

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E VALOR ALIMENTÍCIO DE
CAPIM- MARANDU E COMPORTAMENTO DE BOVINOS NELORE
EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

ERIKELLY ALINE RIBEIRO DE SANTANA

Trabalho apresentado ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU – SP

Janeiro, 2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E VALOR ALIMENTÍCIO DE
CAPIM- MARANDU E COMPORTAMENTO DE BOVINOS NELORE
EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

ERIKELLY ALINE RIBEIRO DE SANTANA
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Ciniro Costa
Coorientadores: Prof. Dr. Paulo Roberto de
Lima Meirelles
Profa. Dra. Cristiana Andrighetto

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia como parte das
exigências para Obtenção do título de Doutor
em Zootecnia.

BOTUCATU – SP
Janeiro, 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
- UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S232c Santana, Erikelly Aline Ribeiro de, 1986-
Composição morfológica e valor alimentício de capim-marandu e comportamento de bovinos Nelore em sistemas integrados de produção agropecuária / Erikelly Aline Ribeiro de Santana. - Botucatu : [s.n.], 2017
vii, 98 f. : fots. color., grafs. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu - 2017

Orientador: Ciniro Costa
Coorientador: Paulo Roberto de Lima Meirelles;
Cristiana Andrighetto
Inclui bibliografia

1. Nelore (Zebu) - Alimentação e rações. 2. Agrosilvicultura. 3. Plantas forrageiras. 4. Produção animal. I. Costa, Ciniro. II. Meirelles, Paulo Roberto de Lima. III. Andrighetto, Cristiana. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. V. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte".

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Eunice Ramos da Silva Santana e Manoel Ribeiro de Santana.

Ao meu avô Estanislau Ramos da Silva (in memorian).

OFEREÇO

Ao meu noivo, Douglas Desidério.

Às minhas irmãs,

Erika Cristina Ribeiro de Santana e Erycléa Maria Ribeiro de Santana.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas graças obtidas durante o período de realização do curso de Doutorado em Zootecnia.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP Campus Botucatu, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado e aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia pelos ensinamentos recebidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador, professor Dr. Ciniro Costa, pela orientação, amizade e disponibilidade durante a realização desse trabalho.

Ao meu coorientador, professor Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles, pela coorientação, acompanhamento das atividades e amizade durante o período de pós-graduação.

À minha coorientadora, professora Dra. Cristiana Andrighetto, pela coorientação, confiança, aconselhamentos, entusiasmo e amizade.

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Pólo Extremo Oeste, Andradina-SP, por proporcionar a vivência e desenvolvimento de pesquisa no campo.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, FCAT- UNESP, Campus de Dracena, por me receber novamente para desenvolver parte deste trabalho.

Ao professor Dr. Gelci Carlos Lupatini, da FCAT- UNESP, pelos ensinamentos, presença no campo e amizade.

Aos alunos de pós-graduação em Zootecnia, da FMVZ, Aline Sampaio Aranha e Patrícia Aparecida Luz, e aos alunos de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, FCAT- UNESP, Campus de Dracena,

Helena Sampaio Aranha e Gustavo Antunes Trivelin, pelo companheirismo nas atividades e amizade.

Aos professores Drs. Ricardo Velludo, Leonardo Susumu Takahashi, Leda Gobbo e Sirlei Maestá, da FCAT- UNESP, Campus de Dracena, pela disponibilidade e apoio às atividades da pesquisa.

Ao Dr. Gustavo Pavan Mateus, pela oportunidade concedida em desenvolver os experimentos de campo na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) Pólo Extremo Oeste, Andradina-SP.

Aos funcionários da APTA Andradina pela ajuda nas diversas atividades de colheita de dados experimentais.

Aos funcionários de campo da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), UNESP Dracena, pelo apoio nas avaliações da forragem.

Aos técnicos de laboratório da FCAT-UNESP, Campus de Dracena, Lucas Aparecido Manzani Lisboa, Ariane Carrascossi da Silva, Wanderson Luis de Carvalho, pelas orientações nos protocolos utilizados para desenvolvimento deste trabalho.

À técnica Gisele Setznagl, do Laboratório de Bromatologia da FMVZ, pela orientação nas atividades laboratoriais.

Ao frigorífico Frigol, por disponibilizar líquido ruminal para as análises de digestibilidade in vitro da matéria seca.

Aos programas de pós-graduação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV - UNESP Jaboticabal, e programa de pós-graduação em Medicina Veterinária da FMVZ – UNESP Botucatu, pela oportunidade em cursar suas disciplinas.

À Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel, da FCAV - UNESP Jaboticabal, por ceder o Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP) para realização de parte das análises de digestibilidade.

Ao Dr. André Michel de Castilhos, Zootecnista da FMVZ – UNESP Botucatu, pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Dra. Cleunice Auxiliadora Fialho, pós-doutoranda da FMVZ – UNESP Botucatu, pelas contribuições feitas no direcionamento de estudo para elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Enzo Dal Pai, da Faculdade de Ciências Agrárias – UNESP – Botucatu, pelo apoio na elaboração do balanço hídrico e dados climáticos.

Aos integrantes do Núcleo de Pesquisa Ensino e Extensão em Bovinocultura de Corte e Pastagem, NUPEE, da FCAT- UNESP, Campus de Dracena, pelas horas dedicadas às atividades.

À Dona Maria Conceição Lima dos Santos Desidério, pela acolhida em seu lar e adoção de uma nova filha, durante o período vivido em Dracena.

Aos meus pais, Eunice Ramos da Silva Santana e Manoel Ribeiro de Santana, pelo incentivo, apoio e orações pela minha caminhada.

Ao meu noivo, Douglas Desidério, pelo amor, apoio, compreensão e compartilhamentos de momentos vividos, mesmo em meio à distância.

Muito obrigada!

“O princípio da Sabedoria é o mais sincero desejo da instrução; A preocupação pela instrução é o amor”.

(Livro da Sabedoria 6, 17)

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	1
1. Introdução	2
2. Panorama da pecuária em áreas de pastagens no Brasil.....	3
3. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs).....	4
4. Unidades básicas de gramíneas.....	6
5. Forrageiras em SIPAs.....	7
6. Capim-marandu sob sombreamento.....	8
7. Eucalipto em SIPAs.....	10
8. Interação de plantas e animais em SIPAs	12
9. Fatores ambientais em SIPAs	14
9.1 Radiação Solar	15
9.2 Temperatura.....	17
9.3 Umidade	19
10. Objetivos.....	20
11. Referências.....	21
CAPÍTULO 2	32
Capim-marandu sob lotação contínua em sistemas integrados de produção agropecuária	
33	
RESUMO	33
Introdução	33
Material e Métodos	35

Resultados e Discussão	44
Conclusões	55
Referências	56
CAPÍTULO 3	61
Estrutura da forragem e comportamento diurno de novilhos Nelore em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária	62
RESUMO	62
Introdução	63
Material e Métodos	64
Resultados e Discussão	69
Conclusões	84
Referências	84
CAPÍTULO 4	89
Implicações	90
ANEXOS	93

CAPÍTULO 1
Considerações Iniciais

1. Introdução

A agropecuária tem grande participação na economia brasileira, perfazendo 23% do produto interno bruto (PIB) do país, com possibilidade de crescimento de sua contribuição por meio de tecnologias de uso da terra (CNA, 2016). É conhecido que, em virtude da grande extensão do território nacional, condições edafoclimáticas diversas e uso e manejo de espécies forrageiras adaptadas às várias regiões, a produção de ruminantes está aquém do real potencial produtivo do Brasil. Isso se deve as áreas de pastagens que apresentam algum estágio de degradação, reduzindo a produtividade e rentabilidade por área (BRASIL, 2012).

Devido à necessidade de melhorias nos índices produtivos dos animais em pastagens há crescente interesse no conhecimento e adoção de técnicas de recuperação de áreas de pastagens degradadas, por meio de integração de culturas graníferas e forrageiras e integração de culturas graníferas, forrageiras e florestais em sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) (BALBINO et al, 2011). O uso de sistemas que integram simultaneamente, sequencialmente ou em rotação diferentes culturas, tem como objetivo maximizar o uso da terra de forma sustentável, no qual o resíduo de uma cultura, pelo uso de seus corretivos e fertilizantes, seja disponível para a cultura consorciada/integrada (SANTOS et al. 2001).

A adoção de SIPAs aumenta a eficiência de uso da terra proporcionando maior produção de massa seca de culturas e aumentando a renda de propriedades de pecuária pela diversificação de culturas (CARVALHO et al., 2004). Porém, o uso de diferentes culturas semeadas/plantadas em mesma área ocasiona competição por fatores abióticos necessários para seu crescimento e desenvolvimento (ZANINE, SANTOS, 2004) sendo que, quanto maior o número de culturas integradas, maior se torna a competição, podendo resultar em produtividade de plantas forrageira inferiores aos cultivos exclusivos. A redução de produção se deve à disputa entre plantas, por luz, água e nutrientes, provocando mudanças na morfologia e no valor nutritivo das plantas forrageiras (PACIULLO et al., 2011) ou de outras culturas existentes na área (DOMINGUES, 2015).

Carvalho et al. (2001) relatam a importância das alterações nas forrageiras por meio de sua plasticidade, que alteram a estrutura do pasto disponível (altura do dossel, densidade volumétrica, alterações morfológicas etc.) influenciando o comportamento de

animais, sendo essas modificações ainda maiores em SIPAs, proporcionadas pelas modificações microclimáticas ocorridas em ambientes sombreados. Atividades diárias de animais pode ainda receber influencia do componente arbóreo, por proporcionar maior bem-estar em regiões quentes pela redução de estresse térmico proporcionado pelo sombreamento (PORFÍRIO DA SILVA, 2007).

O conhecimento das respostas ao ambiente competitivo pelas plantas é de fundamental importância para adoção de estratégias de implantação de SIPAs, assim como a escolha de componentes que sejam tolerantes às mudanças ambientais no microclima de cada sistema e os efeitos destes no comportamento e animais submetidos a novas técnicas de integração agropecuária. Contudo, diante do interesse pela implantação e uso de SIPAs, se faz necessário o entendimento dos fatores ambientais sobre a produtividade, alterações em morfologia e valor alimentício de forrageiras integrados em diferentes intensidades de componentes competidores.

2. Panorama da pecuária em áreas de pastagens no Brasil

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, com cerca de 212,3 milhões de cabeças (IBGE, 2015), sendo um dos maiores exportadores de carne bovina e também um dos grandes exportadores de bovinos vivos. Sua pecuária é caracterizada por ter a maior parte de seus rebanhos criados em pastagens, sendo a forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os bovinos, decorrentes das características climáticas e da extensão territorial do país (CARVALHO et al., 2009; FERRAZ; FELÍCIO, 2010).

De acordo com estimativas do Censo Agropecuário Brasileiro de 2006 (IBGE, 2007), a área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 172,3 milhões de hectares com lotação média de 1,2 animal/ha (ZIMMER et al., 2012). Porém, o manejo inadequado dessas áreas tem se constituído na principal limitação para que a pecuária de corte seja uma atividade competitiva frente às demais atividades agrícolas. Como consequência, estima-se que 140 milhões de hectares, aproximadamente 81% de toda área de pastagens, encontram-se em situação de degradação (BRASIL, 2012).

Esse fato traz implicações negativas para a sustentabilidade da pecuária desenvolvida em pastagens, como atividade improdutiva e essencialmente danosa ao meio ambiente (DIAS FILHO, 2014), além de baixa oferta de forragem, baixos índices

zootécnicos e baixa produtividade de carne por hectare, reduzindo retorno econômico e aumentando ineficiência do sistema (BALBINO et al., 2011).

Torres Júnior e Aguiar (2013) consideram que, mesmo ocorrendo avanço da taxa de lotação das pastagens nos últimos anos, a produtividade da pecuária de corte, calculada em 5,1 arrobas/hectare/ano, é baixa, com potencial para melhorar. Para que se possa produzir de forma eficiente e competitiva em sistemas de pastagens, a planta forrageira deve ser utilizada de forma mais racional, por meio de práticas de manejo sustentáveis que permitam alta produtividade e aproveitamento eficiente da forragem produzida, gerando assim, máxima produtividade animal (GOMIDE, GOMIDE, 2001).

