticamente ativa, aproveitamento de forragem, densidade volumétrica da forragem, massa de forragem pré-pastejo, massa seca de lâminas foliares e massa seca de colmos. Já os teores de proteína bruta foram maiores no sistema sombreamento intenso e intermediários no sistema sombreamento (Figura 59), conforme já explicado no verão/2017 e outono/2018.

Neste período, houve clara discriminação entre os sistemas pleno sol e sombreamento moderado para maior produção de leite, em menor grau, e em maior grau, associada às variáveis do componente forrageiro e de microclima, em relação ao sistema com sombreamento intenso (Figura 59). Apesar da produção de leite estar associada às outras variáveis e ter contribuído para discriminação dos sistemas de produção, mesmo com baixa representatividade (25%), é necessário considerar a maior variabilidade nesse segundo período de avaliação entre os animais, relatado no outono/2018. Na análise de componentes principais, a produção de leite foi uma variável que não obteve destaque para sistema e/ou para estação do ano. Isso indica que a produção de leite, neste segundo período de avaliação, foi uma variável não conclusiva para análise dos sistemas.

No sistema pleno sol, maior radiação fotossinteticamente ativa foi interceptada pelo pasto, o que positivamente influenciou na maior biomassa do componente forrageiro (maiores valores de massa de forragem com maiores valores de massa seca de lâminas foliares e de colmos), o que resultou em maior densidade volumétrica da forragem e maior aproveitamento de forragem. Como o teor de proteína bruta da forragem foi menor no sistema pleno sol, pode-se considerar que a maior densidade volumétrica da forragem foi uma das variáveis responsáveis para obtenção da maior produção de leite no sistema pleno sol em relação aos demais.

A maior massa de forragem do pasto no sistema de pleno sol diluiu o transporte do nitrogênio absorvido para as partes aéreas, em relação àqueles dos pastos nos sistemas sombreados, para os quais se observou menor massa de forragem e elevados teores de PB, principalmente no sistema sombreamento intenso. Segundo Cabral *et al.* (2011), a produção animal é função do consumo e valor nutritivo do alimento disponível, neste sentido, a maior massa de forragem ofertada, constituída por maior fração de lâminas foliares possivelmente favoreceu o consumo e o aproveitamento dos nutrientes do alimento pelo animal.

Ainda neste contexto, mesmo sob menores oferta de forragem dos pastos, os animais dos sistemas sombreados tiveram acesso a forragens com maiores teores de proteína bruta do que no sistema pleno sol; o que evidencia a maior importância da massa de forragem ofertada do que o valor nutritivo da forragem para produção de leite.

Na discriminação entre primavera/2018 e verão/2018 (Figura 60), a primavera/2018 ficou caracterizada por condições climáticas com elevados valores de temperatura média do ar e velocidade do vento, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, e menores valores para massa seca de colmos, altura pré-pastejo e contagem de células somáticas no leite quando comparado ao verão/2018 (Figura 60). Embora, com a elevação da temperatura as plantas iniciem a diferenciação do meristema apical e alongamento do colmo, foram observados menores valores de massa seca de colmos na primavera/2018 do que no verão/2018. Provavelmente, no início da primavera/2018 (primeiros pastejos após o período de seca), a maior massa residual deixada no pós-pastejo do outono/2018, que resistiu às intempéries climáticas do período de seca (perifhos mais velhos), pode ter contribuído como reserva orgânica e junto aos fatores climáticos (elevada temperatura e umidade no solo), podem ter

contribuído para o maior aparecimento de perfilhos. Esses perfilhos jovens, por sua vez, mais leves e menores, contribuíram para menor altura pré-pastejo, que aliado a maior participação de lâminas foliares em perfilhos jovens, resultou na menor massa seca de colmos e na maior digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica na primavera/2018 comparado ao verão/2018. Amorim *et al.* (2017), em estudo sobre rebrotação de pastos de capim-braquiária na primavera, também observaram que a morte dos perfilhos velhos (da massa residual) contribuiu para o aparecimento dos novos, e que esses perfilhos vegetativos mais jovens refletiram em menor massa de forragem, mas com maior participação de folhas. Aliado a discussão anterior, o manejo de interceptação luminosa adotado para os sistemas também pode ter contribuído para que os pastos dos sistemas avaliados mantivessem uma altura menor, melhor equilíbrio entre os processos de produção e senescência, além de permitir a colheita pelo animal do pasto mais jovem. Assim, a altura de corte ou de pastejo a que a planta é submetida pode influenciar o valor nutritivo das plantas forrageiras, pois tanto a porcentagem de proteína bruta quanto a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica são maiores na porção superior (nas folhas) do que nas camadas inferiores e/ou nos colmos das plantas (MORAES & MARASCHIN, 1988). Além disso, a redução na qualidade da forragem é consequência natural da maturidade da planta, que é acompanhada por lignificação dos tecidos (MOTT, 1973).

A menor velocidade do vento no verão/2018 pode ter dificultado a troca de calor com o ambiente, o que pode ter induzido os animais a investirem em outras formas de perda calor, uma delas foi aumentar a aglomeração em volta dos bebedouros, e além disso, até se deitarem na lama formada entorno do bebedouro. Contudo, deve-se ter em mente que esse contato com superfície do solo contaminada pode levar a uma maior contaminação por patógenos ambientais, o que possivelmente contribuiu para o aumento da contagem de células somáticas no verão/2018 (Tabela 14), e em conjunto com a maior precipitação e alta radiação solar, interferiram no conforto e bem-estar dos animais, principalmente daqueles à pleno sol. A menor contagem de células somáticas no leite e os maiores valores de temperatura na primavera/2018 em relação ao verão/2018, se devem provavelmente ao veranico ocorrido nos períodos de 21 a 31/10/2018 e de 11 a 20/12/2018 (Figura 6) (LULU *et al.*, 2019c). Este fenômeno natural reduziu a precipitação durante a primavera/2018, o que tornou o ambiente mais seco e menos favorável para disseminação da mastite e, conseqüentemente, promoveu redução na contagem de células somáticas no leite. Aliado a isso, no verão/2018, o avançado período de lactação das vacas possivelmente também influenciou, no aumento da contagem de células somáticas (Tabela 14). Segundo Harmon & Reneau (1993), no verão ocorre aumento na umidade e maior estresse térmico, o que aumenta a susceptibilidade do animal a infecções e ao número de patógenos (maior quantidade de coliformes no solo, cama e estábulos) aos quais estaria exposto, favorecendo a incidência de mastite nessa estação.

A análise de componentes principais, CP1, apresentou associação entre elevados valores de aproveitamento de forragem, massa de forragem pré-pastejo, massa seca de lâminas foliares e massa seca de colmos, densidade volumétrica da forragem e a radiação fotossinteticamente ativa, no sistema de pleno sol em relação aos outros sistemas; o que evidência mais uma vez a influência positiva da luminosidade sobre a produção do pasto (Figura 61A). A maior radiação fotossinteticamente ativa observada no sistema pleno sol já era esperada, uma vez que nesse sistema não houve bloqueio da luminosidade pela sombra, o que favoreceu o crescimento vegetal, e conseqüentemente o aumento da produção de forragem. O valor médio de massa de forragem no sistema pleno sol foi de 10.315 kg ha⁻¹ (Figura 23), ou seja, 33,6 e 53,6% superior aos sistemas com sombreamento moderado e com sombreamento intenso, respectivamente. O aproveitamento de forragem no sistema pleno sol superou em 818 kg MS ha⁻¹ aquele do sistema sombreamento moderado, e em 1.932 kg ha⁻¹

de MS o do sistema sombreamento intenso. Além disso, no sistema pleno sol, houve uma redução de 43,7% de massa de forragem após o pastejo dos animais, que foi 1,8 vezes mais elevada do que no sistema sombreamento moderado e 1,3 vezes mais elevada do que no sistema sombreamento intenso. Esse fato também favoreceu o maior aproveitamento de forragem no sistema pleno sol quando comparado aos sombreados. Embora, a massa de forragem pós-pastejo tenha sido menor no sistema sombreamento intenso, proporcionalmente às massas de forragem pré-pastejo, foram maiores do que aquelas do sistema pleno sol, o que resultou em maior aproveitamento de forragem neste sistema em relação àqueles sombreados. Embora os sistemas sombreados (moderado e intenso) tenham apresentado perda de forragem 13,3 e 35,7% menores que no sistema pleno sol (286 kg ha⁻¹ de MS), respectivamente, a diferença entre as massas pré e pós-pastejo do sistema pleno sol compensaram suas maiores perdas, o que resultou em maior aproveitamento de forragem.

As frações de massa seca de lâmina foliar e massa seca de colmos foram maiores para o sistema pleno sol em relação aos sistemas sombreados. Isso foi devido ao efeito de redução da radiação fotossinteticamente ativa (Figura 12) com o incremento de sombra nos sistemas, o que limitou o crescimento do capim e a produção de forragem. Os valores médios de massa seca de lâminas foliares do sistema pleno sol (média de 4.200 kg ha⁻¹ na primavera e verão/2018) reduziram 22,6 e 41,3%, para os sistemas sombreamento moderado e intenso respectivamente. A lâmina foliar é a fração da forragem com maior valor nutritivo e aquela que as vacas têm preferência por consumir. Contudo, apesar da redução de lâmina foliar com o aumento do sombreamento, foi verificada redução intermediária desta fração no sistema com sombreamento moderado quando comparado aos outros sistemas. A massa seca de colmos apresentou comportamento similar àquele verificado para massa seca de lâminas foliares, com a maior valor para o sistema pleno sol (2.672 kg ha⁻¹), e reduções relativas de 30,8 e 52,1% para os sistemas sombreamento moderado e intenso, respectivamente. A massa seca de colmos está associada com a fração da forragem com baixo valor nutricional, ou seja, maior teor de fibra quando comparada àquela de lâminas foliares. Os ambientes sombreados favorecem o alongamento do colmo, uma vez que a planta utiliza este recurso com objetivo de aumentar a eficiência fotossintética. Apesar disso, a menor massa de colmos foi obtida no sistema sombreamento intenso, em função do menor acúmulo de forragem e massa de forragem do capim-Massai nos sistemas mais sombreados em relação àquele a pleno sol. O percentual médio (primavera/2018 e verão/2018) de massa seca de colmos na massa de forragem no sistema pleno sol foi de 25,4%, enquanto nos sistemas sombreados foi de 26,5 e 26,0% para o moderado e intenso, respectivamente. Esta pequena diferença possivelmente está relacionada ao peso dos colmos, pois no sistema pleno sol os colmos foram mais pesados, enquanto no sistema sombreamento intenso foram menos espessos e mais leves. A redução da densidade volumétrica da forragem com o incremento de sombra nos sistemas foi de 33,9% do sistema pleno sol para o sistema sombreamento moderado e de 48,8% para o sistema sombreamento intenso; esse comportamento foi similar àquele da massa de forragem, o que evidenciou o efeito negativo do sombreamento sobre a produtividade e acúmulo da biomassa de forragem. Os valores intermediários de densidade volumétrica de forragem obtidos para o sistema sombreamento moderado indica que é possível implementar sombra no sistema sem reduzir bruscamente o acúmulo de forragem sua distribuição/estruturação no dossel forrageiro, além de facilitar a apreensão da forragem pelo animal. De acordo com Palhano *et al.* (2005), a densidade volumétrica da forragem é uma característica relacionada à facilidade de apreensão da forragem e serve como um indicador para o animal, quanto ao grau de facilidade da ação do bocado. O teor de proteína bruta variou de 10,1 a 13,6% entre os sistemas de produção, houve incremento do teor de proteína bruta com a intensificação do sombreamento como já muito relatado e consolidado na literatura (PACIULLO *et al.*, 2007;

SOUSA *et al.*, 2010; PACIULLO *et al.*, 2011a). Segundo Paciullo *et al.* (2007), em condições de sombreamento moderado, aumentos no teor de nitrogênio na folha podem repercutir em melhorias do teor proteico da forragem. Embora o teor de proteína bruta do sistema sombreamento moderado (11,3%) tenha reduzido 16% em relação ao sistema sombreamento intenso (13,6%), houve um incremento 11,9% neste teor em relação ao sistema pleno sol (10,1%). Isso evidenciou que, apesar do sistema sombreamento intenso ter apresentado o maior teor de proteína bruta, o sistema sombreamento moderado se enquadra entre os limites acima de 7% PB (que não compromete o crescimento microbiano).

A componente CP2 esteve associada a estação do ano, uma vez que a temperatura média e máxima do ar, velocidade do vento, a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, altura pré-pastejo e contagem de células somáticas no leite diferenciaram a estação primavera/2018 do verão/2018 (Figura 61C). Apesar das temperaturas máxima e média na primavera/2018 superarem aquelas do verão/2018 em 1,2% para temperatura média e em 1,8% para temperatura máxima, não foi favorável para o crescimento do capim, uma vez que as alturas médias observadas no pré-pastejo foram menores na primavera/2018 em relação àquelas do verão/2018 (60 e 66 cm, respectivamente). Isso foi devido, o pasto da primavera/2018 apresentar maior massa residual, recorrente dos últimos pastejos antes do período de seca, com mortalidade de perfilhos velhos e aparecimento de novos perfilhos, no qual essa manutenção do pasto resultou em altura menor. Enquanto, o pasto do verão/2018, foi o resultado de um crescimento contínuo com touceiras estabelecidas no dossel, o que pode ter proporcionado também o auto sombreamento, que possivelmente favoreceu a maior altura observada do pasto no verão/2018 quando comparada àquela da primavera/2018. Aliado a ocorrência de veranicos na primavera/2018 (nos períodos de 21 a 31/10/2018 e 11 a 20/12/2018), que reduziu o índice pluviométrico, e ainda à maior velocidade do vento, 13,2% superior na primavera/2018 do que no verão/2018 ($0,66 \text{ m s}^{-1}$), contribuíram para maior perda hídrica para o solo e plantas na primavera/2018. De acordo com Ribasky *et al.* (2001), a redução da velocidade do vento pode ser benéfica aos componentes agrícola e pecuário (pastagem), resultando no incremento do rendimento, devido à economia de água, resultado da menor evaporação da água do solo e das plantas, como também, menores danos físicos causados nas folhas. Os ventos de baixas intensidades transportam vapor d'água sobre a superfície das folhas, o que favorece as trocas gasosas e a sua refrigeração (TAIZ *et al.*, 2017).

A redução de 3,9% da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da forragem no verão/2018 (82,4%) em relação à primavera/2018 (85,7%), pode ser justificada pela baixa participação de colmos no pastejo simulado, que foi 17,6% maior no verão do que na primavera/2018. Somado a isso ocorreu também maior participação de colmos na massa de forragem pré-pastejo na estação do verão/2018 em relação à primavera/2018, uma vez que a massa seca de colmos na massa de forragem pré-pastejo aumentou 913 kg ha⁻¹ da primavera para o verão/2018. Neste contexto, vale destacar que a participação de lâminas foliares no pastejo simulado da primavera/2018 superou em 5,4% aquela do verão/2018, comprovando uma melhor qualidade do valor nutricional do pasto na estação da primavera/2018 quando comparada ao verão/2018. A fração de colmos na planta forrageira está fortemente relacionada com a maturidade e com o valor nutricional da forragem, ou seja, quanto maior a participação da fração de colmos no pasto, maior será a lignificação do material e menor a digestibilidade da matéria orgânica, e o contrário acontece com a fração de lâminas foliares, que o animal tem preferência por consumir. A contagem de células somáticas no leite aumentou de 141.000 CS mL⁻¹ na primavera/2018 para 261.000 CS mL⁻¹ no verão/2018, o que corresponde a um aumento de 46%. Possivelmente, esse aumento ocorreu em função da aproximação do final da lactação, pois segundo Lagoni *et al.* (2017), no final da lactação

ocorre uma descamação natural do epitélio da glândula mamária, principalmente pelas lesões às células epiteliais causadas por patógenos adquiridos ao longo da lactação e pela queda de produção. Isso somado aos fatores climáticos da estação de verão/2018, uma vez que, o estresse térmico provocado por elevadas temperaturas reduz a imunidade dos animais, o que também contribuiu para facilitar a contaminação. As temperaturas média e máxima do ar reduziram respectivamente de 26 °C para 25 °C e de 33 °C para 32 °C da primavera para o verão/2018, embora seja uma variação muito pequena para ambas as temperaturas (menos de 2%), quando associadas à redução da velocidade do vento e ao aumento da umidade, promoveram o aumento da contagem de células somáticas do leite no verão/2018 em comparação à primavera/2018. Também deve-se considerar que a velocidade do vento reduziu 13,2% e a umidade relativa do ar aumentou 46,6% da primavera/2018 para o verão/2018, o que tornou o ambiente mais úmido no verão/2018 e, conseqüentemente, mais favorável ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos no ambiente e ao favorecimento à contaminação dos animais (HARMON & RENEAU, 1993).