Alternativas de produção de bovinos em pastagens têm surgido com o objetivo de reparar os baixos ganhos por área e, uma característica importante da dinâmica das áreas de pastagem no Brasil tem sido a substituição do uso de pastagens naturais por pastagens plantadas (DIAS-FILHO, 2014). A redução das áreas de pastagem natural vem sendo observada desde o Censo Agropecuário de 1970 e a explicação é que muitas dessas pastagens naturais estão sendo substituídas por lavouras, além de outras atividades, ou mesmo por pastagens plantadas, normalmente mais produtivas que as naturais (DIAS-FILHO, 2014).

Outro caminho tomado por pecuaristas nos últimos anos é o emprego de novos métodos de utilização da pastagem, como os SIPAs, com múltiplos objetivos, como a recuperação de áreas e melhorias na fertilidade do solo, maiores ganhos de peso por área e diversificação de renda.

3. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs)

A partir da década de 1980, devido ao processo de degradação das pastagens estabelecidas nas décadas anteriores, surgiu a necessidade, pelas restrições ambientais para abertura de novas áreas, e o interesse em recuperá-las com cultivos anuais. A partir deste período, instituições de pesquisa iniciaram e intensificaram o desenvolvimento de soluções e a transferência de tecnologias para recuperação de pastagens por meio de SIPAs, como o Sistema Barreirão (KLUTHCOUSKI et al., 1991) e o Sistema Santa Fé (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Mais recentemente, o interesse pelos SIPAs se ampliou e além de cultivos anuais na recuperação de pastagens houve a introdução do

componente florestal, os chamados sistemas agrossilvipastoris (MACEDO, 2010; ALMEIDA, 2010).

Segundo Balbino et al. (2011), os SIPAs podem ser classificados e definidos em quatro grandes grupos distintos de produção: a) Integração Lavoura-Pecuária (iLP) ou Agropastoril: sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos; b) Integração Pecuária-Floresta (iPF) ou Silvipastoril: sistema de produção que integra o componente pecuário (pastagem e animal) e o componente florestal, em consórcio; c) Integração Lavoura-Floresta (iLF) ou Silviagrícola: sistema de produção que integra o componente florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes); e d) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) ou Agrossilvipastoril: sistema de produção que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. Os sistemas que envolvem a criação animal são os sistemas iLPF, iPF e iLP.

Os SIPAs foram reconhecidos como alternativas para intensificação sustentável (FAO, 2010). Carvalho et al. (2014) mencionam algumas vantagens do uso de SIPAs, como maior eficiência no uso dos recursos naturais de diferentes estratos do solo e acima deste (WRIGHT et al., 2012); promoção de ciclagem de nutrientes e melhoria do solo (SALTON et al., 2014); redução dos custos de produção (RYSCHAWY et al., 2012), manutenção de níveis de produtividade elevados (BALBINOT JR. et al., 2009) e ainda por produzir inúmeros serviços ecossistêmicos (SANDERSON et al., 2013).

Em 2009, o governo brasileiro instituiu, a partir de compromisso assumido na Conferência das Partes (COP-15, Copenhague), um programa para diminuição voluntária das emissões de gases de efeito estufa gerados a partir da atividade agropecuária, denominado, Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Este programa disponibiliza crédito, dentre outros, para recuperação de 15 milhões de hectares com pastagens degradadas e para implantação de 4 milhões de hectares com sistemas de iLPF, até 2020, visando a melhoria da sustentabilidade da pecuária brasileira.

São estimados mais de 4 milhões de hectares ocupados com sistemas de integração no Brasil, sendo 70% com sistemas iLP, 15% com sistema silvipastoril (IPF), 10% com sistema iLPF e 5% com sistema silviagrícola (iLF) (WRUCK et al., 2015).

Estes sistemas estão distribuídos no país, sendo que 35% encontram-se em na região Centro-Oeste, 20% na região Sul, 20% na região Sudeste, 20% na região Norte e 5% na região Nordeste. Esses índices indicam a importância dos SIPAs com o cultivo de gramíneas forrageiras para a produção de ruminantes no país.

4. Unidades básicas de gramíneas

Um dossel de gramíneas forrageiras é composto por um conjunto de perfilhos, definidos como unidades modulares de seu crescimento (HODGSON, 1990). Os perfilhos são formados por folhas completamente expandidas e fotossinteticamente ativas, folhas em expansão que não atingiram sua capacidade total de fotossíntese, folhas que não emergiram, folhas senescentes, meristema apical, gemas axilares e, dependendo do tipo de perfilho, sistema radicular. Cada gema axilar apresenta potencial para desenvolver novo perfilho, sendo associado às condições ambientais e hormonais para que isto ocorra (MURPHY, BRISKE, 1992).

A produção da massa seca de forragem é estimulada por meio da energia luminosa interceptada pelo dossel forrageiro, sendo a capacidade de transformação de energia luminosa em tecidos vegetais dependente da eficiência fotossintética das folhas e características estruturais do dossel para interceptar a luz incidente (COOPER, WILSON, 1970). A estrutura do dossel afeta a exposição das folhas à luz, sendo necessário manter o dossel forrageiro com índice de área foliar elevado para assegurar a interceptação de luminosa e, ao mesmo tempo, manter uma eficiência fotossintética de folhas individuais, assegurando que folhas jovens sejam expostas o quanto antes à luz e que não sejam sombreadas por folhas velhas ou senescentes (HODGSON, 1990).

De acordo com Langer (1979), o perfilhamento é afetado pela disponibilidade de luz, água, temperatura e nutrientes, além do estágio de desenvolvimento da planta (reprodutivo ou vegetativo). Davies et al. (1983) demonstraram que uma quantidade maior de fotoassimilados era alocada para crescimento de perfilhos já existentes em relação àquela alocada para o desenvolvimento de novos perfilhos em plantas sombreadas.

Simultaneamente ao desenvolvimento e crescimento de novos perfilhos ocorre a perda de tecidos velhos por senescência e morte em perfilhos individuais (HODGSON, 1990). O conjunto de perfilhos associados ao padrão de perfilhamento (aparecimento,

mortalidade e sobrevivência), determina a produção da comunidade vegetal (DA SILVA, PEDREIRA, 1997). Em plantas sob pastejo, considera-se no balanço, o material consumido pelos animais, tornando o acúmulo de forragem o balanço líquido entre crescimento, consumo e perdas por senescência (BIRCHAM, HODGSON, 1983).

5. Forrageiras em SIPAs

Na recuperação de pastagens degradadas, com uso de agricultura, as culturas podem ser utilizadas apenas no momento inicial, em monocultivo ou consórcio com a forrageira que se pretende implantar, ou podem ser utilizadas em ciclos de dois ou mais anos, de acordo com os objetivos do sistema de produção, retornando, posteriormente, com a pastagem (ALMEIDA et al., 2015b). O uso de integração com lavouras intercalares melhora o condicionamento da fertilidade do solo e mantém a capacidade produtiva da pastagem em sucessão à cultura (MACEDO, 2001).

O benefício do uso das lavouras ocorre pelos resíduos culturais que permanecem na superfície do solo, os quais constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM et al., 2007), ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (OLIVEIRA et al., 2002). De acordo com Kluthcouski et al. (2005), o N que é disponibilizado às plantas provém da matéria orgânica do solo (MOS), da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica.

O cultivo consorciado de culturas anuais e gramíneas forrageiras perenes tem aspecto relevante quanto ao fato das gramíneas apresentarem lento acúmulo de biomassa durante o período em que as culturas anuais sofrem maior interferência por competição (COBUCCI; PORTELA, 2013; DOMINGUES, 2015).

De acordo com Macedo (2009), sistemas de iLP que utilizam a pastagem em sucessão à lavouras, em ciclos de 1:3 anos ou 4:4 anos de lavoura-pastagem, apresentam maior produção animal, com o adicional da produção de grãos, além dos efeitos positivos na qualidade do solo, demonstrando maior eficiência econômica que sistemas pecuários extensivos ou que fazem uso de adubação de manutenção e/ou leguminosas.

Por outro lado, somado ao observado em sistemas iLP, muitos estudos mostram os benefícios da integração de árvores e pastagens, como melhorias nas características microclimáticas (SILVA, 1994), qualidade do solo (CARVALHO et al., 2004), no bem-estar animal (GARCIA et al., 2011; SOUZA et al., 2010), na qualidade da forragem (CARVALO et al., 2002) e na mitigação de gases de efeito estufa (BALBINO et al., 2011), além da melhoria na beleza cênica da paisagem, ainda são limitadas as informações sobre o manejo das forrageiras em sistema de iLPF (ALMEIDA et al., 2012).

Plantas podem desenvolver estratégia de tolerância à sombra, que corresponde à aclimação fotossintética em resposta à baixa irradiação (PEARCY; SIMS, 1994) e /ou aumento da área foliar específica; ou a estratégia de fuga da sombra, que corresponde a otimização de alocação de suprimento de C para meristemas da parte aérea para redirecionar o posicionamento de nova área foliar nas camadas do dossel menos sombreadas por meio de aumento do alongamento dos entrenós, reduzindo razão folha:colmo e aumento da relação parte aérea:raiz (BALLARÉ et al., 1991).

Na escolha de forrageiras para uso em iLPF deve ser levado em consideração à capacidade de adaptação ao sombreamento proporcionado pelo componente arbóreo, que causará modificações morfofisiológicas e alterações no valor nutritivo da forragem. Presença de folhas e colmos mais longos, menor índice de área foliar (IAF) e maior área específica (AFE) são algumas modificações que permitem maior eficiência na captação de luz para compensar essa restrição (ALMEIDA et al., 2015). Nessas condições, as forrageiras também priorizam o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular, e apresentam menor perfilhamento e menor produtividade (DIAS-FILHO, 2000).

Quando sombreadas, as gramíneas forrageiras tendem a apresentar melhor valor nutritivo, com maior teor de proteína bruta, menor conteúdo de parede celular e, conseqüentemente, maior digestibilidade da matéria seca (PACIULLO et al., 2011).

6. Capim-marandu sob sombreamento

Macedo et al. (2013) estimam que 80 milhões de hectares do território nacional seja constituído por espécies forrageiras do gênero *Urochloa*, principalmente *U. decumbens* e *U. brizantha*. Essas áreas normalmente apresentam baixa longevidade

devido à baixa fertilidade natural do solo associada à alta taxa de lotação que levam ao processo de degradação poucos anos após o estabelecimento (CARVALHO et al., 2001).

Diversos autores classificam como média a tolerância da *U. brizantha* cv. Marandu ao sombreamento e recomendam esta forrageira para implantação de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris (COSTA; TOWNSEND, 2002; RIBASKI; RAKOCEVIC, 2002). O cultivo de *U. brizantha*, *Brachiaria miliiformis* e outras forrageiras, sob sombreamento artificial variando de 30 a 73%, resultou em plantas mais altas, havendo aumento significativo da altura do relvado com o decréscimo da intensidade luminosa (ERIKSEN, WHITNEY, 1981).

Em estudo sobre efeito de níveis de sombreamento em cultivares de *U. brizantha* (Piatã e Marandu), Santana (2013) concluiu que as cultivares foram tolerantes ao sombreamento, mas que a cultivar Marandu apresentou melhor desempenho sob sombreamento mais intenso (60%). Por outro lado, a relação folha:colmo da cultivar Marandu apresentou efeito negativo à redução de luminosidade. Andrade et al. (2004) verificaram que o capim-marandu apresentou diminuição de 60% na taxa de acúmulo de massa seca quando cultivada sob 70% sombreamento artificial.

Em sistema silvipastoril com eucalipto o capim-marandu apresentou aumento na massa de forragem e na produção animal em resposta às doses de N, de zero até 150 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ (BERNARDINO et al., 2011). Neste caso, as taxas de lotação aumentaram com a fertilização e a adubação nitrogenada se mostrou necessária para intensificar a produção animal no sub-bosque de eucalipto. Aranha (2016) avaliou a massa de forragem em sistema iLP e iLPF em duas densidades de árvores (196 e 448 árvores.ha⁻¹) e verificou que em maior densidade de árvores há redução da massa de forragem e que refletiu em menor taxa de lotação.

O crescimento e a alocação de biomassa de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. humidicola* foram avaliados, em plantas cultivadas em vasos, a pleno sol e a 70% de interceptação da luz solar por Dias-Filho et al. (2000). Os autores observaram que as espécies mostraram-se capazes de desenvolver rapidamente ajustes fenotípicos em resposta ao sombreamento, como aumento de área foliar específica e a razão de área foliar. As plantas sombreadas alocaram significativamente menos biomassa nas raízes e mais nas folhas que as plantas cultivadas a pleno sol. A alocação de biomassa no colmo

do capim-marandu foi maior que na *U. humidicola*. A taxa de alongamento foliar foi significativamente aumentada sob sombreamento em ambas espécies, no entanto, a diferença entre pleno sol e sombreamento foi maior em *U. brizantha*.