A análise da componente principal CP3 (Figura 62), revelou que a produção individual de leite discriminou os sistemas, com maior produção no sistema pleno com diferença de 3,6 kg animal⁻¹ dia⁻¹ de leite comparado aos sistemas sombreados (Tabela 13). Nas estações de primavera/2018 e verão/2018, a produção de leite foi uma variável que devido a variabilidade observada entre os animais, reflexo do período muito longo de avaliação, não pode ser considerada como resposta dos efeitos dos sistemas de produção, conforme verificado na análise de componente principal (Tabela 40), esta variável resposta contribuiu apenas com 10,4% da variabilidade observada entre os sistemas de produção, não sendo conclusiva.

O aumento na RFA foi acompanhado dos aumentos na produção de leite, contagem de células somáticas (CCS), massa de forragem e temperaturas ambiente (média e máxima), porém com redução no teor de proteína bruta da forragem (Tabela 42). o aumento na RFA e temperatura ambiente beneficiou o aumento da massa de forragem. Já a correlação positiva da CCS com a RFA, possivelmente se deve ao desconforto térmico promovido pelos maiores valores de RFA e outras radiações, que induziu a busca pelos animais por áreas sombreadas e/ou próximas a bebedouros para evitar maior incidência de radiação, e resultou em aglomeração dos animais nestas áreas e aumentou a possibilidade de contato com patógenos ambientais, e conseqüentemente, na maior CCS do leite. A ocorrência de alguns veranicos no segundo decêndio de dezembro/2018 e no primeiro e no segundo decêndio de janeiro/2019, no qual ocorreu o maior veranico desse período, também pode ter contribuído para elevar a RFA e a temperatura ambiente (Tabela 42).

Na análise discriminante para o comportamento animal (Figura 63), foi verificado que em ambientes nos quais os animais frequentaram mais sombra a velocidade do vento foi menor, uma vez que nestes ambientes a presença de árvores ajudou a reduzir a velocidade do vento, conforme relatado na literatura (PEZZOPANE *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Quanto a análise discriminante para estação (Figura 64), a atividade de pastejo foi influenciada pela temperatura ambiente, principalmente no intervalo entre 10 e 14h 00, além do índice de temperatura e umidade; ou seja, sob maiores temperaturas menor foi a atividade de pastejo e maior o tempo em ócio.

A análise da componente CP1 (Figura 65), foi associada as variáveis frequência de vacas em pastejo, temperatura ambiente (média e no intervalo entre 10 e 14h 00), e frequência de vacas em ócio. A frequência de vacas à sombra foi 3,3 vezes maior do que no sistema pleno sol (20,2%), o que já esperado, principalmente porque os animais não tiveram opção de escolha pela sombra no sistema pleno sol.

A análise de CP2 (Figura 65) esteve mais associada às variáveis de frequência de vacas à sombra, radiação fotossinteticamente ativa e velocidade do vento. Houve um

incremento de 52,6% na radiação fotossinteticamente ativa máxima para o sistema pleno sol quando comparada àquelas do sistema sombreamento intenso, o que favoreceu o componente pasto, porém limitou o componente animal em relação ao conforto térmico.

Neste sistema pleno sol, houve menor frequência de vacas a sombra, uma vez que as vacas não tiveram a possibilidade de optar por sombra neste sistema (Figura 65). As variáveis microclimáticas foram influenciadas com incremento na radiação fotossinteticamente ativa e na velocidade do vento. Para o conforto animal, o aumento da velocidade do vento favoreceu a dissipação do calor dos animais por sudorese no ambiente a pleno sol, conforme já relatado anteriormente. Já nos sistemas com sombreamento, embora as condições climáticas tenham sido favoráveis ao conforto animal, principalmente haver sombra para os animais frequentarem, houve prejuízo para o acúmulo e a massa de forragem pré-pastejo, principalmente em função da redução da radiação fotossinteticamente ativa sob este ambiente.

O sistema sombreamento moderado ficou caracterizado, como um sistema intermediário, mas bem próximo ao sistema sombreamento intenso, o que permitiu os animais optarem pela sombra nas horas mais quentes do dia, além de proporcionar condições de acúmulo e massa de forragem pré-pastejo intermediária aos outros sistemas.

A análise da componente principal CP2, caracterizou a primavera/2018 com os menores valores de frequência de vacas em pastejo, frequência de vacas em ócio, temperatura média do ar, temperatura média no intervalo entre 10 e 14h 00 e índice de temperatura e umidade, além de maiores valores para a frequência de vacas em pastejo em relação ao verão/2018 (Figura 65). A frequência de vacas à sombra nos sistemas sombreados foi 3,3 vezes maior do que no sistema pleno sol (20,2%), o que já era esperado, uma vez que os animais não tiveram opção de escolha pela sombra no sistema pleno sol. A radiação fotossinteticamente ativa máxima foi 52,6% maior para o sistema pleno sol quando comparada àquela do sistema sombreamento intenso, o que favoreceu o componente pasto, porém limitou o componente animal em relação ao conforto térmico. Já a média da primavera e verão/2018, para velocidade do vento, no sistema pleno sol, foi de $0,87 \text{ m s}^{-1}$, enquanto no sistema sombreamento intenso foi de $0,74 \text{ m s}^{-1}$, o que evidencia que os renques de árvores atuaram como barreiras físicas na forma de quebra vento no sistema sombreamento intenso. Porém no sistema pleno sol ocorreu o contrário, o que pode ter amenizado a condição de estresse térmico em que os animais foram submetidos no sistema pleno sol. Esse fato também pode ter contribuído para o aumento da produção individual de leite dos animais do pleno sol, que superou os sistemas sombreados em $7,5 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de leite. Isso evidencia que, provavelmente, as vacas do sistema pleno sol compensaram o pastejo durante o período noturno. A partir da análise univariada, quando comparada a atividade de pastejo dos animais entre os sistemas avaliados, foi observado que houve menor valor de frequência de vacas em pastejo pela manhã e à tarde no sistema pleno sol, quando comparado aos sistemas sombreados. Além disso, outros dois fatores potencializaram a produção de leite individual no sistema pleno sol, a maior massa de forragem nas condições de pré-pastejo, com valor médio na primavera e verão/2018 de $10.315,5 \text{ kg ha}^{-1}$, que superou o sistema sombreado em $3.465,5 \text{ kg ha}^{-1}$ e o sistema sombreamento intenso em 5.527 kg ha^{-1} . O segundo fator foi o maior aproveitamento de forragem (3.817 kg ha^{-1} de MS) constatado no sistema pleno sol em relação aos sistemas sombreados, com incremento proporcional de 21,4% para o sistema sombreamento moderado e 50,6% para o sistema sombreamento intenso.

Conforme correlação (Tabela 44), a redução da velocidade do vento aumentou a frequência de vacas na sombra. A média registrada para velocidade do vento foi de $0,87$; $0,79$; e $0,74 \text{ m s}^{-1}$ para os sistemas de pleno sol, sistema sombreamento moderado e sistema sombreamento intenso, respectivamente. A velocidade do vento reduziu em função do incremento do número e dimensões das árvores, o que pode ser explicado pela ação de quebra

vento feita pelo componente arbóreo. Em ambientes com condições precárias de conforto térmico (elevada temperatura, elevada umidade e elevado índice de temperatura e umidade), o vento moderado pode contribuir para amenizar o estresse térmico dos animais, uma vez que, facilita a troca de calor do animal por convecção (BAËTA & SOUZA, 2010; SOUZA *et al.*, 2010c).

As vacas aumentaram a frequência de pastejo, quando houve redução da temperatura média e índice de temperatura e umidade, o que evidencia que as vacas tiveram preferência em pastear em períodos em que os índices de conforto foram melhores (Figuras 16 e 17), o que ocorreu no início da manhã (8h 00 às 9h 30) e no final da tarde (a partir das 15h 00), neste turno às 17h 30 teve o pico de frequência de atividade de pastejo médio de 90% (Figura 42). Assim, a frequência de vacas em atividade de pastejo, no turno da manhã, no sistema sombreamento intenso foi 23,5% superior àquela do sistema sombreamento moderado e 66,8% superior àquela do sistema pleno sol. No turno da tarde, essa diferença foi de apenas 6,5% superior ao sombreamento moderado e 15,5% superior ao sistema pleno sol. Apesar disso, as vacas fizeram tentativas de pastejo entre o período de 11h 00 e 15h 00, caracterizado por apresentar os piores índices de conforto térmico (Figuras 16 e 17). Os animais com maior disponibilidade a sombra permaneceram em uma atividade de pastejo sob frequência de 18 a 38%, mesmo nas horas com os piores índices de conforto térmico (Figuras 16 e 17), pois a sombra tornou o ambiente mais confortável. As vacas do sistema pleno sol realizavam tentativas de pastejo em baixa frequência (0 a 25%), mas desistiam e retornavam para outras atividades. Enquanto, as vacas do sistema com sombreamento moderado, tiveram somente um pico de 25% de atividade de pastejo no horário de 12h 30 e retornaram para uma frequência de 20%, que se manteve constante até às 14h 00. Embora, o maior sombreamento tenha favorecido picos com frequência maior de atividade de pastejo, no sistema sombreamento moderado os animais mantiveram uma frequência de pastejo constante. O que pode ter compensado as oscilações nas atividades de pastejo das vacas dos outros sistemas.

Com o aumento da temperatura média, e do índice de temperatura e umidade, houve incremento na frequência de vacas em ócio nos sistemas, isso pode ser explicado em função das vacas tentarem reduzir o incremento calórico, e evitar a geração de calor metabólico ao realizar outras atividades como o pastejo, ruminação e deslocamento. De acordo com Phillips (1993), a distribuição esperada das atividades de vacas leiteiras em um período de 24 horas seria de 8% caminhando, 10% em pé, 13% deitado, 4% bebendo, 27% ruminando e 38% pastando. As atividades de ruminação e ócio também podem ocorrer quando as vacas estão deitadas ou em pé. No presente trabalho, foram observados períodos de frequência de vacas pastando e ruminando variando de 25,8 a 39,9% e 14,4 a 19,2%, respectivamente. Embora, não tenha havido diferença na frequência de vacas em ócio entre os sistemas avaliados, as vacas dos sistemas sombreados preferiram ficar em ócio na sombra, enquanto as vacas do sistema pleno sol, como não puderam optar pela sombra, realizaram a maior atividade de ócio próxima ao bebedouro tentando se refrescar, ou seja, a partir da formação de lama a fim de dissipar o calor por condução. Além disso, as vacas do sistema pleno sol aumentaram 1,5 vezes a frequência de deslocamento quando comparado aos sistemas sombreados, possivelmente isso ocorreu pelas várias tentativas de pastejo, em uma frequência pequena, principalmente no intervalo entre 11h 00 e 14h 00, ou na tentativa de perder calor por convecção, ou seja, perda de calor em contato com o vento. Assim, a frequência de vacas em pastejo no sistema pleno sol reduziu proporcionalmente 35,3% em relação ao sistema sombreamento intenso e 13% em relação ao sistema sombreamento moderado. No sistema pleno sol a frequência de ruminação foi 4,8 vezes menor do que no sistema sombreamento moderado e 3 vezes menor que no sistema sombreamento intenso. Estes resultados indicam que, sob condições precárias de conforto térmico, as vacas se privam das atividades que

aumentam o incremento calórico (frequências de deslocamento e ruminação). A susceptibilidade dos bovinos ao estresse calórico aumenta à medida que a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente ultrapassam a zona de conforto térmico, o que dificulta na dissipação de calor que, por sua vez, aumenta a temperatura corporal, com efeito negativo sobre o desempenho produtivo (SILVA *et al.*, 2012b). Conforme também verificado por Mello *et al.* (2017), com aumento da temperatura (35 a 36 °C) e umidade relativa do ar (87%), na mesma área experimental, 61% das novilhas escolheram ficar aglomeradas próximo ao bebedouro, no local com lama, deitadas e com a boca aberta, como medida para amenizar o desconforto térmico, com retorno ao pastejo somente após às 16h 00. Além disso, de acordo com Magalhães *et al.* (2006), altas temperaturas associadas com alta umidade relativa do ar afeta diretamente o conforto e as funções fisiológicas do animal, que podem prejudicar a rotina diária dos animais. Sendo assim, sob condições ideais de conforto térmico, a ruminação, é realizada nos períodos mais frescos do dia. Quando a temperatura ambiente aumenta, a atividade de ruminação diminui. Segundo Kadzere *et al.* (2002), vacas com menor ruminação possuem uma menor taxa de geração de calor metabólico. Em relação ao pastejo, as vacas, tendem a reduzir o pastejo durante as horas em que os índices de conforto térmico são desfavoráveis (temperatura e umidade elevadas), com o objetivo de reduzir atividades que produzem calor como a alimentação. As vacas retornam ao pastejo em maior frequência nas horas com temperatura ambiente mais amena, conforme relatado por Zanine *et al.* (2008) e Zanine *et al.* (2009), que consideram bovinos crepusculares quanto ao hábito de pastejo.

Durante a primavera/2018 e o verão/2018, em resumo, houve maior acúmulo de forragem e massa de forragem pré pastejo no sistema pleno sol, o que permitiu aumentar sua taxa de lotação animal adicional, enquanto nos sistemas sombreados, o acúmulo de forragem se manteve semelhante àquele do primeiro período de avaliação, mas possibilitou o aumento da taxa de lotação adicional devido a maior sobra de forragem após a saída das vacas traçadoras que pastejaram menos, provavelmente em função da baixa densidade volumétrica do pasto. Apesar de maior produção de forragem ocorrer no sistema pleno sol, o teor de proteína bruta foi menor, e ainda, em relação ao comportamento animal, os animais passaram mais tempo em ócio, em função do desconforto térmico. O sistema sombreamento moderado permitiu equilíbrio entre a produção vegetal, e contribuiu para uma melhor ambiência dos animais. No verão/2018, o manejo de interceptação luminosa adotado para os sistemas também pode ter contribuído para que os pastos dos sistemas de produção mantivessem uma menor altura, o que melhorou o equilíbrio entre os processos de produção e senescência, além de permitir a colheita pelo animal do pasto com maior oferta de massa seca de lâminas foliares, ou seja, da parte mais nutritiva da planta. Com relação ao comportamento animal, observou-se que nos horários mais quentes do dia, os animais que tinham acesso a sombra, permaneciam em atividade de ruminação e ócio, enquanto os animais do sistema pleno sol, reduziram a atividade de pastejo e aumentaram a frequência no ócio, como tentativa de perder calor corporal.

Devido à maior nebulosidade verificada no verão/2018, o mínimo de acesso à sombra dos animais do sistema pleno sol, pode ter amenizado o desconforto térmico e permitido os animais realizarem atividade de pastejo nas horas mais quentes do dia, somado à maior densidade volumétrica da forragem neste sistema que permitiu os animais consumirem uma quantidade significativa de forragem, sob menor número de bocados, para atender suas exigências nutricionais diárias.

Nos sistemas sombreados, apesar de apresentarem menor produção de forragem, devido a presença do componente arbóreo, deve-se considerar que estes sistemas permitem diversificar os produtos como a produção de madeira, conforme verificado em experimento realizado concomitantemente a este, na mesma área experimental. Neste foi possível obter

valores de volume de madeira nos sistemas sombreamento moderado e intenso de $66,71 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ e $166,61 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ (Informação pessoal de dados ainda não publicados), respectivamente. Além disso, de forma geral, a presença do componente arbóreo contribui com benefícios para o sistema, como exemplos: a ciclagem de nutrientes, permite reduzir os custos com adubação (dependendo do arranjo), estoque de carbono, redução dos gases emissores do efeito estufa, bem-estar animal, aumento da biodiversidade e redução da degradação do solo e dos recursos naturais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo de interceptação luminosa de 95% promoveu maior equilíbrio estrutural do capim-Massai em ambientes sombreados, com colmos menos espessos e mais leves nos sistemas sombreamento moderado e intenso.

Sistemas com árvores promovem um aumento na diversidade de produtos comercializáveis na mesma área, o que torna muitas vezes a produção animal complementar ou complementada dependendo do objetivo.

A produção individual de leite de vacas no sistema sombreamento moderado foi intermediária entre os sistemas no verão/2017, e maior que de vacas no sistema pleno sol, e igual ao de vacas no sistema intenso na estação de outono/2018.

A partir do inverno/2018, a produção individual de leite foi afetada pela maior variabilidade dos dados dos animais.