Na região dos Cerrados de Minas Gerais, Andrade et al. (2003) avaliaram o desempenho de seis gramíneas forrageiras (*U. brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. MG-4, *U. decumbens* cv. Basilisk, *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Melinis minutiflora* e *Hyparrhenia rufa*), consorciadas ou não com a leguminosa *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e *Eucalyptus* sp., em um sistema silvipastoril. Após dois ciclos de pastejo os autores verificaram redução da proporção da leguminosa no consórcio com todas as gramíneas, sendo mais evidente na integração com o capim-marandu e a braquiariinha (*U. decumbens*), onde a leguminosa quase desapareceu.

Soares et al. (2009) avaliaram o comportamento de 11 espécies forrageiras submetidas a vários níveis de luminosidade produzidos por árvores de *Pinus taeda* (céu aberto; 9 m entre linhas e 3 m entre árvores; e 15 m entre linhas e 3 m entre árvores). A produção de matéria seca foi afetada negativamente pelo sombreamento e o teor de proteína bruta (PB) foi maior nas parcelas sombreadas em relação ao pleno sol. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) não diferiu significativamente entre os níveis de luminosidade, embora a relação folha:colmo tenha sido maior na entrelinha do 9 × 3 em relação àquela a céu aberto. Os autores concluíram que as espécies forrageiras mais produtivas em ambiente silvipastoril são *Axonopus catharinensis* e *U. brizantha* cv. Marandu.

Os resultados obtidos na literatura indicam o potencial de uso da cultivar Marandu em condições de sombreamento em SIPA, porém, o manejo de pastagens em sistema de iLPF suscita uma série de dúvidas, em especial quando se trata de pastejo com lotação contínua nas áreas. Estudos neste sentido são necessários para que se possam estabelecer critérios eficientes para o manejo do pastejo em ambientes integrados (PACIULLO et al., 2014).

7. Eucalipto em SIPAs

Para a determinação do componente arbóreo a ser utilizado no sistema alguns aspectos importantes devem ser considerados. A árvore ideal para um SIPA deve apresentar crescimento inicial rápido, copa reduzida ou pouco densa, raízes profundas e

não apresentar efeitos negativos sobre os animais ou sobre as pastagens. De um modo geral, muitas espécies do gênero *Eucalyptus* sp. atendem tais requisitos (PACIULLO et al., 2007).

Nos sistemas de integração, as árvores crescem em associação com outras plantas (forrageiras e/ou grãos) e animais, havendo a interação destes componentes, podendo ocorrer efeitos positivos (favorecimento), neutros, ou negativos (competição), que dependem de diversos fatores ecológicos, incluindo variações no arranjo em aleias (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015). Entre as interações negativas podem ser citadas: Restrição de radiação solar para as plantas sob a sombra das árvores; restrição de radiação solar para a árvore imposta pelas plantas de lavoura ou de pasto; produção de substâncias que impedem o desenvolvimento, quer seja da árvore para com as plantas de lavoura ou de pasto, quer seja destas para com a árvore (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2007).

A arquitetura de copa é uma característica importante, dado que pode exercer maior ou menor interceptação da radiação solar (CARON et al., 2012) e da água das chuvas (BALIEIRO et al., 2007). Já a velocidade de crescimento das árvores determinará a entrada do gado na área, quando as mesmas apresentem porte suficiente para que os animais não as quebrem com seus corpos. As árvores suportam a presença do gado bovino adulto quando tiverem pelo menos 6 cm no diâmetro da altura do peito (DAP), a 1,30 m do solo (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012).

O crescimento dos componentes não arbóreos pode ser limitado pela restrição de luminosidade imposta pelas copas das árvores que, por sua vez, também necessitam de sua área fotossinteticamente ativa para crescer, a busca do equilíbrio entre o crescimento de todos os componentes pode ser uma tônica no manejo do sistema. Para minimizar o efeito do sombreamento sobre as forrageiras em sistemas com árvores deve-se considerar uma estrutura de copa pouco densa, maiores espaçamentos entre fileiras ou renques de árvores e disposição destes no sentido leste-oeste, quando possível, além de estratégias de desrama e desbaste durante o ciclo produtivo das árvores (ALMEIDA et al., 2015b).

O eucalipto, assim como as gramíneas tropicais, são plantas perenes com elevada eficiência de utilização de nutrientes e, portanto, produzem liteira com baixos teores de nutrientes, principalmente daqueles mais móveis, como o N e K (MACEDO et al., 2010). A baixa qualidade da liteira de sistemas agrossilvipastoris foi confirmada

por estudos de Andrade (2000), conduzidos em Vazante-MG, demonstrando a elevada relação C/N, C/P e Lignina/N.

Desconsiderando a importância econômica do eucalipto, seu uso em sistemas integrados não seria a melhor opção como componente arbóreo, já que não contribui para a melhoria da fertilidade do solo e, ainda, compete efetivamente com gramíneas associada aos fatores água e nutrientes (MACEDO et al., 2010). Porém, a elevada capacidade de produção da espécie mesmo em solos de menor fertilidade, torna a opção válida, podendo as interações negativas ser contornadas por meio de alternativas de aplicação anual de fertilizantes nitrogenados e incorporação de leguminosas ao sistema (ANDRADE et al., 2001).

O eucalipto permite incidência satisfatória de luz para o crescimento no sub-bosque, pois suas copas permitem passagem de luz para o crescimento de plantas forrageiras. A definição entre o espaçamento dos renques de árvores deve ser analisada para a implantação das integrações, para que, em condições satisfatória de nutrientes e água no solo, o fator luminosidade não interfira na produtividade das plantas forrageiras. Segundo Oliveira et al. (2003), no arranjo com linhas duplas os espaçamentos 2x3 ou 3x3 dentro da faixa de plantio são os mais usuais, podendo variar de 10 a 50 m entre os renques.

8. Interação de plantas e animais em SIPAs

A distribuição e o arranjo da parte aérea das plantas de uma comunidade são fatores responsáveis pela estrutura do pasto (LACA; LEMAIRE, 2000), e estes são influenciados pela competição por fatores ambientais, como luz, água, nutrientes, herbivoria etc. e suas interações. O manejo de pastagens deve ser visto como a construção de estrutura de pasto que otimize a colheita de forragem pelo animal em pastejo (CARVALHO et al., 2001; SILVA; CARVALHO, 2005).

É possível inferir sobre a qualidade do ambiente de pastejo pela observação do comportamento ingestivo dos animais. Altura da pastagem, densidade populacional de perfilhos, densidade volumétrica, distribuição da fitomassa por estrato, ângulo foliar, índice de área foliar, relação folha:colmo, material verde:material senescente, entre outros são características que descrevem a estrutura do dossel e, somados à fibrosidade das lâminas foliares e teor de matéria seca interferem no comportamento dos animais,

determinando as estratégias e mecanismos utilizados durante o pastejo (SARMENTO, 2003).

Em seu processo de alimentação, os herbívoros têm o desafio de se alimentarem de um recurso que é complexo e dinâmico no tempo e no espaço (CARVALHO; MORAES, 2005). O custo de aquisição de forragem (energia) é sempre contraposto ao benefício em obtê-la (PRACHE et al., 1998), e quando o balanço é positivo, a possibilidade de sucesso do animal aumenta (CARVALHO et al., 1999). Segundo Hodgson (1990) os animais respondem mais consistentemente a variações em altura do dossel que em massa de forragem. Stobbs (1973) afirmou que a densidade volumétrica da forragem parece ser o principal componente da estrutura do dossel a determinar a taxa de consumo em plantas forrageiras tropicais e não a altura (HODGSON et al., 1994).

Poppi et al. (1987) afirmaram que a ingestão de forragem é regida por fatores nutricionais, relacionados ao comportamento de pastejo, e não nutricionais, aqueles relacionados a aspectos inerentes à digestibilidade, composição química da forragem e fatores metabólicos. Sarmento (2003) complementa ainda que, considerando que os fatores não nutricionais sofrem influencia direta da estrutura do dossel forrageiro e da oferta de forragem, e as características bromatológicas inerentes às gramíneas forrageiras tropicais, dificilmente os fatores nutricionais determinam o consumo de forragem de animais em pastagem.

O processo de pastejo pode ser dividido em uma série de decisões em diferentes escalas espaço-temporais e é modulado pela estrutura e valor nutritivo da forragem disponível aos animais. Áreas de menor atratividade são menos exploradas, e uma condição de mosaico heterogêneo se estabelece na pastagem, normalmente interpretada como perda de forragem (CARVALHO et al., 2004).

O manejo do processo de pastejo, particularmente via definição de atributos do pasto a ele relacionados, tem avançado demonstrando a importância de se compreender os processos envolvidos na busca da forragem pelo animal em pastejo com vistas à otimização do uso do pasto (CARVALHO; MORAES, 2005).

Os animais têm ciclos rápidos de saciedade, apresentando refeições que podem durar apenas em torno de 40 minutos, chegando a 6-8 refeições ao longo do dia (SILVEIRA, 2001). Já em pastos mais altos, onde ocorre abundância de forragem,

maior será a quantidade dos intervalos entre as refeições e o tempo destinado para as outras atividades que não o pastejo (CARVALHO; MORAES, 2005). O tempo de pastejo diário é outra variável muito útil e indicadora das condições do pasto, sendo o tempo de pastejo de um animal no pasto raramente é inferior a 6 e superior a 12 horas (CARVALHO et al., 1999), e sempre concentrado no final da tarde. Kryls e Hess (1993) afirmaram que os animais realizam de 65 a 100 % de atividade de pastejo entre as 6 e 19 horas do dia. O tempo de pastejo reflete a facilidade de apreensão e remoção de forragem, sendo que os animais buscam eficiência do tempo de pastejo buscando bocados potenciais enquanto mastigam a forragem apreendida em bocados anteriores (PRACHE, 1997).

Condições ambientais podem diminuir o tempo de pastejo e o consumo, e são reconhecidas como um dos fatores mais importantes (não associados ao dossel) que afetam o comportamento de pastejo (SOLLENBERG et al., 2013). A implementação de sombra é uma das primeiras medidas usadas como modificação do ambiente para proteger o animal de um excessivo ganho de calor proveniente da radiação solar e, assim, diminuir o estresse calórico (EMERENCIANO NETO et al., 2013). Entretanto, aspectos comportamentais de animais em áreas de pastagens sob sombreamento são influenciadas pelas alterações de estrutura da forragem, ocasionadas pela alteração da qualidade e quantidade de luz irradiante, e pelas modificações microclimáticas do ambiente.

9. Fatores ambientais em SIPAs

Há crescente interesse no uso de SIPAs, porém, para implantação destes deve-se levar em consideração as modificações no ambiente. Mudanças na temperatura, radiação solar e umidade de solo influenciam o crescimento e desenvolvimento de espécies forrageiras, pois interferem em processos fisiológicos importantes como transpiração, fotossíntese e respiração.

Em SIPAs há diminuição da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) à medida que a luz penetra no perfil do sistema, podendo também a temperatura variar, favorecendo a formação de um microclima diferenciado para o crescimento e desenvolvimento da cultura anual no sub-bosque (PILAU, 2014). Desta forma, as

práticas de manejo adotadas devem ser orientadas por essas condições (RODRIGUES et al., 2012).

9.1 Radiação Solar

A radiação solar é um fator primordial para fotossíntese, e a quantidade de luz que chega ao sub-bosque de sistemas integrados com árvores depende de características tais como espaçamento e densidade arbórea, direcionamento da linha de plantio, seleção de espécies com copa pouco densa e manejo para diminuição da copa ou do número de árvores (ANDRADE et al., 2002). Nestes sistemas, além da redução da quantidade de radiação incidente, ocorrem mudanças nas características espectrais da luz solar, com aumento da radiação difusa, que por ser multidirecional, torna-se também eficiente, devido a melhor penetração no dossel vegetal. É importante considerar também que o nível de radiação solar que atinge o estrato herbáceo ao longo da evolução do sistema é dinâmico e mutável (LUCAS, 2004).

A qualidade da luz pode ter um papel crítico na determinação da emissão, desenvolvimento e sobrevivência de perfilhos (RUGGIERI et al., 2013). A luz modifica precocemente em comunidades de plantas (BALLARÉ et al., 1987) e, dessa forma, também podem ser modificadas precocemente, a emissão e a sobrevivência de novos perfilhos (RUGGIERI et al., 2013).

Em considerações feitas sobre a radiação solar em SIPAs, Macedo et al. (2010) afirmam que a radiação solar que atinge a superfície, chamada de radiação global, consiste em radiação direta e difusa e que a intensidade da radiação difusa depende da latitude, altitude, nebulosidade e da turbidez da atmosfera. Andrade et al. (2002) afirmam que na área próxima às fileiras das árvores é esperado encontrar níveis menores de transmissão de luz, aumentando gradativamente até atingir valor máximo na área central da entrelinha, porém isto é observado somente na época que o sol se encontra a 90° à superfície terrestre, no local avaliado. Sendo a angulação solar inferior a este valor, a maior parte da radiação solar será interceptada pela copa das árvores e a variação espacial da transmissão de luz ao sub-bosque será função do espaçamento e densidade, da altura das árvores e da arquitetura de suas copas.

A RFA no comprimento de onda de 400 a 700 nm do espectro visível, refere-se à energia radiante que excita as moléculas de clorofila e dá início ao fluxo de energia

requerida para a fotossíntese (FRISINA et al., 2003) e é referente a quantidade de fótons por unidade de área e de tempo que estão na faixa do visível ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). A RFA é interceptada em diferentes intensidades, dependendo da estrutura do dossel, que pode ser definida como a distribuição e arranjo dos componentes da parte aérea da planta dentro de uma comunidade (LACA; LEMAIRE, 2000). Mesmo em ambiente sombreado, a radiação global pode apresentar valores elevados, em função da sensibilidade na faixa do infravermelho do espectro visível, por exemplo, dispersa por radiação difusa e não interceptada pelas copas das árvores (MACEDO et al., 2010).

A adaptação das plantas a uma determinada condição de irradiância está ainda associada à quantidade de clorofilas e nitrogênio foliar, já que a luz é considerada como um dos principais fatores associados ao metabolismo envolvendo a clorofila. A clorofila encontra-se em constante processo de síntese e degradação (foto-oxidação). Sob radiações intensas, o processo degradativo ocorre de forma pronunciada, enquanto sob condições de sombreamento, as concentrações foliares de clorofilas tendem a aumentar (KRAMER; KOZLOWSKI, 2000; WHATLEY; WHATLEY, 1982; BRAND, 1997). Segundo TAIZ e ZEIGER (2004) folhas adaptadas à sombra possuem uma menor relação clorofila a/b do que as adaptadas ao sol. O aumento da proporção de clorofila b é uma característica importante de ambientes sombreados, porque esta capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila a, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa (SCALON et al., 2003).

Na literatura estão registrados efeitos variáveis da restrição ambiental de luz, dependendo tanto da espécie forrageira considerada como do nível de sombreamento imposto pelas espécies arbóreas associadas (SILVA et al., 2011). Em sistemas bem manejados a competição pode ser afetada somente na interface árvore-pastagem, no qual o grau de adaptação da forrageira à sombra determinará o povoamento sob a copa das árvores (FRANKES; FURTADO, 2001) e a luz disponível para o crescimento das forrageiras pode determinar o potencial de produção de forragem (ANDRADE et al., 2002).

Ao avaliar a produtividade de milho em sistemas agrossilvipastoris, Perin et al. (2011) verificaram aumento linear à medida que as linhas de milho se distanciaram das linhas de árvores. Esse padrão de resposta esteve intimamente ligado à oferta de luz nas

regiões do sub-bosque, evidenciando que a proximidade das árvores restringiu a disponibilidade de luz, provavelmente em decorrência da maior captação da radiação incidente pela copa das árvores e pela projeção de sua sombra de forma mais intensa nas regiões mais próximas ao caule, ao passo que a maior distância das árvores permitiu maior penetração de luz. Respostas semelhantes foram encontradas por Domingues (2015) ao avaliar produtividade de milho e capim-marandu integrados em sistema agrossilvipastoril com eucalipto.

Atrelado à interceptação de luz pelas árvores, com redução na oferta de luz, também ocorrem mudanças nos espectros da radiação. Ao avaliar a quantidade e qualidade espectral de luz em diferentes arranjos de sistemas silvipastoris Rodrigues (2012) verificou que as entrelinhas são mais ricas em radiação nos comprimentos de onda na faixa de 400-500 nm e que tal fato resultou em maiores produções de massa seca de forragem.

Diante das modificações espectrais e quantitativas da radiação impostas pelas árvores ou outras culturas, a escolha de espécies forrageiras tolerantes ou mediantemente tolerantes ao sombreamento é condição para o sucesso e sustentabilidade de sistemas integrados.

9.2 Temperatura

A temperatura é um fator abiótico determinante da distribuição e adaptabilidade das plantas, assim como, juntamente com a intensidade luminosa, responsável pelo crescimento, pelas taxas de aparecimento e duração de vida das folhas, por regular a atividade meristemática (RODRIGUES et al., 2012). A temperatura ótima para plantas de clima quente (regiões tropicais) encontra-se entre 30 e 35°C (BUXTON; FALES, 1994) e as oscilações da temperatura ambiental afetam a taxa de fotossíntese líquida, a taxa de desenvolvimento da área foliar e a produção de massa seca das pastagens (TAIZ; ZEIGER, 2009). Em estudo com *Lolium perene*, Alberda (1965) citado por Buxton e Fales (1994), verificaram que, em temperaturas abaixo do ótimo, houve acúmulo de açúcares solúveis, devido a menor sensibilidade à temperatura pela fotossíntese em comparação ao crescimento; e em temperatura acima do ótimo, a concentração de açúcares tendeu a cair.

A temperatura geralmente tem maior influência na qualidade da forragem que outros fatores ambientais por ter efeito marcante como catalisador de reações químicas e nos processos associados às membranas celulares, como concentração de vários constituintes da parede celular e ligações entre eles (BUXTON; FALES, 1994). O primeiro efeito da temperatura na qualidade da forragem é determinado pela taxa de desenvolvimento da planta, que influencia as proporções relativas de folhas e colmos.

Efeito secundário da temperatura é observado na alteração da morfologia ou tipo de tecido das folhas e colmos, exercendo maior efeito na digestibilidade que outra variável ambiental. A depressão da digestibilidade da matéria seca associado à elevadas temperaturas é atribuído pela maior concentração de constituintes da parede celular (BUXTON; FALES, 1994).

Temperaturas elevadas provocam maior aumento na respiração (consumo) que na produção (fotossíntese), o que implica na redução de acúmulo e/ou do nível de reservas das plantas. Contrariamente, baixas temperaturas, baixa disponibilidade hídrica e de nitrogênio, provocam maior redução no crescimento e respiração que no processo fotossintético, provocando assim maior acúmulo de reservas (RODRIGUES et al., 2012).

A sombra das árvores pode reduzir os extremos de temperaturas diárias para gramíneas forrageiras, assim reduzindo custos metabólicos de adaptação às condições extremas (FELDHAKE, 2001). Porfírio et al. (1998), no noroeste paranaense, registraram temperaturas do ar mais elevadas em até 2°C na posição sob as copas de renques arbóreos em noites de inverno, e os valores de temperatura do ar atingiram até 8°C de diferença entre as posições sombreadas e ensolaradas. Segundo Caramori et al. (1999), o dossel formado pelas árvores diminui as perdas noturnas de radiação interferindo nos valores de temperatura mínima, com menores perdas de calor noturno. Assim, em noites com geadas, as temperaturas das folhas das plantas protegidas podem permanecer entre 1 e 4°C superiores em relação ao ambiente externo, totalmente exposto a céu aberto.

A temperatura da superfície do solo também tem efeito sobre os processos fisiológicos de muitas espécies forrageiras, podendo influenciar a taxa de crescimento e persistência da forragem (FELDHAKE et al., 1996). Em condições de campo, estresse

por altas temperaturas frequentemente ocorrem juntamente com estresse hídrico, dificultando a separação desses efeitos (BUXTON; FALES, 1994).

9.3 Umidade

A competição por água entre plantas individuais dentro de uma população é amplamente dirigida pela competição por luz (RUGGIERI et al., 2013). A água, além de ser fonte de crescimento para as plantas, é também um meio de dissipar o excesso de energia solar recebida pelas folhas para evitar o excesso de temperatura e a dessecação de tecidos da planta (LEMAIRE, 2001).

Estresse por falta de água é a maior limitação para produção de forragem, sendo que a ausência de água afeta muitas reações enzimáticas, além de que o déficit de água interfere no alargamento de células (BUXTON; FALES, 1994). Quase toda a água em plantas forrageiras vem do solo através de seus sistemas radiculares e a presença de árvores com raízes absorventes próximas à superfície do solo exercem forte competição por água e nutrientes com plantas do extrato herbáceo. Com esta preocupação, muitos estudos avaliaram a umidade do solo como resposta da competição árvore e forrageiras e não foram observados efeitos negativos deste parâmetro (FELDHAKE, 2001; MENEZES et al., 2002; BUERGLER et al., 2004).

O microclima criado sob as árvores e/ou em seus arredores, favorece a retenção de umidade e o enriquecimento de nutrientes, que se refletem no prolongamento da disponibilidade de forragem verde (SILVA, 1994). Smith (1942) observou que raízes de nogueiras negras eram ausentes na camada superior do solo, favorecendo a umidade do solo quando comparada ao pleno sol em mesma profundidade, contribuindo para a absorção de água pela forrageira.

Em uma revisão sobre parâmetros ambientais em relação à qualidade de plantas forrageiras, Buxton e Fales (1994) afirmam que as taxas fotossintéticas são menos afetadas pelo déficit hídrico que as taxas de respiração e crescimento, causando aumento na concentração de carboidratos não estruturais. Esse acúmulo de carboidratos não estruturais e de nitrogênio favorece a velocidade de rebrota quando o estresse é aliviado, como por exemplo no período de transição do inverno e primavera. Os mesmos autores alegam que a seca causa atraso na maturidade, reduzindo a brotação e aumentando a relação folha:colmo das plantas forrageiras e que o déficit hídrico pode

reduzir a concentração de parede celular, possibilitando melhores teores de digestibilidade.

A importância da água é ainda atribuída em condições de competição por nutrientes, que dependem da arquitetura radicular e/ou das propriedades de absorção dos tecidos radiculares (LEMAIRE, 2001). A absorção de nutrientes do solo pelas raízes das plantas está diretamente relacionada com a competição por luz, bem como a absorção de água pelas raízes, indicando que qualquer sucesso em um tipo de competição reforça a chance de sucesso no outro (RUGGIERI et al., 2013).

10. Objetivos

Diante das considerações abordadas no presente capítulo, foram analisadas as hipóteses de que a presença de árvores em distintas densidades de árvores alteram o valor alimentício do capim-marandu e comportamento de novilhos nelore em pastejo em SIPAs. Os resultados obtidos nos experimentos realizados são apresentados em forma de capítulos.

O capítulo 2, intitulado: “Capim-marandu sob lotação contínua em sistemas integrados de produção agropecuária” teve como objetivo avaliar as alterações de massa, composição morfológica e valor nutritivo de lâminas foliares de capim-marandu em sistemas integrados de produção agropecuária. Este trabalho está apresentado de acordo com as normas de submissão para publicação da Revista Brasileira de Zootecnia.

O capítulo 3, intitulado “Comportamento diurno de novilhos Nelore em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária” foi avaliar a estrutura de forragem, valor nutritivo de lâminas foliares de *Urochloa brizantha* cv. Marandu e comportamento diurno de novilhos Nelore em sistemas integrados de produção agropecuária no primeiro ano de pastagem pastejada. Este trabalho está apresentado de acordo com as normas de submissão para publicação da Revista Brasileira de Zootecnia.

Finalizando o trabalho, no capítulo 4 são apresentadas as implicações pertinentes ao conjunto de resultados observados.

11. Referências

ALMEIDA, R.G.; BARBOSA, R.A.; ZIMMER, A.H. et al. Forrageiras e, sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAD, D.J. (Ed). **Sistemas de Integração: A produção sustentável**. Brasília, DF. Embrapa. p.87-94. 2015.

ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; et al. Sistemas mistos como alternativa para intensificação da produção animal em pastagens: integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta. In: SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. (Eds). **Sistemas de produção, intensificação e sustentabilidade da produção animal**. Piracicaba, FEALQ, 2015.

ALMEIDA, R.G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7, 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 2010. p. 1-10. 1 CD-ROM.