O sistema com sombreamento intenso foi o que apresentou maior teor de proteína bruta da forragem, porém a redução em torno de 50% da radiação fotossinteticamente ativa resultou em menor acúmulo de forragem.

O sistema sombreamento moderado proporcionou um equilíbrio entre a produção e a qualidade da forragem, concomitante à redução da incidência da radiação fotossinteticamente ativa, temperatura ambiente e velocidade do vento, o que amenizou o desconforto térmico dos animais.

Para a produção de leite em pastos de capim-Massai durante o primeiro e o segundo ano após colheita da lavoura de milho, as variáveis climáticas (ambientais e relacionadas ao animal), de estrutura do pasto (massa de forragem e sua composição morfológica, densidade volumétrica da forragem), e de comportamento animal (frequência de vacas na sombra, em pé e em ócio) são aquelas que melhor discriminam os sistemas de produção a pleno sol e sombreados.

Estudos futuros sistêmicos como este devem ser idealizados considerando também avaliações de estratégias de manejo que proporcionem maior densidade volumétrica da forragem sob ambientes sombreados, além da avaliação do desempenho reprodutivo de vacas sob condições de estresse pelo calor em regiões semelhantes ao norte do Mato Grosso - Brasil.

7 CONCLUSÕES

O sombreamento moderado promove equilíbrio entre a produção e o valor nutritivo do capim-Massai, assim como ambiência para vacas leiteiras, nas distintas épocas do ano no norte do Mato Grosso - Brasil.

Nas condições do norte do Mato Grosso é inviável a produção de leite de vacas mestiças em sistemas completamente a pleno sol, sem qualquer acesso à sombra, devido ao colapso fisiológico dos animais.

Nas condições estressantes do sistema pleno sol, mesmo com acesso restrito à sombra, os animais procuram mecanismos (frequência de visitação ao bebedouro, frequência de animais em pé e/ou em ócio, busca por sombra) para amenizar o desconforto térmico.

Alterações no microclima, promovidas por sistemas integrados estabelecidos no Norte do Mato Grosso, tem influência na qualidade do leite, especificamente na contagem de células somáticas, nas distintas épocas do ano.

A altura de pré-pastejo do capim-Massai, determinada pelo manejo com 95% de interceptação luminosa em lotação rotacionada, é de aproximadamente 60 cm sob monocultivos e/ou em sistemas integrados com árvores.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAKER, D.A.; KUMAR, V.; DAY, G.S. (2004). **Pesquisa de Marketing** (2. ed.). São Paulo: Atlas.
- ABRAHAM, E. M.; KYRIAZOPOULOS, A. P.; PARISSI, Z. M.; KOSTOPOULOU, P.; KARATASSIOU, M.; ANJALANIDOU, K.; KATSOUTA, C. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 2, p. 287-299, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9682-9>.
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref>. Acesso em: 16 mar 2020.
- ALVES, B. J. R.; MADARI, B. E.; BODDEY, R. M. Integrated croplivestock- forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification, **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p 1-4, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9851-0>
- AMORIM, P. L.; LOPES, E. L. G.; MOREIRA, A. M.; CAVALCANTE, F. S.; LYRA, G. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SOUSA, B. M. L. Efeitos da interceptação luminosa ou período de descanso fixo no acúmulo de forragem e estrutura do dossel de uma antiga cultivar de *Megathyrus maximus*. **Revista Ciência Agrícola**, v.18, n.1, p. 9-37, 2020. <https://doi.org/10.28998/rca.v18i1.8801>.
- ANDRADE, C. M. S.; SALMAN, A. K. D.; OLIVEIRA, T. K. **Guia arbopasto: manual de identificação e seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris**. Brasília: Embrapa, 345p, 2012.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p. 263-270, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000300009&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 29 mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000300009>.
- ANDRADE, R.P. Tecnologia de produção de sementes de espécies do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p.49-71. Araújo Filho *et al.* 1990).
- ARAÚJO, R. P.; ALMEIDA, J. C. C.; ARAÚJO, S. A. C.; RIBEIRO, E. T.; PÁDUA, F. T.; CARVALHO, C. A. B.; BONAPARTE, T. P.; DEMINICIS, B. B.; LISTA, F. N. Produção e composição química de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril sob diferentes espaçamentos com *Eucalyptus urophylla* ST Blake. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 3, n. 1, p.90-98, 2013.
- ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 7, p. 797-800, 1989.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 2nd ed. 2010. 269p.

BALANCIN JÚNIOR, A.; PRATA, M. A.; MOREIRA, H. L.; VERCESI FILHO, A. E.; CARDOSO, V. L.; EL FARO, L. Avaliação de desempenho produtivo e reprodutivo de animais mestiços do cruzamento Holandês x Gir. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 4, p. 357-364, 2014.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L.A.M; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 46, n. 10, p. 1–12, 2011a.

BALOCCHI, O.; PULIDO, R.; FERNÁNDEZ, J. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo com y sin suplementación com concentrado. **Agricultura Técnica**, v.62, n.1, p.87-98, 2002.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; SILVA, I.J.O.; MELLACE, E.M. Ambiência e instalações para novilhas leiteiras. **In: PEREIRA, E.S. et al. Novilhas leiteiras**. Fortaleza, CE: Graphiti, 2010. p. 593-632.

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

BARBOSA, O.R.; DAMASCENO, J.C. **Bioclimatologia e bem estar animal aplicados à bovinocultura de leite**. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Jun 2002.

BAR-PELED, U.; MALTZ, E.; BRUCKENTAL, I.; FOLMAN, Y.; KALI, GACITUA, H.; LEHRER, A.R.; KNIGHT, C.H.; ROBINSON, B.; VOET, H.; TAGARI, H. Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.12, p.2726-2736, 1995.

BARROS, J.; CASTRO, L. C. S.; SILVA, F.L.; ALVES, F.V.; ALMEIDA, R.G.; SANTOS, D. M.; LOURES, D. R. S. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 19, n. 2, p. 144-156, 2018. DOI:<<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402018000200001>>.

BAUMER, M. Animal production, agroforestry and similar techniques. **Agroforestry Systems**, v.4, n.4, p.179- 98, 1991.

BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 13, n. 4, p. 954-968, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402012000400010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000400010>.

BERGAMASCHI, M.A.C. M.; MACHADO, R.; BARBOSA, R.T. Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras. Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2010.

BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P.; RONCHI, B.; NARDONE, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1167–1183, 2010. DOI:10.1017/ S175173111000090X.

- BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; DANIELI, P.P.; BANI, P.; NARDONE, A.; RONCHI, B. Influence of different periods of exposure to hot environment on rumen function and diet digestibility in sheep. **Internacional Journal of Biometeorology**, v.53, p.387–395, 2009.
- BERNADINO F. S. **Sistema silvipastoril com eucalipto: Produtividade do sub-bosque e desempenho de novilhos sob fertilização nitrogenada e potássica**. Viçosa, 2007. 101p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- BERNARDI, C. M. M.; MACEDO, H. R.; PINHEIRO, R. S. B.; FREITAS, M. L. M. Florestas plantadas de eucalipto em sistemas silvipastoris e o impacto da entrada do componente animal. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 125-132, 2014.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, edição especial, p.77-87, 2009.
- BETTENCOURT, A. F.; SILVA, D. G.; LEITE, T. E.; PORCIUNCULA, G. C. Sistemas de produção para terminação de cordeiros no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 243-262, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261243-262>.
- BIAVATTI, H. A. Z.; BERBER, G. C. M.; BERBER, R. C. A. Milk Production in Integrated Systems: Review. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 1–16, 2014. DOI: 10.36560/722014154. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/154>. Acesso em: 21 maio. 2021.
- BONAUDO, T.; BENDAHAN, A. B.; SABATIER, R.; RYSCHAWY, J.; BELLON, S.; LEGER, F.; MAGDA, D.; TICHIT, M. Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p. 43-51, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010>. Acesso em 14 fev 2021.
- BOSI, C.; PEZZOPANE, J.R.M.; SENTELHAS; P.C.; SANTOS, P.M.; NICODEMO, M.L. F. Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.6, p.449-456. 2014 DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000600006>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº. Nº 76, de 26 de novembro DE 2018 - Diário Oficial da União - Imprensa Nacional, 30/11/2018. Edição: 230. Seção 1. 9p.
- BRITTON, C.M.; DODD, J. D. Relationships of photosynthetically active radiation and shortwave irradiance. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.17, p.1-7, 1976.
- BROUCEK, J.; LETKOVICOVFI, M.; KOVALCUJ, K. Estimation of cold stress effect on dairy cows. **International Journal of Biometeorol**, V. 35, p. 29–32, 1991.
- BRUN, E. J.; DALPOSSO, D. M.; KUSS, F.; SARTOR, L. R.; BRUN, F.; PERETIATKO, C. Danos causados por gado leiteiro no componente arbóreo de um sistema silvipastoril. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 5, p. 33-44, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2316980X25634>.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R.J. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equation for dairy cows Transactions of the ASA, v.24, p.711-714, 1981.

- BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural engineers**, p. 16 (PAPER 82-4061), 1982.
- CABRAL, C. H. A.; BAUER, M. O.; CABRAL, C. E. A. Influência das características anatômicas e estruturais em dossel forrageiro no consumo de ruminantes. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.680-693, 2011.
- CARDOSO, R. R.; SOUSA, L. F. D.; FERREIRA, A. C. H.; NEIVA, J. N. M.; FERREIRA, D. A.; SILVA, A. G. M. Comportamento ingestivo de ovinos em capim Massai sob diferentes alturas pré-pastejo sob lotação rotativa. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.20, p.1-12, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-9940200152019>.
- CARNEVALLI, R. A.; MELLO, A. C. T.; COLETTI, A. J.; GARCIA, L. F.; XAVIER, D. B. Shade controls the ruminating and idleness times of dairy heifers in tropical integrated systems. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 779-790, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00448-7>.
- CARNEVALLI, R. A.; SANTOS, E. B. C.; ABREU, J. G.; GARCIA, L. F.; COLETTI, A. J.; GIUSTINA, C. D.; PEIXOTO, W. M.; HERRERA, L. D. S.; RODRIGUES, J. A. Production of Maize Silage is Possible in Integrated Systems with Arboreal Component. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.39, n.6, 1-9p, 2019b; JEAI.50010ISSN: 2457-0591.
- CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O. UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in Panicum maximum cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006.
- CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J. XAVIER, F.D.; YAMAGUCHI, L.C.T. Estabelecimento de sistemas silvipastoris: ênfase em áreas montanhosas e solos de baixa fertilidade. Juiz de Fora, MG: Embrapa - CNPGL, 2002. 11p. (Circular Técnica, 68).
- CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; ANDRADE, A.C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicais**, v. 17, n. 1, p. 24-30, 1995.
- CARVALHO, P. C. F.; SANTOS, D. T.; NEVES, F. P. Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal. **In: Simpósio de Forrageiras e Produção Animal**, v.2, n.2007, p.23-59, 2007.
- CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; DA SILVA, S. C.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J. C.; NABINGER, C.; AMARAL, M. F.; CARASSAI, I. J.; MARTINS, R. S.; GENRO, T. C. M.; GONÇALVES, E. N.; AMARAL, G. A.; GONDA, H. L.; POLI, C. H. E. C.; SANTOS, D. T. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. **Simpósio Sobre Manejo De Pastagem – intensificação de sistemas de produção animal em pasto**. FEALQ, Piracicaba, pp. 61–93. 2009.
- CARVALHO, W. F.; MOURA, R. L.; SANTOS, M. S.; SILVA, S. F.; LEAL, T. M. MORFOGÊNESE E ESTRUTURA DE CAPIM-MASSAI EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO SOB PASTEJO. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 4, n. 1, 2014. DOI: 10.21206/rbas.v4i1.233. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2824>. Acesso em: 28 mai. 2021.

- CASTRO, A. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, N. F. A.; MONTEIRO, E. M.M.; AVIZ, M. A. B.; GARCIA, A. R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v.38, p.2395-2402, 2008.
- CASTRO, C.R.T. de; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.
- CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C. Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 50).
- CHACON, E.; STOBBS, T.H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.27, p.709-727, 1976.
- COELHO, J.S.; ARAÚJO, S.A.C.; VIANA, M.C.M. *et al.* Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com diferentes arranjos espaciais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1487-1500, 2014.
- CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L. ; MARCHAO, R. L. ; KLUTHCOUSKI, J. ; MARTHA JUNIOR, G. B. . Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, p. 15-53, 2015.
- CORSI, M.; GOULART, R. O sistema de carne e as exigências da sociedade moderna. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba, SP. As pastagens e o meio ambiente: **Anais**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2006. p. 7-35.
- COULON, J. B.; PÉROCHON, L. Modeling the effect of the stage of pregnancy on milk composition. **Animal Science**, v. 67, p. 413-419, 1998.
- CRESTANI, S., MASCHERONI, J. D. C., GEREMIA, E. V., CARNEVALLI, R. A., MOURÃO, G. B., & DA SILVA, S. C. Sward structural characteristics and herbage accumulation of Piatã palisade grass (*Brachiaria brizantha*) in a crop–livestock–forest integration area. **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 9, p. 859-871, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP16341>.
- CRUZ, L. V.; ANGRIMANI, D. S. R.; RUI, B. R.; SILVA, M. A. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: Revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 9, n. 16, p. 1-18, 2011.
- CUARTAS CARDONA, C. A.; RAMÍREZ, J. F. N.; MORALES, A. M. T.; RESTREPO, E. M.; OROZCO, J. D. C.; VERA, J. K.; SANCHÉZ, F. J. S.; ESTRADA, M.X. F.; SANCHÉZ, B.S.; ROSALES, R.B. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 27, n. 2, p. 76-94, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902014000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 Jun 2021.
- CURTIS, S.E. Environment management in animal agriculture. Illinois: **Animal Environment Services**, 1981. 430p.
- DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Variation in and relationships among feeding, chewing and drinking variables for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.1, p.132, 1994. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76936-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76936-8).

DAHL, G. E.; TAO, S.; LAPORTA, J. Heat stress impacts immune status in cows across the life cycle. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 116, 2020. DOI: 10.3389/fvets.2020.00116.

DALE, M.P.; CAUSTON, D.R. The ecophysiology of *Veronica Chamaedrys*, *V. Montana* and *V. officinalis*. Effects of shading on nutrient allocations – a field experiment. **Journal of Ecology**, v.80, p.517–526, 1992. DOI: <https://doi.org/10.2307/2260695>.

DALTRO, M.A.; BETTENCOURT, F.A.; XIMENES, K.C.A.; DALTRO, D.S.; PINHO, A.P.S. Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 288-311, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>.

DANIEL, O.; COUTO, L. Una visión general de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles con Eucalipto en Brasil. In: CONFERÊNCIA ELECTRÓNICA DE LA FAO SOBRE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN LATINOAMÉRICA, 3. 1998. Disponível em: <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/daniel21.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2020.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.40, p. 243-252, 2011a.

DOMICIANO, L. F.; MOMBACH, M. A.; CARVALHO, P.; SILVA N. M. F., PEREIRA D. H., CABRAL L. S., LOPES L. B., PEDREIRA B. C. Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. **Animal Production Science**. v. 58, n. 5, p. 920-929, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/AN16351>.

DU PREEZ, J.D.; GIESECKE, W.H.; HATTINGH, P.J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. **Onderstepoort Journal Veterinary Research**, Onderstepoort, v.57, n.1, p.77-87, 1990.

EMERENCIANO NETO, J.V.; PEREIRA, G. F.; DIFANTE, G.S *et al.* Produção e estrutura de pastos de capim-Massai adubado com dejetos da produção animal. **Boletim de Indústria Animal**. Nova Odessa. v.73, n.2, p.111-117, 2016.

ERGON, Å., SEDDAIU, G., KORHONEN, P., VIRKAJÄRVI, P., BELLOCCHI, G., JØRGENSEN, M., ØSTREM, L., REHEUL, D., VOLAIRE, F. How can forage production in Nordic and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate change?. **European Journal of Agronomy**. V.92, p. 97–106. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.016>.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; JANK, L; OLIVEIRA, M. P. Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 18-26, 2008. DOI: 10.1590/S1516-35982008000100003.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem (para se estimar o valor nutritivo de forragens) sob pastejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.4, p.691-702, 1992.