ANDRADE, C.M.S. **Estudo de um sistema agrossilvipastoril, constituído por Eucalyptus urophylla S. T. BLAKE e Panicum maximu JACQ. Cv. Tânzânia, na região dos cerrados de Minas Gerais, Brasil**. 2000. 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

ANDRADE, C.M.S., DE GARCIA, R., COUTO, L. et al. Fatores limitantes no crescimento de Panicum maximum cv. Tanzania-1 em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto no cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2001.

ANDRADE, C.M.S. de; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Transmissão de luz em sistemas silvipastoris com eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.1, p.19-23, 2002.

ANDRADE, C.M.S., GARCIA, R., COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o Stylosanthes guianensis cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003 (Supl. 2).

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.

ARANHA, A.S. **Desempenho e bem estar de bovinos nelore na fase de recria mantidos em sistemas integrados de produção agropecuária**. 2016. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena - SP, 2016.

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.i-xii, 2011.

BALBINOT Jr., A.A., MORAES, A.; VEIGA, M. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1925-1933, 2009.

BALIEIRO, F. de C.; FRANCO, A.A.; FONTES, R.L.F. et al. Evaluation of the throughfall and stemflow nutrient contents in mixed and pure plantations of acacia mangium, pseudomonea guachapele and eucalyptus grandis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.339-346, 2007.

BALLARÉ, C.L.; SÁNCHEZ, R.A.; SCOPEL, A.L. et al. Early detection of neighbour plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. **Plant Cell and Environment**, v.10, p. 551-557, 1987.

BALLARÉ, C.L.; SCOPEL, A.L.; SÁNCHEZ, R.A. Photocontrol of stem elongation in plant neighbourhoods: effects of photon fluence rate under natural conditions of radiation. **Plant Cell Environment**, v.14, p.57-65, 1991.

BERNARDINO, F.S., TONUCCI, R.G., GARCIA, R. et al. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1412-1419, 2011.

BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed sward under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v. 38, n.4, p.323-331, 1983.

BRAND, M.H. Shade influences plant growth, leaf color and chlorophyll content of *Kalmia latifolia* L. cultivars. *Hort Science*, v.32, n.2, p.206-208, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brasil tem o equivalente a duas França em áreas degradadas**, diz Ministério do Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <http://ipevs.org.br/blog/?p=10251>. Acesso em: 28/01/2015.

BUERGLER, A.; FIKE, J.; BURGER, J. et al. Forage production and nutritive value within a temperate silvopasture system. In: World Congress of Agroforestry, 2004, Orlando. **Abstract...** Orlando, 2004. P.111.

BUXTON, D.R., FALES, S.L. Plant environment and quality. in: G.C. Fahey Jr. et al, (Ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. **American Society of Agronomy**, Madison, WI; 1994:155-199.

CARAMORI, P.H., LEAL, A.C., MORAIS, H. Temporary shading of young coffee plantations with pigeonpea (*Cajanus cajan*) for frost protection in southern Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria: v.7, n.2, p.1-4, 1999.

CARON, B.O.; LAMEGO, F.P.; SOUZA, V.Q. et al, R. Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo das plantas daninhas. **Ciência Rural** [online]. 2012, vol.42, n.1, pp. 75-82.

CARVALHO, P.C.F., RIBEIRO FILHO, H.M.N., POLI, C.H.E.C. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: MATTOS, W.R.S. (Org.). A produção animal na visão dos brasileiros. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** Piracicaba, 2001, v. 1, p. 853-871. 2001

CARVALHO, M.M.; XAVIER, D.F.; ALVIM, M.J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In: **Sistemas Agroflorestais Pecuários: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. EmbrapaGado de Leite. Juiz de Fora, 2001. p 189-204.

CARVALHO, T.B. de; ZEN, S. de; TAVARES, E.C.N. Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 47, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER. 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/571.pdf>> Acesso em: 03/06/ 2016.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; XAVIER, D.F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.717-722, 2002.

CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I. et al. **Integração lavoura-pecuária: como aumentar a rentabilidade, otimizar o uso da terra e minimizar os riscos**. In: PATINO, H. O.; BERNADÁ, M. H. G.; MEDEIROS, F. S. (ORG.). II Simpósio da carne bovina: integração lavoura pecuária. Porto Alegre, 2004, v. 1, p. 6-36.

CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. de. Comportamento ingestivo de Ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto. In: Ulysses Cecato; Clóves Cabreira Jobim. (Org.). **Manejo Sustentável em Pastagem**. Maringá-PR: UEM, 2005, v. 1, p. 1-20.

CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; PONTES, L.S. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária **Revista Ciência Agronômica**. Vol.45 no.5, Fortaleza, 2014.

CARVALHO, P.C.F., CANTO, M.W.; MORAES, A. Fontes de perdas de forragem sob pastejo: forragem se perde? In: Pereira, O. G. et al. (Org.). **Manejo Estratégico da Pastagem**. 1 ed. Viçosa, 2004, v. 1, p. 387-41.

CARVALHO, P.C.F., PRACHE, S., DAMASCENO, J.C. O Processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: Penz Junior, A.M., Afonso, L.O.B.; Wassermann, G.J. (Org.). Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Porto Alegre, 1999, v. 36, p. 253-268. 1999.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39:1153-1155, 2004.

CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária Brasileira. Startups ganham força na agricultura. 2016. Disponível em <<http://www.cnabrazil.org.br/noticias/startups-ganham-forca-na-agricultura>>. Acesso em 23/01/2017.

COBUCCI, T.; PORTELA, C.M. Manejo de herbicida no Sistema Santa Fé e na braquiária como fonte de cobertura morta. In: KLUTHCOUSKI, J. STONE, L.F. AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. P. 444-58.

COOPER, J.P., WILSON, D. Variation in photosynthetic rate in Lolium. In: International Grassland Congress, Surfers Paradise, 1970. **Precedings**. Santa Lucia: University of Queensland Press, 1970. p. 522-527.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C.R. Desempenho agrônômico de gramíneas forrageiras tropicais sob sombreamento de eucaliptos na Amazônia Ocidental. In: Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais: sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. CD-ROM.

DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: Simpósio sobre ecossistemas de pastagens, 3, Jaboticabal, 1997. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP, 1997, p. 1-62.

DAVIES, A.; EVANS, M.E.; EXLEY, J.K. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. **Journal of Agricultural Science**, v.101, p.131-137, 1983.

DIAS-FILHO, M. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2335-2341, 2000.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Documentos 402. Maio, 2014. Belém, 2014.

DOMINGUES, M.S. **Produtividade da forragem de milho e capim-marandu integrados em sistema agrossilvipastoril com eucalipto**. 2015. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena - SP, 2015.

EMERENCIANO NETO, J.V.; DIFANTE, G. dos S.; MONTAGNER, D.B. et al. Características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 962-973, 2013.

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

FAO. An international consultation on integrated crop-livestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification. **Integrated Crop Management**, v. 13, 64p., 2010.

FELDHAKÉ, C.M.; GLENN, D.M.; PETERSON, D.L. Pasture soil surface temperature response to drought. Madison, WI, **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.652-656, 1996.

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

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems - an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FRANKE, I.L.L.; FURTADO, S.C. **Sistemas Silvopastoris: fundamentos e aplicabilidade**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51p. (Embrapa Acre. Documentos, 74).

FRISINA, V.A., ESCOBEDO, J.F.; GOMES, E.N. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em estufa de polietileno. In Proceedings of the 3. Encontro de Energia no Meio Rural, 2000, Campinas (SP, Brazil) [online]. 2003.

GARCIA, A.R.; MATOS, L.B.; LOURENÇO JÚNIOR, J. de B. et al. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1409-1414, 2011.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. (CD-ROM).

HODGSON, J. **Grazing management: Science into practice**. Longman Scientific and Technical, Longman Group, London, UK, 1990.

HODGSON, J. CLARK, D.A., MITCHELL, R.J. Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. In: FAHEY, G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Based on the National conference on Forage Quality, Lincoln: American Society of Agronomy. 1994. p.796-827.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2015. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias>. Acesso em: 03/06/2016.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006 – Resultados preliminares**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. p.146.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A.R. ; TEIXEIRA, S.M. et al. Renovação de pastagem do cerrado com arroz. 1- Sistema Barreirão. Goiânia-GO: EMBRAPA-CNPAP; 20p. Documentos, 33, 1991.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H. et al. Sistema Santa Fé -Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p.(Embrapa Arroz e Feijão, Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M. et al. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 63p. 2005. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 188).

KRAMER, P.J.; KOSLOWSKI, T. Physiology of woods plants. New York: Academic, 1979. 811 p. - LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Ed. Rima, 2000, 531 p.

KRYSL, L.J.; HESS, B.W. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2546-2555, 1993.

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: MANNETJE, L.; JONES, R.M. (Eds.) **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CABI Publication, 2000. p.103-121.

LANGER, R. H. M. Tillering. In: LANGER, R. H. M. (Ed.). **How grasses grow**. London: Edward Arnold, 1979, cap. 5, p. 19-25.

LEMAIRE, G. Ecophysiological of Grasslands: Dynamics aspects of forage plant population in grazed sward. In: International Grassland Congress, XIX. **Proceedings...** São Pedro-SP, Brazil. 2001, p.29-37.

LUCAS, N.M. **Desempenho animal em sistema silvipastoril com acácia-negra (Acacia mearnsii De Wild.) e rendimento de matéria seca de cultivares de Panicum maximum Jacq. sob dois regimes de luz solar**. 2004. Tese (Doutorado em Zootecnia – Plantas Forrageiras) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

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

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria-Tec-Fértil, p. 158-181, 2013.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para a sustentabilidade da produção animal. In: Simpósio sobre manejo da Pastagem, 18, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 2001. P. 257-83.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38 p. 133-46, 2009 (supl. especial).

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa de agricultura conservacionista para os diferentes biomas brasileiros. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18, 2010, Teresina. Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte; UFPI, 2010. 34 p. 1 CD-ROM.

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H.; ELLIOT, E.T. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v.56, p.27-38, 2002.

MURPHY, J.S.; BRISKE, D.D. Regulation of tillering by apical dominance – chronology, interpretive value, and current perspectives. **Journal of Range management**, v. 45, n.5, p.419-429, 1992.

OLIVEIRA, T.K., CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1079-1087, 2002.

OLIVEIRA, T.K. de; FURTADO, F.C.; ANDRADE, C.M.S. et al. **Sugestões para implantação de sistemas silvipastoris**. EMBRAPA ACRE – Rio Branco – AC. 2003. 28p (Documento, 84) il. ISSN 0104 – 9046.

PACIULLO, D.S.C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; CARVALHO, M.M. et al. Arranjos e modelos de sistemas silvipastoris. In: FERNANDES, E.N.; PACIULLO, D.S.; CASTRO, C.R.T. de et al. (Ed.). **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. 13-50, 2007.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1176-1183, out. 2011.

PACIULLO, D.S.C.; FERNANDES, P.B.; GOMIDE, C.A.M. et al. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.02, p.270-276, 2011b.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; MÜLLER, M.D. et al. Potencial de produção e utilização de forragem em sistemas silvipastoris. In: PEDREIRA, B.C.; PEREIRA, D.H.; PINA, D.S. et al. (Eds). **Intensificação da produção animal em pastagens: Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada**. Embrapa: Brasília, 2014./

PEARCY, R.W.; SIMS, D.A. Photosynthetic acclimation to changing light environment: scaling from the leaf to the whole plant. In: CALDWELL, M.M.; PEARCY, R.W. (Eds.) **Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants: Ecophysiological Processes Above and Below-ground**. Academic Press, San Diego, 1994, p.145-174.

PERIN, R.; SOUZA, J.N.; MORAIS, R.R. et al. Efeito do sombreamento na produtividade de milho em sistemas agrossilvipastoris. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA : SBSAF : Embrapa Amazônia Oriental: UFRA : CEPLAC : EMATER : ICRAF, 2011. 1 CD-ROM.

PILAU, J. **Efeito do sombreamento na produção de matéria seca, valor nutritivo, morfologia e anatomia de azevém em sistemas agroflorestais.** 2014. 95f. Dissertação Agronomia – Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2014.

POPPI, D.P.; HUGHES, J.P.; L'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A. M. ed. **Feeding livestock on pasture.** New Zealand Soc. An. Prod., Occasional Publication n. 10, p. 55-63, 1987.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Arborização de Pastagem e bem estar animal: Melhoria do ambiente e garantia da produtividade.** Artigo bem estar animal, feed&food mar/abril 2007. Disponível em <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/arv-animal.pdf>> acesso em 23/01/2017.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; VIEIRA, A.R.R.; CARAMORI, P.H. et al. Sombras e ventos em sistema silvipastoril no noroeste do estado do Paraná. In: Congresso Brasileiro em Sistemas Agroflorestais, 2., 1998, Belém. **Resumos...** Belém: Embrapa, CPATU, 1998. p.215-218.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Ecologia e manejo em sistema silvipastoril. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIL NA AMÉRICA DO SUL, 2. Juiz de Fora, 6 e 7 de novembro de 2007. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. CD ROM

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MOLETTA, J.L. et al. Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo. v.32, n.70, p. 67-76, abr/jun. 2012.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Ideótipo de espécie arbórea para Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: LAURA, V.A.; ALVES, F.V.; ALMEIDA, R.G. (Eds.) **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável.** Brasília: Embrapa, 2015. 135-148.

PRACHES, S. Intake rate, intake per bite and time per bite of lactating ewes on vegetative and reproductive swards. *Applied Animal Behavior Science*, v. 52, p.53-64, 1997.

PRACHE, S., GORDON, I.J., ROOK, A.J. Foraging behavior and diet selection in domestic herbivores. *Annales de Zootechnie*, v.47, p.335-345, 1998.

RIBASKI, J.; RAKOCEVIC, M. Disponibilidade e qualidade da forragem de braquiária (*Brachiaria brizantha*) em um sistema silvipastoril com eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) no noroeste do Estado do Paraná. In: Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais:

sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. CD-ROM.

RODRIGUES, O.; FONTANELI, R.S.; COSTENARO, E.R. et al. Bases fisiológicas para o manejo de forrageiras. In: Fontaneli, R.S.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. (Eds.). **Forrageiras para Integração Lavoura-pecuária-floresta na região Sul do Brasil**. 2 ed. - Brasília, DF: Embrapa, 2012.

RODRIGUES, C.O.D. **Relações luminosas e desempenho do capim-braquiária em sistema agrossilvipastoril**. 2012. 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, 2012.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J.S.S. et al. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milho após a dessecação química. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1169-1175, 2007.

RUGGIERI, A. C.; GALZERANO, L.; LADEIRA DA SILVA, W. Interação entre Plantas em Ambientes de Pastagens, p. 53-68. In: REIS, R. A., BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA G. R. (Ed.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013.

RYSCHAWY, J.; CHOISIS, N.; CHOISIS, J. P. et al. Mixed crop-livestock systems: An economic and environmental-friendly way of farming? **Animal**, v. 6, p. 1722-1730, 2012.

SALTON, J. C.; MERCANTE F. M.; TOMAZI M. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SANDERSON, M.A.; MERCANTE, F.M.; TOMAZI, M. et al. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop - livestock systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 28, p. 129-144, 2013.

SANTANA, E.A.R. **Desempenho e composição morfológica de duas cultivares de Brachiaria brizantha submetidas a intensidades luminosas**. 2013. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu. 2013. 62.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o nível de fertilidade do solo após cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.25, p.645-653, 2001.

SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação contínua**. 2003. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; RIGONI, M.R. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SILVA, C.C.M.F.; ROSSIELLO, R.O.P.; PACIULLO, D.S.C.; et al. Atributos Morfofisiológicos e Fitomassa de *Brachiaria Decumbens* em um Sistema Silvipastoril. **Revista de Ciências da Vida**, v.31, n.2, p.87-95, 2011.

SILVA, S.C., CARVALHO, P.C.F. Foraging behaviour and intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: McGilloway, D.A. (Ed.) **Grassland: a global resource**. Wageningen Academic Publishers, p.81-95. 2005

SILVA, V.P. Sistema Silvipastoril (Grevílea+Pastagem: uma proposição para o aumento da produção no arenito Caiuá. In: Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo, PR: Embrapa/CNPFFlorestas, 1994, v.2, p.291-297.

SILVEIRA, E.O. **Comportamento ingestivo e produção de cordeiros em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado a diferentes alturas**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre. 2001. 234.

SMITH, R.M. Some effects of black locusts and black walnut on southeastern Ohio pastures. **Soil Science**, Philadelphia, v.53, p.385-398, 1942.

SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.443-451, 2009.

SOLLENBERGER, L.; COLEMAN, S.W. VENDRAMINI, J.M.B. As Interações entre Plantas e Herbívoros em Pastagem. P. 69-79. In: Reis, R. A., Bernardes, T. F.; Siqueira G. R. (Ed.). *Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013.

SOUZA, W. de; BARBOSA, R.R.; MARQUES, J.A.; et al. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.677-684, 2010.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pasture. II- Differences in sward structure, nutritive value and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.24, p.821-829, 1973.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição, Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.edição Porto Alegre: Artmed Editora, 2009. 819p.

TORRES JUNIOR, A. de M.; AGUIAR, G. A. M. Pecuária de corte no Brasil – potencial e resultados econômicos. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA - TEC - FÉRTIL, 1., 2013, Ribeirão Preto. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 9-14.

WHATLEY, F.H.; WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas: temas de biologia**. São Paulo: EDUSP, 1982. v.30, 101 p.

WRIGHT, I. A.; TARAWALI S. BLÜMMEL, M. et al. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 1010-1015, 2012.

WRUCK, F.J. BEHLING, M.; ANTONIO, D.B.A. Sistemas Integrados em Mato Grosso e Goiás. In: ALVES, F.V. et al. (Eds). **Sistemas Agroflorestais: A agropecuária Sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. P.169-94.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.11, n.1, p. 10-30. 2004

ZIMMER, A.H.; ALMEIDA, R.G.; BUNGENSTAB, D.J. et al. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável. In: VII Congresso Latino Americano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Animal Sustentável, 2012. Belém. **Anais...** Belém, 2012.

CAPÍTULO 2

Capim-marandu sob lotação contínua em sistemas integrados de produção agropecuária

RESUMO – O uso de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) é opção de melhor uso da terra, visando recuperação de áreas degradadas e aumento de índices produtivos. O objetivo do presente estudo foi verificar as alterações de massa, composição morfológica e valor nutritivo de lâminas foliares de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em SIPAs nas estações do ano. Os tratamentos (sistemas) avaliados foram: integração lavoura-pecuária (ILP), lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores de eucalipto ha⁻¹ (ILPF-1); e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 448 árvores de eucalipto ha⁻¹ (ILPF-2). Foi utilizado um delineamento experimental de blocos completos, com três tratamentos, quatro estações do ano e quatro repetições. O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua, com taxa de lotação variável. Avaliações agronômicas e de valor nutritivo da pastagem foram realizadas a cada 28 dias. Massa de forragem e matéria seca foi maior na ILP, enquanto a proteína bruta foi maior nos sistemas ILPFs. As variáveis avaliadas foram influenciadas pelas estações do ano. A densidade de árvores não alterou a composição morfológica e bromatológica entre os sistemas ILPF-1 e ILPF-2.

Palavras-chave: composição bromatológica; digestibilidade; lavoura-pecuária-floresta; relação folha:colmo.

Introdução

Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) são alternativas para melhorar índices produtivos, pois superam as imposições negativas da pecuária, como baixa oferta e qualidade de forragem, aumentando a sustentabilidade da produção agropecuária (Kichel et al., 2014).

Dentro dos SIPAs, o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) resulta do consórcio, rotação ou sucessão de culturas anuais com plantas forrageiras, semeadas simultaneamente às lavouras e, formação do pasto após a colheita da cultura, diminuindo a degradação química, física e biológica do solo, apresentando-se como ação para reduzir as áreas de pastagens degradadas (Macedo, 2009). Já os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) integram os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área (Balbino et al., 2011), sendo ferramenta diferencial de manejo em áreas onde as condições climáticas podem gerar estresse calórico ao animal, além de agregar renda pela inserção de nova cultura.

Nestes sistemas ocorrem competições por recursos de crescimento entre as plantas, sendo a competição por luz um fator importante no rendimento e qualidade das forrageiras (Buxton e Fales, 1994), resultando em modificações morfofisiológicas ao dossel forrageiro quando submetido ao sombreamento (Paciullo et al., 2008; Gobbi et al., 2009).

A incidência de radiação solar no sub-bosque está relacionada à densidade arbórea, existindo um estreito vínculo entre alta densidade de árvores, idade do povoamento e a baixa produção de forragem (Aguiar et al., 2016). Nesse sentido, a escolha de espécies adaptadas ao sombreamento deve considerar a capacidade competitiva e aclimação ao sombreamento, sendo este um dos requisitos para o sucesso dos SIPAs (Martuscello et al., 2009).

Dentre as espécies forrageiras utilizadas, a *Urochloa brizantha* cultivar Marandu tem apresentado adaptação ao sombreamento (Andrade et al., 2004; Martuscello et al., 2009), sendo recomendada para uso em SIPAs (Moreira et al., 2009; Soares et al., 2009;

Sousa et al., 2010). Porém, o conhecimento sobre o manejo de pastagens em sistema ILPF ainda é insuficiente, em particular quando se trata de lotação contínua nas áreas sob sombreamento.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a massa de forragem, composição morfológica do capim-marandu e valor nutritivo de suas lâminas foliares em primeiro ano sob pastejo com lotação contínua e taxa de lotação variável em três sistemas integrados de produção agropecuária.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Regional do Extremo Oeste, Andradina - SP. As coordenadas geográficas são 20°53'38" de latitude sul, 51°23'1" de longitude oeste, e 400 m de altitude. O clima predominante na região é o Aw segundo Koppen. Os dados climáticos da área experimental foram coletados em estação meteorológica, localizada cerca de 2 km do local do experimento (Figura 1A). A radiação global foi obtida por meio de dados diários coletados pela estação Automática de Três Lagoas-MS (W51S21(E)-SP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distante, aproximadamente, 40 km da cidade de Andradina-SP e o balanço hídrico foi calculado usando a temperatura média e precipitação mensal acumulada (Figura 1B) sendo a capacidade de armazenamento de água no solo utilizada de 75 mm (Thorntwaite e Mather, 1955).

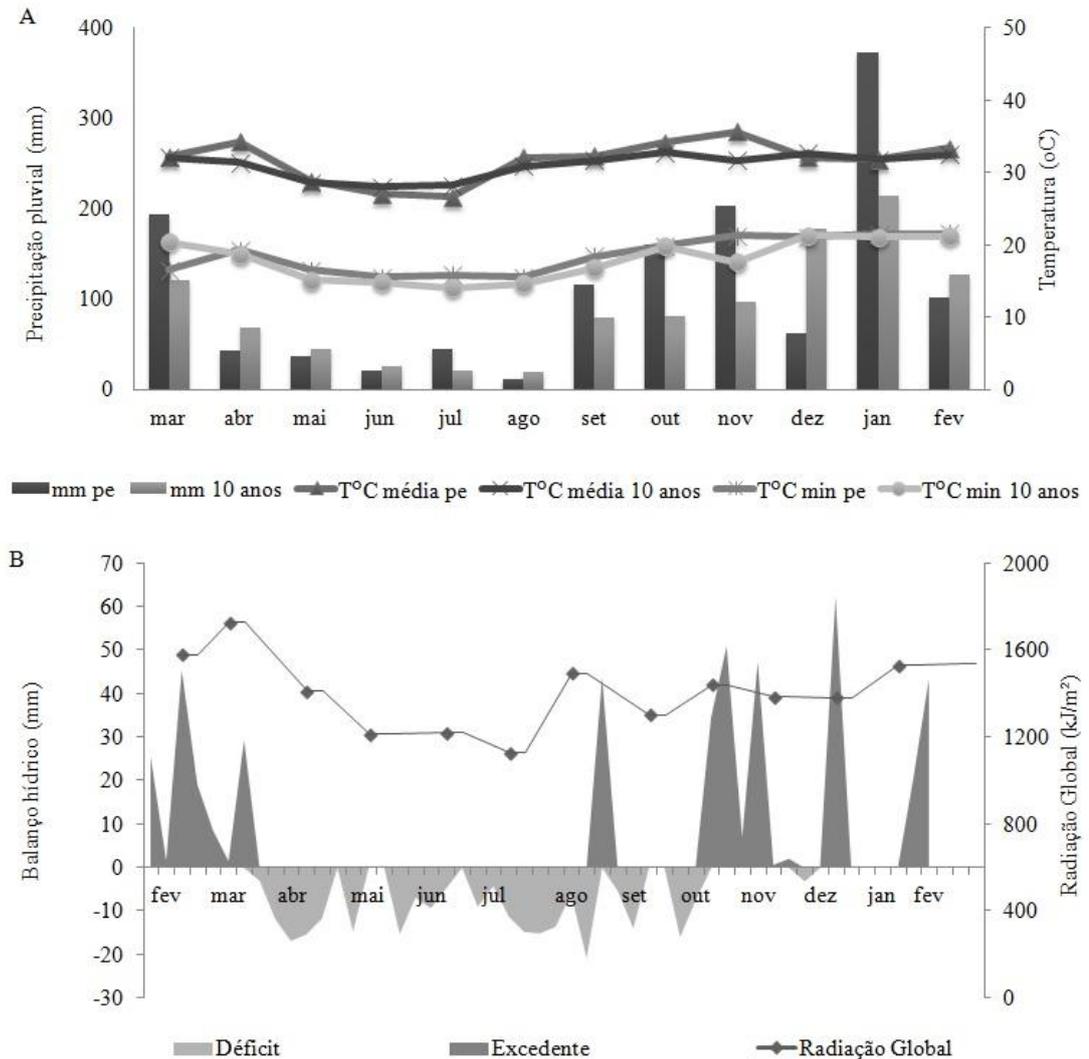


Figura 1. A) Médias climáticas dos últimos 10 anos e médias climáticas referentes ao período experimental (pe) e B) Radiação global e balanço hídrico mensal para a região de Andradina, SP, (março de 2015 a fevereiro de 2016), estação meteorológica APTA, Andradina-SP.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa, 2013) com camada superficial arenosa e declividade média do terreno de 6%. Em julho de 2012, o solo da área foi corrigido baseada nas análises químicas (0-20 cm), que apresentava os seguintes atributos: pH (CaCl₂) 4,8; M.O. 16 g dm⁻³; P (resina) 3 mg dm⁻³; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e H+Al 1,9; 7; 5 e 20 mmolc dm⁻³,