- FAÇANHA, D. A. E. CHAVES, D. F. MORAIS, J. H. G. *et al.* Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Rural**, Salvador, v.14, n.1, p.91-103 jan./mar., 2013. Disponível em: <<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/2602/1366>>. Acesso em: 24 janeiro 2020.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO STAT - Livestock Primary. Roma, Italy, 2021. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 25 mar. 2021.
- FARIA, B. M., MORENZ, M. J. F., PACIULLO, D. S. C., LOPES, F. C. F., & GOMIDE, C. A. D. M. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 529-536, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180060>.
- FARIA, E. F. S. Formação e manejo de pastagens (plantas forrageiras), Salvador: UFBA, Departamento de produção animal, Especialização em produção de bovinos, p. 78, 2007.
- FERNANDES, L. S.; DIFANTE, G. S.; MONTAGNER, D. B.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ARAÚJO, I. M. M.; CAMPOS, N. R. F. Structure of massai grass pasture grazed on by sheep supplemented in the dry season. **Grassland Science**, v.13, p.1-7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/grs.12165>.
- FERREIRA, L. C. B.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HOTZEL, M. J.; ALVES, A. A.; BARCELLOS, A. O. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 2, 2014.
- FERREIRA, L. C. B.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HOTZEL, M. J.; LABARRÈRE, J. G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 137-146, 2011. Disponível em: <http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/article/view/9959/pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2021.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.
- FONSECA, L. *et al.* Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in Sorghum bicolor. **Livestock Science.**, v. 145, p. 205–211, 2012.
- FONTES, J.G.G.; FAGUNDES, J.L.; BACKES, A.A.; BARBOSA, L.T.; CERQUEIRA, E.S.A.; SILVA, L.M.; MORAIS, J.A.S.; VIEIRA, J.S. Acúmulo de massa em cultivares de *Brachiaria brizantha* submetida a intensidades de desfolhação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1425-1438, 2014.
- FRANKE, I.L.; FURTADO, S.C. Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. (Embrapa Acre. Documentos, 74).
- FREITAS, E. C. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; FONSECA, D. M. SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com Eucalipto e Acácia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 409-417, 2013.
- GEREMIA, E. V.; CRESTANI, S.; MASCHERONI, J. D. C.; CARNEVALLI, R. A.; MOURÃO, G. B.; SILVA, S. C. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, 2018. DOI:10.1016/j.livsci.2018.03.020.

GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; YOSHIMURA, E. H.; FRANCO, S.L. NETO, M.C.; PAULA, E.M.; PERES, L.P. Comportamento ingestivo de novilhas Nelore em pastejo recebendo suplemento a base de própolis ou monensina sódica. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.2047-2061, 2014.

GIUSTINA, C.D. **Sistemas silvipastoris com fruteiras para recria de bezerros de rebanho leiteiro**. 2020. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G.; VENTRELLA, M.C.; ROCHA, G.C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1645-1654, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900002>.

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*, v. 40, p. 1436-1444, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700006>.

GOMES, F. J. **Sistema silvipastoril: respostas agronômicas e adaptação do modelo APSIM para capim-marandu sob lotação contínua**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.81 p.

GOMES, F. J., PEDREIRA, B. C., SANTOS, P. M., BOSI, C., & PEDREIRA, C. G. S. Shading effects on canopy and tillering characteristics of continuously stocked palisadegrass in a silvopastoral system in the Amazon biome. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 3, p. 279-290, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12478>.

GOMES, F.J.; PEDREIRA, B.C.; SANTOS, P.M.; BOSI, C.; PEDREIRA, C.G.S. Shading effects on canopy and tillering characteristics of continuously stocked palisadegrass in a silvopastoral system in the Amazon biome. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 3, p. 279-290, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12478>.

GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G. C.; MORAIS, M. G. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000200013>.

GÓMEZ S.; GUENNI, O.; BRAVO DE GUENNI, L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass and Forage Science**, v. 68, n. 1, p. 395-407, 2013.

GOMIDE C.A.M.; P ACIULLO D.S.C.; C OSTA I.A.; LIMA A.M., C ASTRO C.R.T.; LEDO, F. J. S. Morphogenesis of dwarf elephant grass clones in response to intensity and frequency of defoliation in dry and rainy seasons. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1445-1451, 2011.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SOUZA, J. S.; VERAS, E. L. L.; COSTA, A. B. G.; ROBERTO, F. F. S. Estrutura do pasto e desempenho de ovinos em capim-massai na época seca em resposta ao manejo do período das águas. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 2, p. 86-95, 2017.

HACK, E. C.; BONA FILHO, A.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINICHEN, D.; PEREIRA, T. N. Características estruturais e produção de leite em pastos de capim-

mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetidos a diferentes alturas de pastejo. **Ciência Rural**, 37(1), 218-222. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000100035>.

HAHN, G.L. Management and housing of farm animals in hot environments. **In: Stress physiology in livestock** (M.K. Yousef, ed), v.2. Boca raton; CRC Press, 1985.

HAIR, J. F.; JR, BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. (2009). *Multivariate Data Analysis*. (7th ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.

HANISCH, A. L.; DALGALLO, D.; ALMEIDA, E. X.; NEGRELLE, R. R. B. Desempenho e composição química de missioneira-gigante cultivada em sistema silvipastoril tradicional em duas alturas de pastejo. **Revista Ciência Agrária**, v. 59, n. 4, p. 345-351, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2421>.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v. 82-83, p. 349-360, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>.

HARMON, R.J.; RENEAU, J.K. Factors affecting somatic cell counts in milk. In: NATIONAL MASTITIS COUNCIL ANNUAL MEETING, 32., 1993, Arlington. **Proceedings...** Madison: National Mastitis Council, 1993. p.48-57.

HERBUT, P., & ANGRECKA, S. Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, n. 1, p. 226-233, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1333892>.

HODGSON, J. The control of herbage intake in the grazing ruminant. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.44, p.339-346, 1985.

HOFFMANN, G.; HERBUT, P.; PINTO, S.; HEINICKE, J.; KUHLA, B.; AMON, T. Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. **Biosystems Engineering**, v. 199, p. 83-96, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.017>

HOHNWALD, S.; TRAUTWEIN, J.; CAMARÃO, A. P.; WOLLNY, C. B. Relative palatability and growth performance of capoeira species as supplementary forages in the NE-Amazon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 218, p. 107-115, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.11.015>.

ISO 13366-2/INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF) 148-2 – Milk – Enumeration of somatic cells – Part 2: Guidance on the operation of fluoro-opto-electronic counters. Brussels: FIL/IDF, 2006. 15 p.

JANK, L.; MARTUSCELLO, J.A.; EUCLIDES, V.B.P.; VALLE, C.B. do; RESENDE, R.M.S. *Panicum maximum*. **In: FONSECA, D.M. da; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). Plantas forrageiras**. Viçosa: UFV, 2010. p.166-196.

JOHNSON, H. D. Physiological responses and productivity of cattle. In: YOUSEF, M. K. (Ed.). *Stress physiology in livestock*. Florida: Boca Raton, 1985. cap. 1. p. 3-23.

JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. *et al.* (Eds). *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1993. p.315-346.

KADZERE, Charles T. *et al.* Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, n.1, p.59-91, 2002.

- KAISER, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- KALLENBACH, R.L.; KERLEY, R.L.; BISHOP-HURLEY, G.J. Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine-Walnut silvopasture. **Agroforestry Systems**, v.66, n.1, p.43-53, 2006.
- KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G.; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933-1941, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5>.
- KEMER, A.; GLIENKE, C. L.; BOSCO, L. C. Índices de conforto térmico para bovinos de leite em Santa Catarina Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29655-29672, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-426>.
- KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, n.4, p.831-837, 1993.
- KICHEL, A.N.; COSTA, J.A.A.; ALMEIDA, R.G.; PAULINO, V.T. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)-experiência no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.v71n1p94>.
- KIM, J.; LINGARAJU, B. P.; RHEAUME, R. *et al.* Removal of ammonia from wastewater effluent by *Chlorella vulgaris*. **Tsinghua Science and Technology**, v. 15, n. 4, p. 391-396, 2010.
- KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; DA SILVA, P. P. M. Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015. DOI: 10.5935/1984-6835.20150004.
- KNIGHT, C. H.; DEWHURST, R. J. Once daily milking of dairy cows: relationship between yield loss and cisternal milk storage. **Journal of Dairy Research**, v. 61, n. 4, p. 441-449, 1994.
- KNIGHT, C.H.; HILLERTON, J.E.; KERR, M.A. Separate and additive stimulation of bovine milk yield by the local and systemic galactopoietic stimuli of frequent milking and growth hormone. **Journal of Dairy Research**, v. 59, n. 3, p. 243-252, 1992.
- Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (2019). Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <<https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>>. Acesso: 01 jun. 2021.
- LAMBERTZ, C.; SANKER, C.; GAULY, M. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing system. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 319–329, 2014. DOI: 10.3168/jds.2013-7217. Disponível: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7217>. Acesso em: 20 mar 2021.
- LAZZARINI, I., DETMANN, E., SAMPAIO, C. B. I., PAULINO, M. F., VALADARES FILHO, S. C., SOUZA, M. A., & OLIVEIRA, F. A. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 2021–2030. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001000024>.
- LEMAIRE, G.; CHARTIER, M. Relationships between growth dynamics and nitrogen uptake for individual sorghum plants growing at different plant densities. In: LEMAIRE, G. (Ed.)

Diagnosis of the nitrogen status in crops. Paris: INRA - Station de physiologie des Plantes Fourragères, p.3-43. 1992.

LEMPP, B. Avanços metodológicos da microscopia na avaliação de alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 315-329, 2007. Suplemento Especial.

LEMPP, B.; SOUZA, F.H.D. de; COSTA, J. C.G.; BONO, J.A.M.; VALÉRIO, J.R.; JANK, L.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.B.P.; SAVIDAN, Y. H. Capim-Massai (*Panicum maximum* cv. Massai): alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001, 9 p. (Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 69).

LI-COR. Area meter: LI-3100C; Instruction Manual. Lincoln: 2004. 60p. Disponível em <<https://licor.app.boxenterprise.net/s/awx13lfx4myskrahi8ql>> Acesso 30 julho 2020.

LI-COR. Plant canopy analyzer: LAI-2200; Operating manual. Lincoln: 1992. 179p. Disponível em: <<https://www.licor.com/documents/6n3conpja6uj9aq1ruyn>> Acesso 30 julho 2020.

LIMA, D. P. **Efeito da redução da intensidade luminosa sobre o crescimento, eficiência fotoquímica e qualidade da forragem em *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Panicum maximum* cv. Colômbia**. 2006. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Curso de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. 145 f.

LIMA, M.A.; PACIULLO, D.S.; MORENZ, M.J.; GOMIDE, C.A.; RODRIGUES, R.A.; CHIZZOTTI, F.H. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass And Forage Science**, v. 74, n. 1, p. 160-170, 2019. DOI: 10.1111/gfs.12395. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gfs.12395>>. Acesso em 12 janeiro 2020.

LIMA, M.C.D.; GAMA, D.C. O Sistema De Integração Lavoura-Pecuária-Floresta No Brasil: Conceitos, Desafios E Novas Perspectivas. **Agroforestalis News**, v. 3, n. 1, p. 31-51, 2018. ISSN 2525-6920.

LIN, C.H.; MCGRAW, M.L.; GEORGE, M.F. *et al.* Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.53, n.3, p.269-281, 2001.

LOPES, C. M., PACIULLO, D. S. C., ARAÚJO, S. A. C., GOMIDE, C. D. M., MORENZ, M. J. F., & VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-Braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>.

LOPES, C.M.; PACIULLO, D.S.C.; ARAÚJO, S.A.C. GOMIDE, C. A. M., MORENZ, M. J. F., & VILELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, F. M. L. Características morfogênicas de dois tipos de perfilhos e produção de biomassa do capim-Massai adubado com nitrogênio durante o estabelecimento. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 666-677, 2014. Suplemento.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; LOPES, J. W. B.; FERNANDES, F. R. B.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, F. M. L. Fluxo de biomassa em

capim-Massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 363-371, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2013000300009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 04 Março 2021. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300009>.

LULU, J.; MAGALHÃES, C.A.S.; ZOLIN, C.A. Microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com foco em gado de leite no norte de Mato Grosso. **In: FARIAS NETO, A.L. et al (Org.)**. Embrapa Agrossilvipastoril: Primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. Brasília: Embrapa, 2019a, cap. 27, p. 327-331.

LULU, J.; ZOLIN, C.; MAGALHÃES, C.A.S. (2019). Boletim Agrometeorológico: Acompanhamento da 1ª safra 2018/2019 em Mato Grosso. **Embrapa Agrossilvipastoril- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2019b.

LULU, J.; ZOLIN, C.; MAGALHÃES, C.A.S. (2019). Boletim Agrometeorológico: Acompanhamento da 2ª safra 2018/2019 em Mato Grosso. **Embrapa Agrossilvipastoril- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2019c.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistemas integrados de lavourapecuária na região dos Cerrados do Brasil. **In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**, 2007, Curitiba. **Anais**. Curitiba: UFPR, UFRGS, Ohio State University, 2007. 24p. (CD-ROM).

MAGALHÃES, C. D. S.; ZOLIN, C.; LULU, J.; LOPES, L. Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia. Embrapa Agrossilvipastoril-**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2018. 24 p.

MAGALHÃES, J, TOWNSEND, C.R, COSTA, N.L; PEREIRA, R.G.A. (2006) Determination of cattle and buffaloes heat tolerance on the humid tropics. **In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 6 (Portuguese, with abstract in English).

MAGALHÃES, J.A.; DE LUCENA COSTA, N.; DE ARAÚJO PEREIRA, R. G.; TOWNSEND, C.R. Desempenho produtivo e reações fisiológicas de ovinos deslanados mantidos sob seringal (*Hevea brasiliensis*). **Revista Científica de Produção Animal**, v. 3, n. 1, 2001.

MAIA, G. B. da S.; PINTO, A. R.; TAKAOKA C. Y.; ROITMAN, F. B.; LYRA, D. D. Produção leiteira no Brasil. **BNDS – Biblioteca Virtual**. Agropecuária BNDES Setorial, n. 37, p. 371-398, 2013. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1514>. Acesso em: 13 abril 2021.

MALAFIA, P.; BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H.; OLIVEIRA, C.M.C. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e importância. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, n.9 p.781-790, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-736X2011000900010&lng=en&nrm=iso. ISSN 0100-736X. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2011000900010>.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A; CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista**

Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009. DOI: 10.1590/S151635982009000700004.

MARTUSCELLO, J. A.; SILVA, L. P.; CUNHA, D. N. F. V.; BATISTA, A. C. S.; BRAZ, T. G. S.; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, n. 1, p.1-13, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1089-68916i118730>.

MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; FERNANDES, S. A. A.; MOURA, D. J.; JÚNIOR, I. A.; ARCARO, J. R. Monitoramento eletrônico das respostas comportamentais de vacas em lactação alojadas em freestall climatizado. **Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas**, v. 1, p. 40-49, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2007v1n1p40-49>.

MATTA, P. M.; SOUTO, S. M.; DIAS, P. F.; COLOMBARI, A. A.; AZEVEDO, B. C.; VIEIRA, M. S. Crescimento inicial de capim mombaça sob influência de diferentes níveis de sombreamento. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, 2008. 18 p.

MAURIG, M. V.; BERNARDIS, A. C. PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE BRACHIARIA(*Brachiaria brizantha*) CV. MARANDÚ EN DOS SISTEMAS SILVOPASTORILES DE PINO (*Pinus elliottii*) EN CORRIENTES, ARGENTINA. **Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences**, v. 33,n. 2,p. 124-135, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000402>Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902017000200124&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 30 maio 2021.

MAXIMOV, N. Asimilación del carbono. In: MAXIMOV, N.; HARVEY, R.B.; MURNEEK, A.E. (Eds.) Fisiología vegetal. Buenos Aires: Acme Agency, 1984. p.144-196.

MCCREE, K. J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. **Agricultural Meteorology**, v.10, p.443-53, 1972.

MEDILLINA-SALINAS, L.; VARGAS-MENDONZA, M. C.; LÓPEZ-ORTIZ, A.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C.; CAMPBELL, W. B.; GUTIÉRREZ-CASTORENA, M. C. Growth, productivity and quality of *Megathyrus maximus* under cover from *Gliricidia sepium*. **Agroforestry Systems**, v. 87, p. 891-899, 2013.

MEDRADO, M. J. S.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; DERETI, R. M.; FONSECA, L. R. da; MAIER, T. F.; PINTON, A. L. M. Danos provocados em eucalipto por bovinos criados em sistema silvipastoril no município de Cruzmaltina, PR. Embrapa Florestas, 2009. 8p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 243).

MELLADO, M.; LÓPEZ, R.; DE SANTIAGO, Á.; VELIZ, F. G.; MACÍAS-CRUZ, U.; AVENDAÑO-REYES, L.; GARCÍA, J. E. Climatic conditions, twining and frequency of milking as factors affecting the risk of fetal losses in high-yielding Holstein cows in a hot environment. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, n. 6, p. 1247- 1252, 2016. DOI: 10.1007/s11250-016-1084-8.