respectivamente, $S-SO_4^{2-}$ 1 mg dm^{-3} e V% (saturação por bases) de 42%. Os teores de argila, silte e areia foram de 107; 113 e 780 g kg^{-1} , respectivamente. Foi aplicado a lanço e incorporado o calcário dolomítico (PRNT 80%) na quantidade média de 1200 kg ha^{-1} para elevação da saturação por bases a 70% e gesso agrícola em área total na quantidade de 600 kg ha^{-1} visando fornecimento de enxofre às culturas, conforme recomendação do Boletim 100 (van Raij et al., 1997) para o Estado de São Paulo. No preparo de solo foram realizados terraceamento, gradagem aradora, aração e gradagem niveladora.

Os tratamentos corresponderam a três sistemas de integrados de produção agropecuária (SIPAs): Integração lavoura-pecuária (ILP); Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-1), com árvores de eucalipto plantadas em linhas simples, com distâncias entre linhas de 17 a 21 m e 2 m entre plantas e densidade de $196 \text{ árvores ha}^{-1}$; Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-2), com árvores de eucalipto plantadas em linhas triplas, com distâncias entre linhas, plantas e renques de 3, 2 e 17 a 21m, respectivamente, e densidade de $448 \text{ árvores ha}^{-1}$. A área total do experimento correspondeu a 24 ha.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos, devido à desuniformidade da área em relação ao declive e fertilidade de solo, com três tratamentos (um piquete para cada sistema), e quatro estações (outono, inverno, primavera e verão) e quatro repetições, sendo os piquetes as unidades experimentais, com área aproximada de 2 ha cada.

A implantação dos sistemas foi realizada de acordo com o descrito por Domingues (2015). Foi utilizado nos sistemas ILPFs o híbrido comercial I-224 de

Eucalyptus urograndis, com perfil para produção de celulose. As árvores foram estabelecidas no período de novembro de 2012 a março de 2013 por meio de plantio manual das mudas, acompanhando as curvas de nível presentes na área (Porfírio-da-Silva et al., 2010). Na adubação de plantio foram utilizados 350 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-16, sendo a quantidade de 210 g por muda (8,4 g N, 63 g P₂O₅, 33,6 g de K₂O) na cova de plantio. Na adubação de cobertura realizada em fevereiro de 2013, foram utilizados 37 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 3 kg ha⁻¹ de zinco e 2 kg ha⁻¹ de boro, aplicando-se 50 g de uréia (23 g N), 9 g de sulfato de zinco (1,8 g Zn) e 12 g de borogran (1,2 g B) em coroamento sob cada muda de eucalipto. Em janeiro de 2014, foi realizada mais uma adubação de cobertura com 123 kg ha⁻¹ de N, utilizando 160 g de uréia (73,6 g N) em forma de coroa sob cada muda. Conforme necessário foram realizados tratamentos culturais visando o controle de daninhas e irrigação pontual nas árvores recém-plantadas. Replantios foram realizados em parte da área em função de temperaturas elevadas concomitantes ao déficit hídrico (veranicos) no período. Em fevereiro e março de 2013 foram realizados controles do besouro *Costalimaita ferruginea vulgata* no eucalipto com aplicação de inseticida Karat Zeon (150 ml ha⁻¹) + Match (200 ml há⁻¹) e Endossulfan (1 l ha⁻¹) via pulverizador de barra tratorizado de 600 l. Em fevereiro de 2014 realizado novo controle da mesma espécie besouro no eucalipto com aplicação de inseticida Lorsban – 0,8 l ha⁻¹ + Actara 250 – 0,2 kg há⁻¹ via pulverizador tratorizado de 600 l com utilização de barra na posição vertical. As alturas médias das árvores nos sistemas ILPF-1 e ILPF-2 aos 30 meses eram de 9,0 e 9,9 m, respectivamente.

A semeadura da soja (cultivar BMX Potência) foi realizada em dezembro 2012 em todos os sistemas (ILP e ILPFs), utilizando a semeadora Semeato modelo SAM 200

com quatro linhas, na densidade de 20 sementes por metro e espaçamento de 0,50 m entrelinhas, totalizando 400.000 sementes ha⁻¹. A adubação mineral de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 4-30-16, correspondendo à aplicação de 12 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi efetuada 40 dias após o plantio, aplicando-se 200 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-20. O controle de plantas daninhas em pós-emergência na soja foi realizado em 24/01/2013, aplicando herbicida a base de Glyphosate (Zapp QI 620), na dose de 1.240 g i.a. ha⁻¹ com volume de calda de 250 l ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m. Nesta aplicação, em mistura de tanque, utilizou-se fertilizante a base de cobalto e molibdênio (COMO Platinum), na dose de 150 ml ha⁻¹ do produto comercial. A colheita da soja foi realizada em maio de 2013, sendo obtido produtividade média de 35 sc ha⁻¹.

Após a colheita da soja foi efetuado o controle das plantas daninhas emergentes na área. A área foi dessecada com utilização de herbicida a base de Glyphosate (Roundup WG), na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹ com volume de aplicação de 250 l ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m. Em dezembro de 2013 foi semeado o capim, sendo utilizado sementes de *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. Marandu, na quantidade de 8,0 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, plantadas com espaçamento entrelinhas de 0,20 m com a utilização de semeadora de plantio direto Semeato modelo SAM 200, tracionada por um trator New Holland modelo TL 75 4 x 4.

Após a semeadura do capim, o milho foi semeado sendo o híbrido BG 7049 (Biogene) e as sementes tratadas com inseticida à base de Thiametoxan (Cruiser 350) na

dosagem de 300 ml 100 kg⁻¹ de sementes. O espaçamento foi de 0,80 m entrelinhas, visando atingir a densidade populacional de 62.500 plantas por hectare e a adubação de plantio foi de 310 kg ha⁻¹ de 8-28-16, o que corresponde a 24,8 kg ha⁻¹ de N, 86,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 49,6 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 dias após a emergência das plantas de milho foi feita a adubação de cobertura com 92 kg ha⁻¹ de nitrogênio via uréia. Em janeiro de 2014 foi realizado controle de lagartas com aplicação de inseticidas químicos a base de Lambdacyhalothrin (Karate Zeon), na proporção de 7,5 g i.a. ha⁻¹ e inseticida a base de Lufenuron (Match CE) na proporção de 15 g i.a. ha⁻¹, conjuntamente com herbicida seletivo para folha larga à base de Atrazine (Primóleo), na dose de 2400 g i.a. ha⁻¹ para controle de plantas daninhas no milho e na pastagem através de pulverizador tratorizado de barras com volume de aplicação de 250 l ha⁻¹. A colheita do milho foi realizada em abril de 2014 e, a partir deste momento, cercas foram construídas, bebedouros foram instalados e a área permaneceu em descanso até a entrada dos animais.

Em outubro de 2014 foi realizada coleta de amostra de solo na camada de 0-20 cm para análise das características químicas dos sistemas, sendo apresentados os seguintes resultados: 1) ILP: pH = 5,2; MO = 21 g dm⁻³; P = 15 g mg⁻³; K = 1,28, Ca = 14, Mg = 9,42, SB = 25 mmolc dm⁻³; 2) ILPF-1: pH = 4,9; MO = 20 g dm⁻³; P = 9 g mg⁻³; K = 1,45, Ca = 11, Mg = 7,45, SB = 20 mmol c dm⁻³; 3) ILPF-2: pH = 5,0; MO = 20 g dm⁻³; P = 7 g mg⁻³; K = 1,51, Ca = 12, Mg = 9,04, SB = 23 mmol c dm⁻³.

Entre os dias 08 de dezembro de 2014 a 09 de janeiro de 2015 foi realizada uniformização da forragem, por meio de roçagem mecânica a 15 cm de altura do solo, seguida por adubação nitrogenada de 40 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. O período experimental compreendeu de março de 2015 a fevereiro de 2016, utilizando-se os

meses de janeiro e fevereiro de 2015 para estabelecimento do dossel forrageiro e adaptação dos animais aos sistemas.

O método de pastejo adotado foi de lotação contínua e taxa de lotação variável, utilizando a técnica de *put and take* (Mott e Lucas, 1952), com novilhos contemporâneos da raça Nelore de aproximadamente 16 meses (± 2 meses) de idade e peso médio inicial aproximado 200 kg (± 97 kg). Em cada piquete foram utilizados quatro animais *testers* e um número variável de reguladores, conforme a necessidade de ajuste de taxa de lotação para manutenção de uma altura média do dossel forrageiro de 30 cm (Da Silva, 2004). O monitoramento das condições de altura do dossel forrageiro foi realizado por meio de régua graduada em centímetros (cm), sendo medida a distância entre a curvatura da folha mais alta no ponto de amostragem e o solo (Hodgson, 1990), em percurso em zig-zag em intervalos médios de 14 dias, com número médio de amostragem de 100 pontos por unidade experimental.

As avaliações da forragem foram realizadas a cada 28 dias em todas as unidades experimentais. Para mensuração de massa seca total de forragem (MST) foi realizado corte rente ao solo de todo material presente no interior de uma moldura com medidas de 1 x 0,5 m (0,5 m²) em nove pontos de amostragem de cada piquete, totalizando 4,5 m², em locais representativos das condições médias, avaliadas visualmente. A forragem cortada foi pesada, homogeneizada e posteriormente retirada duas subamostras.

A primeira subamostra foi pesada e levada à estufa com circulação forçada de ar, para determinação da matéria parcialmente seca a 65°C até atingir peso constante. A segunda subamostra foi utilizada para determinação da composição morfológica, realizada pela separação manual dos seguintes componentes das plantas: lâmina foliar

verde, considerada as lâminas com menos de 50% de tecido senescente mais as folhas em expansão; colmo: colmo e bainha de perfilhos que emitiram ou não inflorescência; e, material senescente: tecido necrosado em folha aderida ao perfilho e o material completamente necrosado não aderido ao perfilho. Estes componentes foram pesados e secos em estufa com ventilação forçada a 60°C até atingir o peso constante para determinação da massa seca de lâminas foliares (MSF), massa seca de colmos (MSC) e massa seca de material senescente (MSMS). Após a secagem as amostras foram novamente pesadas para determinação da matéria parcialmente seca da forragem total e seus constituintes, e a proporção de cada fração foi expressa em kg ha^{-1} .

A relação folha:colmo (F:C) foi calculada pela razão entre a massa seca de lâminas foliares e colmos, obtidas pela separação morfológica das amostras. A relação material verde e material senescente (V:S) foi obtida pela razão entre a massa de folhas e colmos verdes e o material senescente.