MELLO, A. C. T. D.; CARNEVALLI, R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; LOPES, L. B.; XAVIER, D. B. Improved grazing activity of dairy heifers in shaded tropical grasslands. **Ciência Rural**, v.47, n.2, p.1-7, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160316>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782017000200652&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 18 abril. 2020.

- MELO, B.L. Influência do Hidrogel Agrícola em Relação aos Parâmetros Fotossintéticos em Mudanças de Cana-de-açúcar. **Bioenergia em Revista: Diálogos** (ISSN: 2236-9171), v. 10, n. 1, p. 37-52, 2020.
- MOBERG, G.P. A model for assessing the impact of behavioral stress on domestic animals. **Journal Animal Science**, v. 65, p. 1228-1235, 1987.
- MORAES, A.; MARASCHIN, G.E. Pressões de pastejo e produção animal em milho cv. comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.2, p.197-205, 1988.
- MOTT, G.O. 1973. Evaluating forage production. In: HEATH, M.E., METCALFE, D.S., BARNES, R.F. (Eds.) Forages. 3.ed. Ames: The Iowa University Press. p.126-135.
- MÜLLER, P.B. Bioclimatologia Aplicada aos animais domésticos. 2a edição Editora Sulina / Porto Alegre – RS. 1982.
- NAÃS, I. A. Princípios de conforto térmico na produção animal. São Paulo: Ícone, 1989. 183 p.
- NASCIMENTO, H. L. B.; PEDREIRA, B. C.; SOLLENBERGER, L. E.; PEREIRA, D. H.; MAGALHÃES, C. D. S.; CHIZZOTTI, F. H. M. Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with Eucalyptus urograndis. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 4, p. 384-394, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP18403>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2001.
- NAVE, R.L.G.; PEDREIRA, C.G.S.; PEDREIRA, B.C. Nutritive value and physical characteristics of Xaraes palisadegrass as affected by grazing strategy. **South African Journal Of Animal Science**, v.40, p.285-293, 2010. DOI: 10.4314 / sajas.v40i4.65236
- NICODEMO, MLF; GARCIA, A.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; PACIULLO, D. Desempenho, saúde e conforto animal em sistemas silvipastoris no Brasil. Embrapa Pecuária Sudeste-Documents (INFOTECA-E), 2018.
- NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável**. v. 06, n.1, p.67- 73, 2011.
- OLIVEIRA, C. C., ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; GAMARRA, É. L.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA MARTINS, P. G. M. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 6, p. 1659-1672, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0114-5>.
- OLIVEIRA, F.L.R.; MOTA, V.A.; RAMOS, M.S. *et al.* Comportamento de *Andropogon gayanus* cv. ‘planaltina’ e *Panicum maximum* cv. ‘tanzânia’ sob sombreamento. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, p. 348-354, 2013.
- OLIVEIRA, H.T.V.; REIS, R.B.; GLÓRIA, J.R.; QUIRINO, C.R.; PEREIRA, J.C. C. Curvas de lactação de vacas F1 Holandês-Gir ajustadas pela função gama incompleta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 1, p. 233-238, 2007b.
- OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.G.; SANTOS, I.P.A. *et al.* Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex a. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência Agrotécnica**, v. 31, n. 3, p. 748-757, 2007a.

- OLORI, V.E.; BROTHERSTONE, S.; MONTE, W.G.; McGUIRK, B.J. Effect of gestation stage on milk yield and composition in Holstein Friesian dairy cattle. **Livestock Production Science**, v.52, p. 167-176, 1997
- OSEI-AMPONSAH, R.; DUNSHEA, F. R.; LEURY, B. J.; CHENG, L.; CULLEN, B.; JOY, A.; ABHIJITH, A.; ZHANG, M. H.; CHAUHAN, S. S. Heat Stress Impacts on Lactating Cows Grazing Australian Summer Pastures on an Automatic Robotic Dairy. **Animals**, v. 10, n. 5, p. 869, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10050869>.
- PACIULLO, D. S. C., GOMIDE, C. A. M., CASTRO, C. R. T. D., FERNANDES, P. B., MÜLLER, M. D., PIRES, M. D. F. Á., FERNANDES, E.N.; Xavier, D. F. Productive and nutritional traits of pasture in an agrosilvopastoral system, according to the distance from trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000009>.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; MAURÍCIO, R. M.; FERNANDES, P. B.; MORENZ, M. J. F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 590–600, 2016. DOI:10.1111/gfs.12264.
- PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A.; AROEIRA, L. J. M., MORENZ, M. J. F.; MAURÍCIO, R. M.; GOMIDE, C. A. M.; SILVEIRA, S. R. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grasslegume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1264-1271, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731114000767>.
- PACIULLO, D. S.; PIRES, M. F.; MÜLLER, M. D. Oportunidades e desafios dos sistemas integrados na produção animal: ênfase nos sistemas silvipastoris. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, p. 1-2, 2017.
- PACIULLO, D.S.; FERNANDES, P.B.; CARVALHO, C.A.; MORENZ, M.J.; LIMA, M.A.; MAURICIO, R.M.; GOMIDE, CA. Pasture and animal production in silvopastoral and open pasture systems managed with crossbred dairy heifers. **Livestock Science**, v. 245, p. 104426, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104426>.
- PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 917-923, 2008. DOI: 10.1590/S0100204X2008000700017.
- PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B. de; AROEIRA, L.J.M. *et al.* Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.573-579, 2007.
- PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T. Sistema silvipastoril e pastagem exclusiva de braquiária para recria de novilhas leiteiras: massa de forragem, qualidade do pasto, consumo e ganho de peso – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 21 p. 2006.
- PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; GOMIDE, C.A.M.; MAURÍCIO, R.M.; PIRES, M.F.A.; MULLER, M.D.; XAVIER, D.F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system, **Livestock Science**, v. 141, n. 2–3, p. 166-172, 2011c. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.05.012>.
- PACIULLO, D.S.C.; FERNANDES, P.B.; GOMIDE, C.A.D.M.; CASTRO, C.R.T.D.; SOBRINHO, F.D.S.; CARVALHO, C.A.B.D. The growth dynamics in *Brachiaria* species

according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200006>.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; FERNANDES, P.B.; MÜLLER, M.D.; PIRES, M. F.Á.; FERNANDES, E.N.; XAVIER, D.F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1176-1183, 2011b. DOI: [10.1590/S0100204X2011001000009](https://doi.org/10.1590/S0100204X2011001000009).

PALHANO, A. L.; CARVALHO, P. C. D. F.; DITTRICH, J. R.; MORAES, A. D.; BARRETO, M. Z.; SANTOS, M. C. F. D. Estrutura da pastagem e padrões de desfolhação em capim-mombaça em diferentes alturas do dossel forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1860-1870, 2005.

PANG, K.; VAN SAMBEEK, J. W.; NAVARRETE-TINDALL, N. E.; LIN, C. H.; JOSE, S.; GARRETT, H. E. Responses of legumes and grasses to non-, moderate, and dense shade in Missouri, USA. I. Forage yield and its species-level plasticity. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 1, p. 11-24, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0067-8>.

PAULA, C. C. L.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; LEMPP, B.; DIFANTE, G. S.; CARLOTO, M. N. Estrutura do dossel, consumo e desempenho animal em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.169-176, 2012.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.

PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J.; SILVA, S. C. D.; CAMINHA, F. O.; GUARDA, V. D. Á.; PEREIRA, P. D. M. Sward structure of marandu palisadegrass subjected to continuous stocking and nitrogen-induced rhythms of growth. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 5, pág. 531-539, outubro de 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162010000500006&lng=en&nrm=iso>. acesso em 03 de março de 2021. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500006> .67(5), 531-539.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D.J.; MATARAZZO, S.V.; SILVA, I.J.O.; LIMA, K.A. O. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro, **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 663-671, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000300002>.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D.J.; SILVA, I.J.O.; MATARAZZO, S.V. Influência do ambiente no consumo de água de bebida de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n.2 , p. 289-294, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000200022>.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. Sistemas silvipastoriles. Costa Rica: CATIE, Proyecto Agroflorestal CATIE/GTZ, 1998. 12p. (Materialies de Enseñanza/CATIE, 40).

PEZZOPANE, J. R. M.; BERNARDI, A. C. C.; AZENHA, M. V.; OLIVEIRA, P. P. A.; BOSI, C.; PEDROSO, A. F.; ESTEVES, S. N. Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: shading and management effects. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 2, p.1-9, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0150>. Acessado em: 20 de janeiro de 2021.

- PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; PARMEJANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v. 74, n.1, p. 110-119, 2015.
- PEZZOPANE, J.R.M.; BOSI, C.; de CAMPOS BERNARDI, A.C.; MULLER, M.D.; de OLIVEIRA, P.P.A. Managing eucalyptus trees in agroforestry systems: Productivity parameters and PAR transmittance. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 312, p. 107350, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107350>.
- PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. **Latte, Milan**, v. 28, n. 12, p. 36-38, 2003.
- PIRES M. F. A.; CAMPOS, A. T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: Resende H, Campos AT. Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira. Juiz de Fora: Embrapa; 2003. p.103-14.
- PIRES, M.F.A.; NOVAES, L.P.; MOSTARO, L.E. *et al.* Temperatura retal e frequência respiratória de vacas gir leiteiro, durante o verão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia, GO. **Anais**. Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. 1 CD.
- POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, 2017. DOI:10.3168/jds.2017-12651.
- PONTES, L.S.; CARPINELLI, S.; STAFIN, G.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; SANTOS, B.R.C. Relationship between sward height and herbage mass for integrated crop-livestock systems with trees. **Grassland science**, v. 63, n. 1, p. 29-35, 2017. <https://doi.org/10.1111/grs.12147>.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril para a produção de carne. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba, SP. As pastagens e o meio ambiente: **Anais**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2006. p. 297-327.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; Moraes, A.; Moletta, J. L.; Pontes, L. S.; Oliveira, E. B.; Pelissari, A.; Carvalho, P. C.F. Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris. **Brazilian Journal of Forest Research**, v. 32, n. 70, p. 183-192, 2012. DOI: 10.4336/2012.pfb.32.70.67.
- RAMOS, J. E. S.; COSTA BORBA, M.; MELO, A. P. Transmissão de preços pagos aos produtores de leite nos estados brasileiros de maior produção com foco no estado bahiano no período de dez anos. **Revista Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 5, p. 3-26, 2018. ISSN 2176-5766.
- RIBASKY, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H.R. Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, v.22, n.212, p.61-67, 2001.
- RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 14-22, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v6i2.62>.
- RODRIGUES, A.L.; SOUZA, B.D.; PEREIRA FILHO, J.M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.6, n. 2, p.14-22, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v6i2.62>.

- RODRIGUES, L. M.; TEODORO, A. G.; SANTOS, A. J. M.; BACKES, C.; ROCHA, J. H. T.; GIONGO, P. R.; SANTOS, Y. L. A. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Interação entre Componentes e Sustentabilidade do Sistema. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 263, p. 448-455, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v68i263.4207>.
- RODRIGUES, O.; FONTANELI, R.S.; COSTENARO, E.R.; MARCHESE, J.A.; SCORTGANHA, A.C.N.; SACCARDO, E.; PIASECKI, C. Bases fisiológicas para o manejo de forrageiras. FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na Região Sul-Brasileira**. Brasília: EMBRAPA, p. 59-125, 2012.
- SALLO, F. S.; FRANÇA, M. S.; MORAIS, D. M.; RODRIGUES, R.; BIUDES, M. S. Estimation of components of the radiation balance of different types of land use and land cover. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 347-358, 2014.
- SAMMAD, A., UMER, S., SHI, R., ZHU, H., ZHAO, X., & WANG, Y. Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 4, p. 978-986, 2020. DOI:10.1111/jpn.13257.
- SAMPAIO, A.F.; MENDES, F.B.L.; SANTANA JÚNIOR, H.A.; SANTANA, E.O.C.; SILVA, R.R.; SILVA, F.F. Correlação entre comportamento ingestivo e consumo de nutrientes em vacas a pasto. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 18, n. 2, p. 110-120, 2016.
- SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C.; JARILLO-RODRÍGUEZ, J.; PÉREZ-HERNÁNDEZ, P.; DIOS GUERRERO-RODRÍGUEZ, J. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. **Agroforestry systems**, v. 90, n. 2, p. 339-349, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9858-y>.
- SANTOS, D. C.; GUIMARÃES, J. R.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; FRANÇA, A. F. S. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, 2016a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.026> <https://doi.org/>.
- SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; SOUSA, D. O. C. Seletividade aparente de bovinos em pastos de capim-braquiária sob períodos de diferimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 6, p. 1655-1663, 2016b. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8725>.
- SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; MAGALHAES, M.A.; SILVA, S.P.; CASAGRANDE, D.R.; BALBINO, E.M.; GPMES, V.G. Estrutura e valor nutritivo do pasto diferido de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk durante o período de pastejo. **Revista Brasileira Agropecuária Sustentável**, v.1, p.112-122, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v1i1.21>.
- SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim-Marandu submetidos a regimes de lotação contínua**. Piracicaba, 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – ESALQ/Universidade de São Paulo - Piracicaba, SP, 2003.
- SAS INSTITUTE INC. SAS OnDemand. Disponível em: <https://odamid-usw2.oda.sas.com/SASStudio/>. Acesso em 28 janeiro 2020.

SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R.; WEBSTER, J. R.; TUCKER, C. B. Dairy cattle prefer shade over sprinklers: Effects on behavior and physiology. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 1, p. 273-283, 2011. DOI: 10.3168/jds.2010-3608.

SIERRA-MONTOYA, E.; BARAHONA-ROSALES, R.; RUIZ-CORTÉS, Z. T. Comportamento reprodutivo de vacas leiteiras mestiças pastando um sistema silvipastoril intensivo em condições de floresta tropical seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 1-9, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8712>.

SILVA, A. A. **Sistema Silvopastoril como alternativa de manejo sustentável de pastagem para produção de leite na Região Central do estado de Rondônia**. 84 f. 2012b. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Área de Concentração em Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

SILVA, A. B.; CARVALHO, C. A. B.; MORENZ, D. A.; SILVA, P. H. F.; SANTOS, A. J.; SANTOS, F. C. Agricultural answers and chemical composition of Massai grass under different nitrogen doses and urea sources. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 1225-1238, 2018. DOI: 10.5433/1679-0359.2018v39n3p1225.

SILVA, C. S.; DALLACORT, R.; ZOLIN, C. A.; CARVALHO, M. A. C.; SOUZA MAGALHÃES, C. A. Variabilidade microclimática em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no ecótono cerrado/amazônia. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.71250>.

SILVA, D. C. D.; ALVES, A. A.; LACERDA, M. D. S. B.; MOREIRA FILHO, M. A.; OLIVEIRA, M. E. D.; LAFAYETTE, E. A. Valor nutritivo do capim-andropogon em quatro idades de rebrota em período chuvoso. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 3, p. 626-636, 2014.

SILVA, É.C.L.; MODESTO, E.C.; AZEVEDO, M.; ANDRADE FERREIRA, M.; JÚNIOR, J. C. B. D.; SCHULER, A. R. P. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 3, p. 295-302, 2009. DOI: 10.4025/actascianimsci.v31i3.5279.

SILVA, N. S., DE SOUZA SILVA, H., ANDRADE, E. M. G., DE SOUSA JÚNIOR, J. R., & DE FREITAS FURTADO, G. Fatores antinutricionais em plantas forrageiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 1, 2012a.

SIMÕES, G.H. **Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em free stall sob diferentes condições de climatização**. 2014. f.77. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) -Universidade Estadual do Paraná, Paranavaí, 2014.

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

SOREN, N. M. Nutritional Manipulations to optimize productivity during environmental stresses in livestock. In: **Environmental stress and amelioration in livestock production**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. p. 181-218.

- SOUSA, G. J.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A.C. FREITAS, M.V.L. Megathyrus Maximus cv. Massai at different cutting frequencies. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 5, p. 1913-1924, set./out. 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n5p1913.
- SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R.M.; GONÇALVES, L.C.G.; BORGES, I.; PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “Braquiaraõ” grass in association with Aroeira trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v.79, n.2, p.189-199, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9297-8>.
- SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.
- SOUZA, A.; PAVÃO, H. G.; LASTORIA, G.; GARCIA, G., S. G.; CAVAZZANA, G. H.; PARANHOS FILHO, A. C. Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. **Revista de Geografia Norte Grande**. Santiago, n. 46, p. 137-147, sept. 2010a. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022010000200008&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 11 março 2021. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022010000200008>.
- SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E.M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P. R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v.6, n.2, p.59-65, 2010b.
- SOUZA, B.B.; BATISTA, N.L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p.06-10, 2012. Disponível em: <http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA>.
- SOUZA, E. L.; DA CRUZ, P. J. R.; BONFÁ, C. S.; MAGALHÃES, M. A. Plantas forrageiras para pastos de alta produtividade. **Nutritime**, v. 15, n. 04, 2018. ISSN: 1983-9006.
- SOUZA, W. D.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. D. A.; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 685-694, 2010c. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300030>.
- STEIDLE NETO, A.J.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W.A.; CARRIJO, O.A. Razão entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global no cultivo do tomateiro em casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 626-631, 2008.
- STELWAGEN, K.; KNIGHT, C.H. Effect of unilateral once or twice daily milking of cows on milk yield and udder characteristics in early and late lactation. **Journal of Dairy Research**, v. 64, n.7, p.487-494, 1997.
- SUMMER, A.; LORA, I.; FORMAGGIONI, P.; GOTTARDO, F. Impact of heat stress on milk and meat production. **Animal Frontiers**. v. 9, n. 1, p. 39-46, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/af/vfy026>.
- SURKI A.; NAZARI, M.; FALLAH, S.; IRANIPOUR, R.; MOUSAVI, A. The competitive effect of almond trees on light and nutrients absorption, crop growth rate, and the yield in almond–cereal agroforestry systems in semi-arid regions. **Agroforestry Systems**, p. 1-12, 2020. DOI: 10.1007 / s10457-019-00469-2.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. Phytochrome. In: L. Taiz and E. Zeiger. (Eds.) Plant physiology. 2 nd Ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA p. 483-516.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. Fotossíntese: Reações Luminosas. **In: Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. [s.l.]: Artmed Editora, 2017. 858p.
- TAO, S.; ORELLANA RIVAS, R. M.; MARINS, T. N.; CHEN, Y.-C.; GAO, J.; BERNARD, J. K. Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. **Theriogenology**. v. 150, p. 437-444, 2020. DOI:10.1016/j.theriogenology.2020.02.048.
- TEIXEIRA, N. M.; FREITAS, A. F.; BARRA, R. B. Influência de fatores de meio ambiente na variação mensal da composição e contagem de células somáticas do leite em rebanhos no Estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.491-499, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352003000400016>.
- THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, Washigton, v.12, n.2, p. 57-61, 1959.
- THORNTHWAIT, C.W.; MATHER, R.J. 1955. The water balance. Drexel Institute of Tecnology, Centerton, NJ, USA. 690 p., 2002.
- TOWNSEND, C. R.; SALMAN, A. K. D.; TEIXEIRA, C. A. D.; MARCOLAN, A. L.; RIBEIRO, M. A. G.; ALVES, J. R. Formação e manejo de pastagens. **In: BRITO, L. G. (Ed.). Sistema de produção de leite para Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2011. p. 25-44 (Embrapa Rondônia. Sistemas de Produção, 34).
- TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J. A. COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A. Condições térmicas ambientais sob diferentes sistemas silvipastoris em Presidente Médici – Rondônia. Rondônia: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 2000. 4p. (**Comunicado Técnico**, 188).
- TRICHES, G. P.; MORAES, A. D.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; LANG, C. R.; LUSTOSA, S. B. C.; BONATTO, R. A. Damage caused by cattle to Eucalyptus benthamii trees in pruned and unpruned silvopastoral systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01275>.
- VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO; P. A.S.; FURTADO, T.; CHIZZOTTI, M.L.; AMARAL, H. F. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes (CQBAL3). Viçosa (MG): Editora UFV, DZO, p.473, 2015.
- VALTORTA, S.; GALLARDO, M. El stress por calor en producción lechera. In: TEMAS de producción lechera. Rafaela, Santa Fé, Argentina: INTA-EEA Rafaela, 1996. p. 85-112. (INTA-EEA Rafaela. **Publicación Miscelánea**, 81).
- VAN SOEST, P. J. **Nutrition ecology of the ruminant**. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, E. B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. Madison, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VARELLA, A. C.; MOOT, D. J.; POLLOCK, K. M.; PERI, P. L.; LUCAS, R. J. Do light and alfalfa responses to cloth and slatted shade represent those measured under an agroforestry system?. **Agroforestry systems**, v. 81, n. 2, p. 157-173, 2011.
- VARGAS JUNIOR, F. M.; SOCORRO, M. M.; SETTI, J. C. A.; PINTO, G. S.; MARTINS, C. F.; COSTA, J. A. A.; MAGRIN, M. N.; CAMILO, F. R.; MONTAGNER, D. B. Disponibilidade e valor nutritivo de gramíneas tropicais sob pastejo com ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v.62, n.238, p.296-298, 2013.

- VIANA, J. H. M.; SPERA, S. T.; MAGALHAES, C. A. de S.; CALDERANO, S. B. **Caracterização dos solos do sítio experimental dos ensaios do Projeto Safrinha em Sinop-MT. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 210).**
- VIEIRA, M. S.; SOUTO, S. M.; DIAS, P. F.; COLOMBARI, A. A.; AZEVEDO, B. C.; MATTA, P. M. Efeito de sombreamento no crescimento inicial de *Panicum maximum* cv. Massai. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 21, n. 1, p. 49-54, 2013. ISSN: 1022-1301.
- VIZZOTTO, E. F.; FISCHER, V.; THALER NETO, A.; ABREU, A. S.; STUMPF, M. T.; WERNCKE, D.; SCHMIDT, F. A.; MCMANUS, C. M. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. **ANIMAL**, v. 9, n. 9, p. 1559–1566, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/s1751731115000877>. Acesso em 18 mar 2021.
- WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.47, n.7, p.1075-1093, 1996.
- WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, v.22, p.1079-1106, 1993.
- WONG, C.C.; WILSON, J.R. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.31, n.3, p.269-285, 1980.
- XAVIER, D. F.; LÉDO, F. J. S.; PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A; BODDEY, R. M. Dinâmica da serapilheira em pastagens de braquiária em sistema silvipastoril e monocultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1214-1219, October. 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000014>>.
- ZANINE, A. M.; VIEIRA, B. R.; FERREIRA, D. J.; VIEIRA, A. J. M.; LANA, R. P.; CECON, P. R. Comportamento ingestivo de diversas categorias de bovinos da raça Girolanda, em pasto de capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 11, n. 1, p. 35-40, 2008.
- ZANINE, A. M.; VIEIRA, B. R.; FERREIRA, D. J.; VIEIRA, A. J. M.; LANA, R. P.; CECON, P. R. Comportamento ingestivo de vacas Girolandas em pastejo de *Brachiaria brizantha* e Coast-cross. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1, p. 85-95, 2009.
- ZOLIN, C.A.; LULU, J. Boletim Agrometeorológico: acompanhamento da 2ª safra 2017/2018 em Mato Grosso. **Embrapa Agrossilvipastoril-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.

ANEXOS

Anexo A –Componente Forrageiro

Alturas dos pastos de capim-Massai

Tabela 46. Valores médios de altura (cm) dos pastos de capim-Massai na condição de pré-pastejo nos sistemas de produção pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Mês	Altura pré-pastejo (cm)			Média
	Pleno Sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	
Fev/18	61,0 (3,74) aBC	57,5 (3,74) aC	59,1 (3,74) aB	59,2 (2,16) CD
Mar/18	86,7 (2,65) aA	74,8 (2,65) bA	70,9 (3,06) bA	77,4 (1,61) A
Abr/18	79,3 (3,74) aA	66,6 (3,06) bB	68,3 (2,37) bA	71,4 (1,79) B
Mai/18	58,6 (2,65) aBC	60,4 (3,06) aBC	51,7 (3,74) aB	56,9 (1,84) D
Out/18	57,9 (2,37) aBC	53,3 (2,37) aC	55,5 (2,37) aB	55,6 (1,37) D
Nov/18	64,3 (2,37) aB	62,7 (2,37) aB	59,7 (2,37) aB	62,2 (1,37) C
Dez/18	57,0 (2,65) aC	62,5 (2,37) aB	59,3 (2,37) aB	59,6 (1,42) CD
Jan/19	65,1 (3,06) aB	64,4 (2,37) aB	59,3 (2,37) aB	62,9 (1,51) C
Fev/19	65,0 (2,37) aB	68,6 (2,65) aAB	64,4 (2,65) aAB	66,0 (1,42) BC
Mar/19	64,9 (2,37) bB	71,6 (2,37) aAB	68,3 (2,37) abA	68,2 (1,37) B
Abr/19	52,5 (2,37) aC	58,4 (2,37) aC	57,8 (2,65) aB	56,2 (1,42) D
Mai/19	50,5 (2,65) aC	56,7 (2,65) aC	55,8 (2,37) aB	54,3 (1,48) D
Jun/19	47,3 (5,29) aC	40,4 (2,65) aD	41,4 (2,65) aC	43,0 (2,16) E
Média	62,3 (0,85) a	61,4 (0,75) ab	59,4 (0,75) b	

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula ou na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{sistema} \times \text{mês}} = 0,0075$. $p_{\text{sistema}} = 0,0283$. $p_{\text{mês}} < 0,0001$.

Tabela 47. Valores médios de altura (cm) dos pastos de capim-Massai na condição de pós-pastejo nos sistemas de produção pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Mês	Altura pós-pastejo (cm)			Média
	Pleno Sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	
Fev/18	30,03 (1,84) aC	27,7 (1,84) aC	31,6 (1,50) aAB	29,8 (1,00) D
Mar/18	28,1 (2,60) bC	34,5 (1,30) aAB	35,0 (1,30) aA	32,6 (1,06) C
Abr/18	44,3 (1,30) aA	39,4 (2,0) bA	32,8 (1,30) cA	38,8 (1,06) A
Mai/18	32,4 (1,50) aC	32,3 (1,16) aB	29,0 (1,50) aB	31,2 (0,81) CD
Out/18	36,1 (1,16) aB	33,4 (1,16) bB	31,5 (1,16) bB	33,6 (0,67) B
Nov/18	32,7 (1,30) aC	33,2 (1,16) aB	29,7 (1,16) bB	31,9 (0,70) CD
Dez/18	32,5 (1,30) aC	33,5 (1,16) aB	31,2 (1,30) aB	32,1 (0,72) C
Jan/19	32,9 (1,30) aC	33,1 (1,30) aB	33,3 (1,16) aA	33,1 (0,72) C
Fev/19	35,9 (1,30) aBC	32,6 (1,16) aB	33,9 (1,30) aA	34,1 (0,72) B
Mar/19	34,4 (1,16) aBC	33,1 (1,30) aB	33,1 (1,16) aA	33,5 (0,70) BC
Abr/19	36,0 (1,16) aBC	35,6 (1,16) aAB	34,8 (1,30) aA	35,4 (0,70) B
Mai/19	32,9 (1,30) aC	32,9 (1,16) aB	31,9 (1,16) aA	32,6 (0,70) C
Jun/19	31,2 (1,84) aC	32,4 (1,16) aB	31,8 (1,30) aA	31,8 (0,84) CD
Média	33,8 (0,42) a	33,3 (0,39) ab	32,3 (0,36) b	

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula ou na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{sistema} \times \text{mês}} = 0,0019$. $p_{\text{sistema}} = 0,0189$. $p_{\text{mês}} < 0,0001$.

Massa de forragem e composição morfológica

Tabela 48. Massa de forragem (kg ha^{-1}) do capim-Massai na condição de pré-pastejo em função dos sistemas e estações do ano.

Estação	Massa de Forragem pré-pastejo (kg ha^{-1})			Média
	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	
Verão /2017	8.964 aB	7.699 aA	5.583 bA	7.415 A
Outono/2018	7.108 aC	6.899 aAB	4.305 bA	6.104 B
Primavera/2018	9.618 aAB	6.030 bB	4.108 cA	6.586 B
Verão/2018	11.013 aA	7.670 bA	5.469 cA	8.051 A
Outono/2019	7.628 aBC	6.130 bB	4.506 cA	6.088 B
Média	8.866 a	6.885 b	4.794 c	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($P < 0,10$). EPM= erro padrão da média. $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,0254$; $\text{EPM}_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 521,4$, exceto para $\text{EPM}_{\text{SPS} \times \text{Verão}/2017} = 673,1$. $p_{\text{sistema}} < 0,0001$; $\text{EPM}_{\text{sistema}} = 233,2$, exceto para $\text{EPM}_{\text{SPS}} = 248,2$. $p_{\text{estação}} < 0,0001$; $\text{EPM}_{\text{estação}} = 301,0$, exceto para $\text{EPM}_{\text{Verão}/2017} = 332,8$.

Tabela 49. Valores médios de porcentagens de massa seca de lâminas foliares (PMSLF), de colmos (PMSC) e de material morto (PMSMM) na massa de forragem do capim-Massai na condição de pré-pastejo em função dos sistemas e estações do ano.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
PMSLF				
Verão/2017	59,9 (2,55) aA	63,8 (1,97) aA	63,1 (1,97) aA	62,3 (1,26) A
Outono/2018	42,0 (1,97) bB	39,9 (1,97) bD	49,5 (1,97) aC	43,8 (1,14) C
Primavera/2018	42,5 (1,97) cB	50,5 (1,97) bB	57,6 (1,97) aB	50,2 (1,14) B
Verão/2018	40,3 (1,97) bB	45,4 (1,97) aC	46,7 (1,97) aC	44,1 (1,14) C
Outono/2019	26,2 (1,97) bC	30,9(1,97) aE	33,0 (1,97) aD	30,0 (1,14) D
Média	42,1 (0,94) c	46,1 (0,88) b	50,0 (0,88) a	
PMSC				
Verão/2017	33,6 (2,23) aA	30,9 (1,72) aB	31,9 (1,72) aA	32,1 (1,10) B
Outono/2018	31,3 (1,72) bAB	47,1 (1,72) aA	28,0 (1,72) bA	35,5 (1,00) A
Primavera/2018	22,9 (1,72) aC	21,3 (1,72) aC	21,6(1,72) aB	22,0 (1,00) C
Verão/2018	28,0 (1,72) aB	31,6 (1,72) aB	30,4 (1,72) aA	30,0 (1,00) B
Outono/2019	24,1 (1,72) aCB	19,8 (1,72) aC	21,4 (1,72) aB	21,7 (1,00) C
Média	28,0 (0,82) b	30,1 (0,77) a	26,7 (0,77) b	
PMSMM				
Verão/2017	6,5 (3,05) aD	5,1 (2,36) aD	5,0 (2,36) aC	5,5 (1,51) D
Outono/2018	26,6 (2,36) aC	12,7 (2,36) bC	22,5 (2,36) aB	20,6 (1,36) C
Primavera/2018	34,6 (2,36) aB	28,2 (2,36) bB	20,8 (2,36) cB	27,9 (1,36) B
Verão/2018	31,7 (2,36) aBC	23,0 (2,36) bB	22,8 (2,36) bB	25,8 (1,36) B
Outono/2019	49,8 (2,36) aA	49,3 (2,36) aA	45,6 (2,36) aA	48,2 (1,36) A
Média	29,8 (1,13) a	23,7 (1,06) ab	23,3 (1,06) b	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{PMSLF(sistema} \times \text{estação)}} = 0,0428$; $p_{\text{PMSLF(sistema)}} < 0,0001$; $p_{\text{PMSLF(estação)}} < 0,0001$; $p_{\text{PMSC(sistema} \times \text{estação)}} < 0,0001$; $p_{\text{PMSC(sistema)}} = 0,0085$; $p_{\text{PMSC(estação)}} < 0,0001$; $p_{\text{PMSMM(sistema} \times \text{estação)}} = 0,0126$. $p_{\text{PMSMM(sistema)}} < 0,0001$; $p_{\text{PMSMM(estação)}} < 0,0001$.

Tabela 50. Composição morfológica da forragem (massa seca de lâminas foliares - MSLF, massa seca de colmos - MSC e massa seca de material morto – MSMM; kg ha⁻¹) do capim-Massai na condição de pré-pastejo em função dos sistemas e estações do ano.

Massa seca de lâminas foliares (kg ha ⁻¹)				
Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	5.335 aA (298,5)	4.933 aA (231,2)	3.511 bA (231,2)	4.593 A (147,6)
Outono/2018	2.975 aC (231,2)	2.728 abC (231,2)	2.155 bB (231,2)	2.619 C (133,5)
Primavera/2018	3.974 aB (231,2)	3.019 bBC (231,2)	2.369 bB (231,2)	3.121 B (133,5)
Verão/2018	4.426 aB (231,2)	3.484 bB (231,2)	2.560 cB (231,2)	3.490 B (133,5)
Outono/2019	1.957 aD (231,2)	1.865 aD (231,2)	1.488 aC (231,2)	1.770 C (133,5)
Média	3.733 a (110,1)	3.206 b (103,4)	2.417 c (103,4)	
Massa seca de colmos (kg ha ⁻¹)				
Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	3.069 aA (276,0)	2.381 bB (213,4)	1.798 cA (213,4)	2.416 A (136,2)
Outono/2018	2.236 bB (213,4)	3.246 aA (213,4)	1.204 cB (213,4)	2.229 A (123,2)
Primavera/2018	2.259 aB (213,4)	1.285 bC (213,4)	889 bB (213,4)	1.478 B (123,2)
Verão/2018	3.085 aA (213,4)	2.415 bB (213,4)	1.673 cAB (213,4)	2.391 A (123,2)
Outono/2019	1.876 aB (213,4)	1.198 bC (213,4)	961 bB (213,4)	1.345 B (123,2)
Média	2.505 a (101,6)	2.105 b (95,4)	1.305 c (95,4)	
Massa seca de material morto (kg ha ⁻¹)				
Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	559 aC (351,5)	370 aC (272,3)	274 aB (272,3)	401 D (173,8)
Outono/2018	1.893 aB (272,3)	907 cC (272,3)	946 bB (272,3)	1.248 C (157,2)
Primavera/2018	3.384 aA (272,3)	1.727 bB (272,3)	850 cB (272,3)	1.987 B (157,2)
Verão/2018	3.500 aA (272,3)	1.765 bB (272,3)	1.234 bB (272,3)	2.167 B' (157,2)
Outono/2019	3.794 aA (272,2)	3.065 bA (272,3)	2.056 cA (272,3)	2.972 A (157,2)
Média	2.626 a (129,6)	1.567 b (121,8)	1.072 c (121,8)	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIF (p<0,10). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIF (p<0,10). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. p massa seca de lâminas foliares

(sistema x estação)=0,0371; p massa seca de lâminas foliares (sistema)<0,0001; p massa seca de lâminas foliares (estação)<0,0001; p massa seca de colmos(sistema x estação)=0,0003; p massa seca de colmos(sistema)<0,0001; p massa seca de colmos(estação)=0,0075; p massa seca de material morto(sistema x estação)<0,0001. p massa seca de material morto(sistema)<0,0001; p massa seca de material morto(estação)<0,0001.

Tabela 51. Massa de forragem (kg ha⁻¹ de MS) do capim-Massai na condição de pós-pastejo em função dos sistemas e estações do ano.

Estação	Massa de forragem pós-pastejo (kg ha ⁻¹ de MS)			Média
	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	
Verão/2017	3.644 aC	3.118 bB	2.578 bB	3.113 C
Outono/2018	4.538 aC	3.332 bB	2.475 cB	3.449 C
Primavera/2018	5.066 aBC	4.011 bA	2.858 cAB	3.979 B
Verão/2018	6.545 aA	4.636 bA	3.422 cA	4.868 A
Outono/2019	5.734 aB	4.249 bA	2.922 cAB	4.302 B
Média	5.105 a	3.869 b	2.851 c	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p<0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p<0,10$). $p_{\text{sistema x estação}}=0,0863$; $EPM_{\text{sistema x estação}}=258,2$, exceto para $EPM_{\text{SPS x verão/2017}}=408,3$ e $EPM_{\text{SSM x verão/2017}}= 333,3$. $p_{\text{sistema}}<0,0001$; $EPM_{\text{SPS}}=131,7$, $EPM_{\text{SSM}}=122,9$, $EPM_{\text{SSI}}=115,5$. $p_{\text{estação}}<0,0001$, $EPM_{\text{estação}}= 149,1$, exceto para $EPM_{\text{verão/2017}}=195,7$.

Tabela 52. Valores médios de porcentagens de massa seca de lâminas foliares (PMSLF), de colmos (PMSC) e de material morto (PMSMM) na massa de forragem do capim-Massai na condição de pós-pastejo do capim-Massai em função dos sistemas e estações do ano.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
PMSLF (%)				
Verão/2017	27,2 (2,36)	29,6 (1,49)	33,0 (1,49)	29,9 A (1,13)
Outono/2018	17,2 (1,49)	17,6 (1,49)	16,9 (1,49)	17,2 C (0,86)
Primavera/2018	20,4 (1,49)	23,7 (1,49)	24,2 (1,49)	22,8 B (0,86)
Verão/2018	21,5 (1,49)	23,7 (1,49)	21,2 (1,49)	22,1 B (0,86)
Outono/2019	15,6 (1,49)	16,2 (1,49)	17,2 (1,49)	16,3 C (0,86)
Média	20,4 b (0,76)	22,2 a (0,71)	22,5 a (0,67)	
PMSC (%)				
Verão/2017	60,0 aA (3,18)	53,0 bA (2,01)	53,6 bA (2,01)	55,6 A (1,52)
Outono/2018	39,9 aB (2,01)	44,6 aB (2,01)	41,7 aB (2,01)	42,1 B (1,16)
Primavera/2018	28,66 bD (2,01)	29,1 bE (2,01)	36,3 aC (2,01)	31,4 D (1,16)
Verão/2018	35,1 bC (2,01)	38,0 abD (2,01)	40,8 aB (2,01)	38,0 C (1,16)
Outono/2019	20,9 aE (2,01)	23,6 aF (2,01)	23,1 (2,01)	22,5 E (1,16)
Média	36,9 (1,03)	37,66 (0,96)	39,10 (0,99)	
PMSMM (%)				
Verão/2017	12,8 (3,28)	17,4 (2,68)	13,4 (2,08)	14,5 D (1,57)
Outono/2018	42,9 (2,08)	37,7 (2,08)	41,2 (2,08)	40,6 C (1,20)
Primavera/2018	50,7 (2,08)	47,0 (2,08)	39,4 (2,08)	45,7 B (1,20)
Verão/2018	43,3 (2,08)	38,2 (2,08)	38,0 (2,08)	39,9 C (1,20)
Outono/2019	63,5 (2,08)	60,2 (2,08)	59,7 (2,08)	61,1 A (1,20)
Média	42,6 a (1,06)	40,1 b (0,99)	38,3 c (0,93)	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{PMSLF}(\text{sistema} \times \text{estação}) = 0,5284$; $p_{PMSLF}(\text{sistema}) = 0,0966$; $p_{PMSLF}(\text{estação}) < 0,0001$; $p_{PMSC}(\text{sistema} \times \text{estação}) = 0,0808$; $p_{PMSC}(\text{sistema}) = 0,2673$; $p_{PMSC}(\text{estação}) < 0,0001$; $p_{PMSMM}(\text{sistema} \times \text{estação}) = 0,1262$. $p_{PMSMM}(\text{sistema}) = 0,0136$; $p_{PMSMM}(\text{estação}) < 0,0001$.

Tabela 53. Composição morfológica da forragem (massa seca de lâminas foliares - MSLF, massa seca de colmos - MSC e massa seca de material morto – MSMM; kg ha⁻¹) do capim-Massai na condição de pós-pastejo do capim-Massai em função dos sistemas e estações.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Massa seca de lâminas foliares (kg ha ⁻¹)				
Verão/2017	260 bD (110,4)	685 aB (95,6)	843 aA (85,5)	596 C (56,4)
Outono/2018	793 aC (85,5)	580 bB (85,5)	415 bB (85,5)	596 C (49,4)
Primavera/2018	1.043 aB (85,5)	948 aA (85,5)	694 bA (85,5)	895 B (49,4)
Verão/2018	1.389 aA (85,5)	1.094 bA (85,5)	720 cA (85,5)	1.068 A (49,4)
Outono/2019	897 aBC (85,5)	685 bB (85,5)	506 bB (85,5)	696 C (49,4)
Média	876 a (40,7)	798 b (39,2)	636 c (38,2)	
Massa seca de colmos (kg ha ⁻¹)				
Verão/2017	617 bC (192,3)	1.242 aB (166,6)	1.403 aA (149,0)	1.087 CD (98,3)
Outono/2018	1.786 aB (149,0)	1.481 aAB (149,0)	1.012 bBC (149,0)	1.426 B (86,0)
Primavera/2018	1.449 aB (149,0)	1.170 abB (149,0)	1.029 bB (149,0)	1.216 C (86,0)
Verão/2018	2.289 aA (149,0)	1.768 bA (149,0)	1.397 cA (149,0)	1.818 A (86,0)
Outono/2019	1.226 aB (149,0)	1.003 abB (149,0)	673 bC (149,0)	967 D (86,0)
Média	1.473 a (70,9)	1.333 a (68,3)	1.103 b (66,6)	
Massa seca de material morto (kg ha ⁻¹)				
Verão/2017	146 aC (198,6)	413 aD (172,0)	332 aC (153,9)	297 D (101,5)
Outono/2018	1.959 aC (153,9)	1.270 bC (153,9)	1.044 bB (153,9)	1.424 C (88,8)
Primavera/2018	2.563 aB (153,9)	1.889 bB (153,9)	1.130 cB (153,9)	1.861 B (88,8)
Verão/2018	2.859 aB (153,9)	1.773 bB (153,9)	1.305 cB (153,9)	1.979 B (88,8)
Outono/2019	3.611 aA (153,9)	2.560 bA (153,9)	1.743 cA (153,9)	2.638 A (88,8)
Média	2.227 a (73,5)	1.581 b (70,5)	1.111 c (68,8)	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. p_{PMSLF} (sistema x estação)

$<0,0001$; $p_{MSLF(\text{sistema})}=0,0002$; $p_{MSLF(\text{estação})}<0,0001$; $p_{MSC(\text{sistema} \times \text{estação})}=0,0005$; $p_{MSC(\text{sistema})}=0,0013$; $p_{MSC(\text{estação})}<0,0001$; $p_{MSMM(\text{sistema} \times \text{estação})}<0,0001$. $p_{MSMM(\text{sistema})}<0,0001$; $p_{MSMM(\text{estação})}<0,0001$.

Índice de área foliar

Tabela 54. Índice de área foliar em função dos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso.

Sistema	Índice de área foliar
Pleno sol	5,3 (0,18) A
Sombreamento moderado	5,0 (0,17) A
Sombreamento intenso	3,9 (0,17) B

Médias na mesma coluna seguida de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p<0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p<0,0001$. Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Tabela 55. Índice de área foliar em função das estações do ano.

Estação	Índice de área foliar
Verão/2017	7,3 A (0,24)
Outono/2018	4,3 C (0,22)
Primavera/2018	4,6 BC (0,22)
Verão/2018	5,0 B (0,22)
Outono/2019	2,4 D (0,22)

Médias na mesma coluna seguida de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p<0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p<0,0001$. Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

Densidade volumétrica da forragem

Tabela 56. Densidade volumétrica da forragem de capim-Massai (DVF-kg ha⁻¹ cm⁻¹ MS) nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI) durante as estações do ano.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
		DVF (kg ha ⁻¹ cm ⁻¹ MS)		
Verão/2017	124 aC	111 abA	95 bA	110 B
Outono/2018	117 aC	105 aA	69 bB	97 C
Primavera/2018	151 aB	100 bA	71 cB	107 BC
Verão/2018	170 aA	113 bA	94 cA	126 A
Outono/2019	142 aB	117 bA	77 cAB	112 B
Média	141 a	109 b	81 c	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,0267$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 8,0$, exceto para $EPM_{\text{SPS} \times \text{verão}/2017} = 10,3$. $p_{\text{sistema}} < 0,0001$; $EPM_{\text{sistema}} = 3,6$, exceto para $EPM_{\text{SPS}} = 3,8$. $p_{\text{estação}} = 0,0016$; $EPM_{\text{estação}} = 4,6$, exceto para $EPM_{\text{verão}/2017} = 5,1$.

Taxa de acúmulo de forragem

Tabela 57. Taxa de acúmulo de forragem (kg ha⁻¹ dia⁻¹) do capim-Massai nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM), e sombreamento intenso (SSI).

Mês	Taxa de acúmulo de forragem (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)			Média
	Pleno Sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	
Jan/18	192,4 (25,30) aC	126,2 (25,30) aC	149,7 (28,28) aA	156,1 (15,20) BC
Fev/18	161,3 (25,30) aCD	137,1 (25,30) aBC	111,8 (25,30) aAB	136,7 (14,60) CD
Mar/18	150,6 (25,30) aD	122,7 (25,30) aC	60,8 (25,30) bB	111,3 (14,60) D
Abr/18	84,9 (25,30) aDE	83,1 (25,30) aCD	39,1 (25,30) aB	69,0 (14,60) E
Mai/18	41,7 (28,28) aE	41,3 (28,28) aD	22,5 (25,30) aB	35,2 (15,77) E
Set/18	383,5 (25,30) aA	299,1 (25,30) bA	143,4 (25,30) cA	275,3 (14,60) A
Out/18	258,3 (25,30) aBC	157,8 (25,30) bBC	116,6 (25,30) bAB	177,6 (14,60) BC
Nov/18	140,0 (25,30) aDE	65,3 (25,30) bCD	77,1 (32,66) abB	94,2 (16,15) DE
Dez/18	154,6 (28,28) aD	79,7 (28,28) abCD	63,3 (28,28) bB	99,2 (16,33) DE
Jan/19	216,1 (28,28) aBC	122,0 (25,30) bC	120,9 (25,30) bAB	153,0 (15,20) BC
Fev/19	182,2 (25,30) aC	129,5 (25,30) aBC	129,4 (28,28) aAB	147,1 (15,20) C
Mar/19	272,9 (25,30) aB	199,4 (25,30) bB	80,8 (25,30) cB	184,4 (14,60) B
Abr/19	62,8 (32,66) aE	96,1 (32,7) aCD	58,8 (25,30) aB	72,6 (17,55) E
Mai/19	34,4 (32,66) aE	63,5 (25,30) aCD	38,5 (25,30) aB	45,5 (16,15) E
Jun/19	20,7 (25,30) aE	11,9 (25,30) aD	30,7 (25,30) aB	21,1 (14,60) E
Média	157,1 (6,97) a	115,7 (6,78) b	82,9 (6,83) c	

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula ou na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{sistema} \times \text{mês}} = 0,0007$. $p_{\text{sistema}} < 0,0001$. $p_{\text{mês}} < 0,0001$.

Perdas de forragem e seus componentes morfológicos

Tabela 58. Perdas de forragem totais (kg ha⁻¹ de MS) durante o pastejo de capim-Massai nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI) nas estações do ano.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	272	230	159	220 B
Outono/2018	410	352	238	334 A
Primavera/2018	271	261	122	218 B
Verão/2018	230	201	199	210 B
Outono/2019	247	196	199	214 B
Média	289 a	248 a	183 b	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,3090$; $\text{EPM}_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 33,7$, exceto para $\text{EPM}_{\text{SPS} \times \text{verão}/2017} = 53,3$. $p_{\text{estação}} < 0,0001$. $\text{EPM}_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 33,7$, exceto para $\text{EPM}_{\text{SPS} \times \text{verão}/2017} = 53,3$. $p_{\text{sistema}} = 0,0001$; $\text{EPM}_{\text{SPS}} = 17,2$; $\text{EPM}_{\text{SSM}} = 16,1$; $\text{EPM}_{\text{SSI}} = 15,1$. $p_{\text{estação}} < 0,0001$; $\text{EPM}_{\text{estação}} = 19,5$, exceto $\text{EPM}_{\text{verão}/2017} = 25,5$.

Tabela 59. Composição morfológica (porcentagens de massa seca de lâminas foliares - PMSLF; de colmos -PMSC; material morto- PMSMM) das perdas de forragem do capim-Massai em diferentes sistemas de produção em função das das estações de verão/2017, outono/2018, primavera/2018, verão/2018 e outono/2019.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
PMSLF (%)				
Verão/2017	14,8 (3,44) bA	20,4 (2,81) bA	41,9 (2,18) aA	25,7 (1,65) A
Outono/2018	5,7 (2,18) bB	11,9 (2,18) aB	14,7 (2,18) aC	10,8 (1,26) C
Primavera/2018	11,7 (2,18) cA	20,9 (2,18) bA	32,8 (2,18) aB	21,8 (1,26) B
Verão/2018	16,7 (2,18) cA	23,6 (2,18) bA	32,0 (2,18) aB	24,1(1,26) AB
Outono/2019	9,9 (2,18) bAB	12,9 (2,18) abA	16,6 (2,18) aC	13,1 (1,26) C
Média	11,8 (1,11) c	17,9 (1,04) b	27,6 (0,97) a	
PMSC (%)				
Verão/2017	22,4 (2,50) aA	18,7 (2,01) aA	19,7 (1,56) aA	20,2 (1,18) A
Outono/2018	7,1 (1,56) bB	16,9 (1,56) aA	16,1 (1,56) aA	13,4 (0,90) B
Primavera/2018	2,2 (1,56) bB	2,9 (1,56) bB	7,1 (1,56) aB	4,1 (0,90) C
Verão/2018	6,2 (1,56) aB	6,2 (1,56) aB	8,0 (1,56) aB	6,8 (0,90) C
Outono/2019	4,5 (1,56) aB	5,7 (1,56) aB	8,0 (1,56) aB	6,0 (0,90) C
Média	8,5 (0,80) b	10,0 (0,74) b	11,8 (0,70) a	
PMSMM (%)				
Verão/2017	61,7 (4,94) aC	57,4 (4,04) aC	36,1 (3,13) bC	51,7 (2,40) D
Outono/2018	86,9 (3,13) aA	70,3 (3,13) bB	63,9(3,13) bB	73,7 (1,80) B
Primavera/2018	85,5 (3,13) aA	74,8 (3,13) bAB	57,2 (3,13) cB	72,5 (1,80) BC
Verão/2018	76,8 (3,13) aB	70,0 (3,13) aB	58,2 (3,13) bB	68,3 (1,80) C
Outono/2019	85,4 (3,13) aA	80,7 (3,13) abA	74,9 (3,13) bA	80,3 (1,80) A
Média	79,2 (1,59) a	70,7 (1,49) b	58,1 (1,40) c	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p\%$ lâminas foliares (sistema x estação)=0,0007; $p\%$ lâminas foliares(sistema)<0,0001; $p\%$ lâminas foliares(estação)<0,0001; $p\%$ colmos(sistema x estação)=0,0203; $p\%$ colmos(sistema) =0,0114; $p\%$ colmos(estação)<0,0001; $p\%$ material morto(sistema x estação)=0,0715; $p\%$ material morto(sistema) <0,0001; $p\%$ material morto(estação)<0,0001.

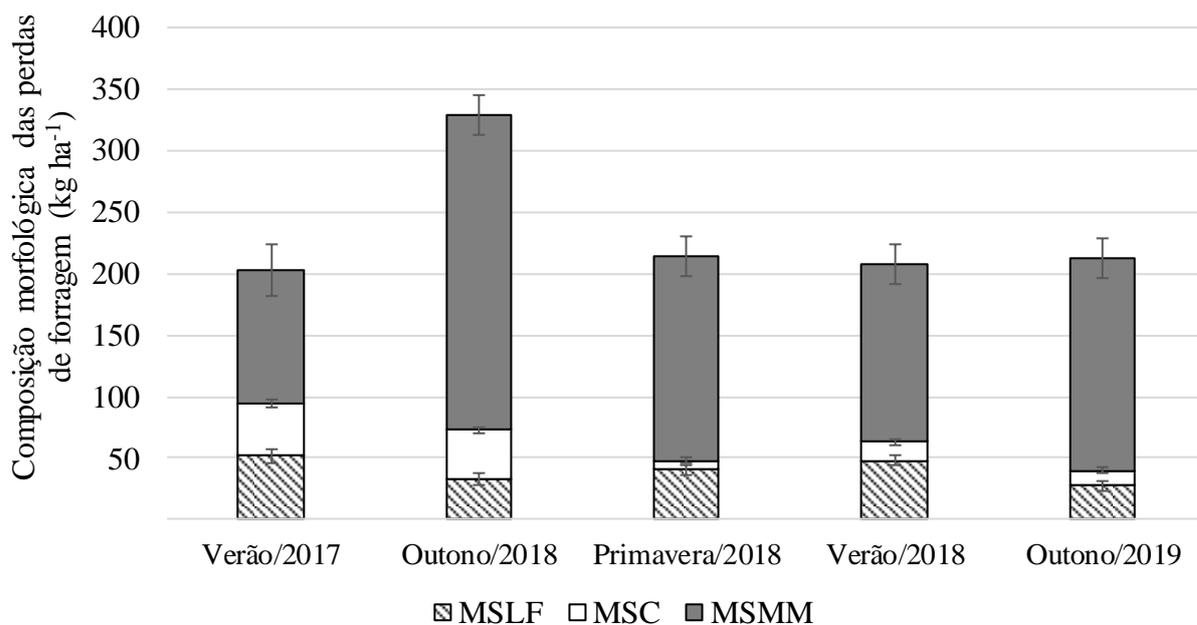


Figura 66. Composição morfológica (massas secas de lâminas foliares –MSLF; colmos – MSC; e material morto – MSMM) das perdas de forragem de capim-Massai em função das estações de verão/2017, outono/2018, primavera/2018, verão/2018 e outono/2019. $p_{\text{MSLF}}=0,0009$; $\text{EPM}_{\text{MSLF}}=4,1$, exceto para $\text{EPM}_{\text{MSLF/Verão/17}}=5,3$. $p_{\text{MSC}}<0,0001$; $\text{EPM}_{\text{MSC}}=2,3$, exceto para $\text{EPM}_{\text{MSC}}=3,0$. $p_{\text{MSMM}}<0,0001$; $\text{EPM}_{\text{MSMM}}=16,4$, exceto para $\text{EPM}_{\text{MSMM}}=20,7$.

Tabela 60. Composição morfológica (massas secas de lâminas foliares –MSLF; colmos – MSC; e material morto – MSMM) das perdas de forragem (kg ha⁻¹ de MS) de capim-Massai em função das estações de verão/2017, outono/2018, primavera/2018, verão/2018 e outono/2019.

Estação	MSLF	MSC	MSMM
Verão/2017	52 A	42 A	109 C
Outono/2018	33 B	40A	256 A
Primavera/2018	41 AB	7 C	166 B
Verão/2018	48 A	15 B	145 BC
Outono/2019	28 B	12 B	173 B

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{MSLF}} = 0,0009$; $\text{EPM}_{\text{MSLF}} = 4,1$, exceto para $\text{EPM}_{\text{MSLF/verão/2017}} = 5,3$. $p_{\text{MSC}} < 0,0001$; $\text{EPM}_{\text{MSC}} = 2,3$, exceto para $\text{EPM}_{\text{MSC/verão/2017}} = 3,0$. $p_{\text{MSMM}} < 0,0001$; $\text{EPM}_{\text{MSMM}} = 16,4$, exceto para $\text{EPM}_{\text{MSMM/verão/2017}} = 20,7$.

Tabela 61. Valores médios de massa seca (kg ha⁻¹ de MS) de lâminas foliares e material morto na composição das perdas por pastejo

Sistema	MSLF	MSMM
Pleno sol	33 B (3,6)	228 A (14,5)
Sombreamento moderado	42 A (3,4)	172 B (13,0)
Sombreamento intenso	47 A (3,2)	110 C (12,7)

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{MSLF}} = 0,0182$; $p_{\text{MSMM}} < 0,0001$.

Tabela 62. Valores médios de massa seca de colmos (kg ha^{-1} de MS) das perdas por pastejo nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso em função das estações de verão/2017, outono/2018, primavera/2018, verão/2018 e outono/2019.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	56 aA (6,3)	42 bA (5,2)	28 cB (4,0)	42 A (3,0)
Outono/2018	27 cB (4,0)	53 aA (4,0)	39 bA (4,0)	40 A (2,3)
Primavera/2018	5 aD (4,0)	7 aB (4,0)	9 aC (4,0)	7 C (2,3)
Verão/2018	15 aC (4,0)	12 aB (4,0)	17 aC (4,0)	15 B (2,3)
Outono/2019	11aD (4,0)	11 aB (4,0)	16 aC (4,0)	12 B (2,3)
Média	23 (2,0)	25 (1,9)	22 (1,8)	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{MSC} = 0,0004$.

Aproveitamento de Forragem

Tabela 63. Aproveitamento de forragem em função dos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

Sistema	Aproveitamento de Forragem (kg MS ha^{-1})
Pleno sol	3.817 A
Sombreamento moderado	2.999 B
Sombreamento intenso	1.884 C

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema}} < 0,0001$; $EPM_{\text{SPS}} = 264,7$; $EPM_{\text{SSM e SSI}} = 248,6$.

Tabela 64. Aproveitamento de forragem (kg ha^{-1} de MS) em função da estação do ano.

Estação	Aproveitamento de forragem (kg MS ha^{-1})
Verão/2017	3.625 A
Outono/2018	2.791 BC
Primavera/2018	2.631 B
Verão/2018	3.251 AB
Outono/2019	2.203 C

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). $p_{\text{estação}} = 0,0257$; $EPM_{\text{estação}} = 320,9$, exceto para $EPM_{\text{verão/2017}} = 354,8$.

Ofertas de Forragem

Tabela 65. Valores médios de ofertas de forragem (kg de MS 100 kg⁻¹ PV) do primeiro dia, das traçadoras, média e disponível nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM) e sombreamento intenso (SSI).

Sistema	Ofertas de Forragem (kg de MS 100 kg ⁻¹ PV)			
	Primeiro dia	Traçadoras	Média	Disponível
Pleno sol	55,3 A (1,92)	13,4 A (1,10)	7,7 A (0,43)	3,3 A (0,26)
Sombreamento moderado	45,6 B (1,81)	12,1 AB (1,03)	8,2 A (0,41)	3,4 A (0,24)
Sombreamento Intenso	30,9 C (1,81)	9,9 B (1,03)	5,2 B (0,41)	1,9 B (0,24)

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{primeiro dia}} < 0,0001$; $p_{\text{traçadoras}} = 0,0660$; $p_{\text{média}} < 0,0001$; $p_{\text{disponível}} < 0,0001$.

Tabela 66. Valores médios de ofertas de forragem (kg de MS 100 kg⁻¹ PV) do primeiro dia, das traçadoras, média e disponível nas estações do ano.

Estação	Ofertas de Forragem (kg de MS 100 kg ⁻¹ PV)			
	Primeiro dia	Traçadoras	Média	Disponível
Verão/2017	49,6 (2,60) A	9,0 (1,47) B	7,6 (0,58) B	4,0 (0,35) A
Outono/2018	43,4 (2,33) BC	9,1 (1,33) B	5,1 (0,52) C	2,2 (0,31) C
Primavera/2018	40,4 (2,33) BC	14,5 (1,33) A	6,7 (0,52) B	2,5 (0,31) BC
Verão/2018	46,7 (2,33) AB	13,5 (1,33) A	6,6 (0,52) B	2,7 (0,31) BC
Outono/2019	39,5 (2,33) C	12,9 (1,33) A	9,1 (0,52) A	3,0 (0,31) B

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\text{primeiro dia}} = 0,0241$; $p_{\text{traçadoras}} = 0,0113$; $p_{\text{média}} < 0,0001$; $p_{\text{disponível}} = 0,0065$.

Acúmulo total de forragem

Tabela 67. Acúmulo de forragem do capim-Massai (kg ha⁻¹) dos sistemas pleno sol, sombreamento moderado e sombreamento intenso nas estações.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	2.888 aC	3.857 aB	4.026 aAB	3.590 C
Outono/2018	6.944 aB	5.536 abB	3.238 bB	5.239 C
Primavera/2018	11.579 aA	6.170 bAB	3.482 bB	7.077 B
Verão/2018	12.332 aA	8.996 bA	6.937 bA	9.421 A
Outono/2019	8.027 aB	7.784 aAB	4.963 aAB	6.925 BC
Média	8.354 a	6.469 b	4.529 c	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,0947$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 1.338,8$. $p_{\text{sistema}} = 0,0002$; $EPM_{\text{sistema}} = 598,7$. $p_{\text{estação}} < 0,0001$; $EPM_{\text{estação}} = 773,0$.

Componentes do pastejo simulado

Tabela 68. Componentes do pastejo simulado em capim-Massai submetidos a diferentes sistemas de produção

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
		% Lâminas foliares		
Verão/2017	83,4 (3,54)	86,8 (2,74)	90,0 (2,74)	86,7 (1,75) BC
Outono/2018	71,8 (2,74)	63,2 (2,74)	78,2 (2,74)	71,1 (1,58) D
Primavera/2018	94,7 (2,74)	95,4 (2,74)	97,4 (2,74)	95,8 (1,58) A
Verão/2018	89,8 (2,74)	90,2 (2,74)	91,8 (2,74)	90,6 (1,58) B
Outono/2019	86,0 (2,74)	81,0 (2,74)	88,7 (2,74)	85,2 (1,58) C
Média	85,1 (1,30) b	83,3 (1,23) b	89,2 (1,23) a	
% Colmos				
Verão/2017	16,3 (3,23) aA	12,9 (2,50) aB	9,7 (2,50) aAB	12,9 (1,60) B
Outono/2018	20,4 (2,50) bA	35,2 (2,50) aA	16,3 (2,50) bA	24,0 (1,44) A
Primavera/2018	1,9 (2,50) aB	1,4 (2,50) aC	1,2 (2,50) aB	1,5 (1,44) D
Verão/2018	8,9 (2,50) aB	9,2 (2,50) aBC	7,4 (2,50) aB	8,5 (1,44) C
Outono/2019	8,0 (2,50) aB	8,0 (2,50) aBC	6,9 (2,50) aB	7,6 (1,44) C
Média	11,1 (1,19) ab	13,3 (1,12) a	8,3 (1,12) b	
% Material morto				
Verão/2017	0,3 (1,12) aC	0,4 (0,87) aC	0,3 (0,87) aB	0,3 (0,55) D
Outono/2018	7,8 (0,87) aA	1,6 (0,87) cBC	5,5 (0,87) bA	5,0 (0,50) B
Primavera/2018	3,3 (0,87) aB	3,2 (0,87) aB	1,4 (0,87) aB	2,6 (0,50) C
Verão/2018	1,3 (0,87) aB	0,6 (0,87) aC	0,8 (0,87) aB	0,9 (0,50) D
Outono/2019	6,1 (0,87) bA	11,0 (0,87) aA	4,5 (0,87) bA	7,2 (0,50) A
Média	3,8 (0,41) a	3,4 (0,39) ab	2,5 (0,39) b	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Números entre parênteses correspondem ao erro padrão da média. $p_{\% \text{lâminas foliares}} < 0,2717$. $p_{\% \text{colmos}} = 0,0060$. $p_{\% \text{material morto}} < 0,0001$.

Valor nutritivo

Tabela 69. Teores médios de proteína bruta (%PB) do capim-Massai nos sistemas pleno sol (SPS), sombreamento moderado (SSM), e sombreamento intenso (SSI).

Sistema	%Proteína Bruta	EPM
Pleno Sol	10,1 C	0,18
Sombreamento moderado	11,3 B	0,17
Sombreamento intenso	13,6 A	0,17

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, na mesma coluna, são diferentes entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). EPM= erro padrão da média. $p_{\%PB} < 0,0001$. EPM=0,17, exceto para EPM_{SPS}=0,18.

Anexo B –Componente Animal

Taxa de lotação animal (instantânea e média)

Tabela 70. Taxa de lotação instantânea (UA ha⁻¹ dia⁻¹) por estação do ano nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	19,52 bC	33,89 aB	32,12 aB	28,52 B
Outono/2018	30,48 aB	34,24 aB	32,34 aB	32,35 B
Primavera/2018	48,09 aA	40,01 bAB	36,56 bAB	41,55 A
Verão/2018	41,37 aA	42,28 aA	41,99 aA	41,88 A
Outono/2019	46,87 aB	42,25abA	35,09 bAB	41,40 A
Média	37,27	38,53	35,62	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,0042$; EPM_{sistema x estação} = 3,116. $p_{\text{estação}} < 0,0001$; EPM_{estação} = 1,7987; $p_{\text{sistema}} = 0,3407$; EPM_{sistema} = 1,394.

Tabela 71. Taxa de lotação média (UA ha⁻¹) por estação do ano nos sistemas pleno sol, sombreamento moderado, e sombreamento intenso.

Estação	Pleno sol	Sombreamento moderado	Sombreamento intenso	Média
Verão/2017	1,08 bC	2,29 abC	3,53 aD	2,30 D
Outono/2018	7,29 aB	5,60 bB	5,49 bC	6,13 C
Primavera/2018	9,51 aA	7,95 abA	6,43 bB	7,96 B
Verão/2018	9,59 aA	9,79 aA	10,40 aA	9,93 A
Outono/2019	9,00 aA	8,31 abA	7,02 bB	8,11 B
Média	7,29	6,79	6,57	

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). Médias na mesma linha seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pela PDIFF ($p < 0,10$). $p_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,0075$; $EPM_{\text{sistema} \times \text{estação}} = 0,676$. $p_{\text{estação}} < 0,0001$; $EPM_{\text{estação}} = 0,390$; $p_{\text{sistema}} = 0,2322$; $EPM_{\text{sistema}} = 0,302$.