Para avaliação do acúmulo total de forragem foram utilizadas quatro gaiolas de exclusão de 1 m^3 (1 x 1 x 1 m) por unidade experimental. A alocação das gaiolas foi feita por meio da técnica do triplo emparelhamento (Moraes, 1991), sendo as gaiolas alocadas em pontos representativos em altura, determinados com o uso de régua, massa e composição morfológica, acurado pelo tato manual, semelhantes às áreas de pastejo. O cálculo da taxa de acúmulo foi realizado a partir do método agrônomo da diferença, onde é observado o acúmulo de forragem dentro da gaiola de exclusão por um período de 28 dias, conforme equação proposta por Davies et al. (1993) $AF = MF_f - MF_i$, em que: AF: acúmulo de forragem; MF_f = massa de forragem sob a gaiola, no último dia da

exclusão (dia 28) e MFi = média da massa de forragem na unidade experimental no dia da alocação das gaiolas (dia 0). O resultado foi expresso em $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

As amostras secas de lâminas foliares foram processadas em moinho tipo Willey com malha de 1 mm para avaliação da composição bromatológica, realizada no laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), UNESP/Botucatu. As amostras foram retornadas à estufa a 105°C por 12 horas para determinação dos teores de matéria seca (MS). As análises dos teores de proteína bruta (PB) foram realizadas segundo metodologia descrita por AOAC (1995). A determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) seguiram metodologia descrita por van Soest (1991) adaptado por Mertens (2002). A Hemicelulose (Hemi) foi obtida por meio da diferença entre os teores de FDN e FDA e a celulose (CEL) segundo AOAC (1995). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada de acordo com a técnica descrita por Tilley e Terry (1963) adaptada ao rúmen artificial (DAISY), desenvolvida pela ANKOM®, conforme metodologia descrita por Holden (1999).

Todos os dados foram divididos em estações do ano, sendo três ciclos por estação, considerados medidas repetidas no tempo. A estação do outono correspondeu ao período de março a maio de 2015, o inverno de junho a agosto de 2015, a primavera de setembro a novembro de 2015 e verão de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016.

Os dados foram testados quanto à normalidade utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk do SAS (Versão 9.4, SAS Institute). Na análise dos dados o piquete foi considerado como unidade experimental para todas as características estudadas. Foi utilizado o procedimento PROC MIXED e a aproximação Satterthwaite para determinar

os graus de liberdade para os testes de efeitos fixos. O sistema, bloco e as estações do ano e as interações (sistema x estação) resultantes foram considerados efeitos fixos e piquete variável aleatória. As médias foram calculadas pelo procedimento lsmeans e os resultados são relatados como mínimos quadrados e separados utilizando a opção probabilidade diferenças (pdiff). O teste utilizado para testar as médias foi o teste t de Student. Foram considerados os efeitos estatisticamente significativos a $P < 0,05$.

Resultados e Discussão

Quando presente efeito da interação sistema x estação, foram desconsiderados os efeitos isolados. A altura média da pastagem foi 33, 34 e 32 cm ($P=0,0054$) para os sistemas ILP, ILPF-1 e ILPF-2, respectivamente, apresentando variação de 6% entre a maior e menor altura. Alturas de 39, 34, 30 e 29 cm ($P<0,0001$) ocorreram no outono, inverno, primavera e verão, respectivamente. Embora observada variações em altura entre as estações, as médias obtidas encontram-se dentro da amplitude de altura recomendada em pastejo contínuo para o capim-marandu (Da Silva, 2005).

O sistema ILP apresentou maior MST comparado aos sistemas ILPFs, enquanto os sistemas com árvores não diferiram entre si. (Tabela 1). Sob sol pleno a pastagem recebe maior quantidade e melhor qualidade de luz quando comparado a áreas sombreadas (Rodrigues et al., 2014), interferindo na MST. A luz exerce papel determinante no processo de produção das plantas e, na presença de árvores, há sombreamento ocasionado pela interceptação da radiação pelas copas das árvores, reduzindo a relação do vermelho:vermelho distante (Macedo; Do Vale; Venturin, 2010),

sinal de alterações em qualidade de luz, impactando na morfogênese das plantas e na produção de forragem (Almeida; Mundstock, 2001). Diversos trabalhos relatam diminuição na MST com a intensificação do sombreamento (Paciullo et al., 2007; Paciullo et al., 2011) e, em gramíneas, tem sido atribuído à redução da taxa de perfilhamento quando submetidas ao sombreamento (Paciullo et al., 2007), como estratégia de tolerância e escape a condições de restrição de luz. Sob sombreamento, a planta prioriza o crescimento de perfilhos existentes, em detrimento da produção de novos perfilhos (Almeida; Mundstock, 2001; Davies et al., 1983).

A maior MST entre as estações foi encontrada no inverno (Tabela 1), que decorreu de um período pré-experimental e início de outono atípico para região, com elevado índice pluviométrico (Figura 1A). Neste período foi iniciado o período reprodutivo do capim-marandu, incorporando maior massa devido às inflorescências e a estabilização do dossel forrageiro, seguido de redução da taxa de lotação para manutenção da altura de manejo. O verão apresentou menor MST, apesar do balanço hídrico positivo iniciado na primavera, sendo atribuído ao aumento da taxa de lotação para manutenção da altura de manejo. Outro aspecto considerado é a ausência de reposição de N aos sistemas. O fornecimento adequado de N em condições favoráveis para o crescimento das plantas proporciona aumento na produção de MST e do teor de proteína (Monteiro, 2013). Alexandrino et al. (2005) estudando o crescimento e características químicas e morfogênicas do capim-marandu submetido a cortes e a doses de N, verificaram grande diferença de perfilhamento ao longo do tempo de rebrotação em relação ao suprimento de N, observando que as plantas não adubadas com N quase não perfilharam ao longo do tempo.

O sombreamento induz modificações morfológicas nas plantas, nas quais a lâmina foliar altera sua área, comprimento, espessura e orientação (Garcia et al., 2013). Em condições de baixa irradiância, as plantas investem relativamente maior proporção de fotoassimilados e outros recursos no aumento da área foliar, apresentando maior área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) e folhas com menor densidade de massa (Gobbi et al., 2011). A plasticidade do capim sob sombreamento não interferiu na MSF dos sistemas estudados e representaram 18, 18 e 20% da MST do sistema ILP, ILPF-1 e ILPF-2, respectivamente. Esse resultado indica que a diferença de MST entre os sistemas se deve às frações colmo e material senescente, superiores nos sistemas ILP (Tabela 1).

A MSF foi influenciada pelas estações do ano (Tabela 1), sendo o outono a estação de maior MSF, enquanto as demais estações não diferiram entre si. Assim como observado para MST, a maior MSF no outono é devido ao período chuvoso e temperaturas elevadas nesta estação (Figura 1), que favoreceram o aparecimento de folhas. No inverno a taxa de alongamento de folhas é reduzida devido ao período crítico para o desenvolvimento das plantas forrageiras, ocorrida por temperaturas mais amenas, deficiência hídrica e redução de luminosidade (Figura 1A e B). A produtividade de MSF na primavera e verão, apesar das condições climáticas e excedente hídrico favoráveis ao desenvolvimento forrageiro, foi prejudicado pela não reposição de N aos sistemas. Paciullo et al. (2011) encontraram elevados valores de MSF na época seca em comparação à época das águas e atribuíram aos fatores: elevada participação (78,8%) de material morto na MSF do pasto e alto teor de MS da fração verde do pasto (45,3%) de *U. decumbens*.

Tabela 1. Massa seca total de forragem (MST, kg ha⁻¹), massa seca de folha (MSF, kg ha⁻¹), massa seca de colmo (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material senescente (MSMS, kg ha⁻¹), relação folha:colmo (F:C), relação material verde:material senescente (V:S) e taxa de acúmulo (TA, kg ha⁻¹ dia⁻¹) de capim-marandu em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-2) nas estações verão, outono, inverno e primavera de março de 2015 a fevereiro de 2016

Efeito de Sistema							
	MST	MSF	MSC	MSMS	F:C	V:S	TA
ILP	6775 a	1225	2175 a	3375 a	0,56	1,35	52,18
ILPF-1	5792 b	1139	1962 b	2691 b	0,58	1,55	52,91
ILPF-2	5838 b	1166	1873 b	2799 b	0,62	1,48	51,21
Efeito de Estação							
Outono	6200 b	1563 a	2653 a	1984 c	0,59 a	2,85 a	69,68 a
Inverno	6760 a	1024 b	2268 b	3468 a	0,45 b	1,07 b	39,85 b
Primavera	6223 b	1011 b	1463 c	3749 a	0,69 a	0,76 c	52,58 b
Verão	5352 c	1108 b	1625 c	2619 b	0,68 a	1,16 b	46,38 b
Significância							
Sistema	<0,0001	0,2802	0,0093	<0,0001	0,3216	0,0763	0,9719
Estação	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0056
Sistema x Estação	0,8154	0,2200	0,0744	0,2736	0,1879	0,8931	0,3630
Erro Padrão da Média	75,32	20,85	39,56	63,82	0,01	0,0630	2,37

Letras iguais não diferem entre si pelo teste t de Student (P<0,05).EPM = Erro padrão da média.

A MSC foi influenciada pelos sistemas, sendo que ocorreu maior MSC no sistema ILP comparada aos sistemas ILPF-1 e 2, ocasionado pela maior densidade de perfilhos no sistema sob radiação solar direta (Paciullo et al., 2007). O atraso de florescimento nos sistemas ILPFs, assim como observado por Carvalho et al. (2002), contribuiu para menores MSC nos sistemas com árvores. Nos sistemas ILPFs as plantas forrageiras priorizam a exposição das lâminas foliares para colocá-las em melhores condições de luz, por meio do alongamento de colmos (Da Silva et al., 2009), porém esta adaptação das gramíneas não influenciou a MSC, pela redução de emissão de perfilhos.

No outono foi observada maior MSC, seguido pelo inverno e primavera e verão, que não diferiram entre si (Tabela 1). Os fatores climáticos precipitação pluvial e temperaturas elevadas no período de transição entre a estação chuvosa e seca, somado ao número de animais reguladores disponíveis no período, contribuíram com aumento de perfilhamento e ao aparecimento de inflorescências no outono, elevando a MSC nesta estação, correspondente a 43% da MST. Parte deste resultado foi refletida no inverno, porém o desaparecimento natural de perfilhos reprodutivos e vegetativos reduziu a proporção para 34% da MST. A menor MSC na primavera e verão é relacionada à redução nas MST nestes períodos.

O sistema ILP apresentou maior MSMS que os demais tratamentos (Tabela 1). Este resultado é atribuído ao microclima criado nos sub-bosques dos sistemas com árvores, nos quais o sombreamento favorece a redução de perda de água do solo (Soares et al., 2009), proporcionando melhores condições ambientais nos períodos de estresse climático para as plantas. Também é considerado o processo de auto-desbaste como

consequência da alta competição por luz (Sbrissia; Da Silva, 2008), dando origem ao material morto no extrato inferior do dossel. Esse efeito parece ser maior em condições de pleno sol, onde o maior perfilhamento favorece o processo de senescência nas porções inferiores das plantas. Crestani (2015) avaliou as repostas morfogênicas de capim-piatã (*U. brizantha* cv. Piatã) em ILPF e sugere que plantas sob efeito de sombreamento diminuem a taxa de senescência por folha para maximizar o aproveitamento de área foliar presente e diminuir o investimento em produção de novos tecidos.

Entre as estações, a MSMS foi menor no outono e maior no inverno e primavera, representando 32, 51 e 60% da MST, respectivamente. Sob índices pluviométricos reduzidos, radiação e temperaturas mais amenas a taxa de aparecimento de material verde é reduzido, sendo necessária redução da taxa de lotação para manter a altura de manejo. Desta forma, sob redução de lotação em períodos desfavoráveis à rebrotação do capim é forçada a baixa utilização da forragem produzida, elevando a MSMS.

A relação F:C não diferiu entre os sistemas (Tabela 1), sendo um indicativo da qualidade da forragem ofertada aos animais, estando parâmetro mais associado às estações do ano (Tabela 1). O capim-marandu também não apresentou diferenças na relação F:C entre sol pleno e sistemas silvipastoris assim como o capim-braquiária nos estudos de Soares et al. (2009) e Gobbi et al. (2009), respectivamente. A relação F:C semelhante entre os sistemas indica que a maior MST no sistema ILP é devido à MSMS. A menor relação F:C ocorreu no inverno devido as condições climáticas prejudiciais ao aparecimento de novos perfilhos e laminais foliares.

A relação V:S foi influenciada apenas pelas estações do ano (Tabela 1). As maiores MSC não favoreceram a relação V:S devido à maior MSMS no sistema ILP, sendo mantidas as proporções entre os sistemas. As maiores MSF e MSC e menor MSMS no outono resultaram em maior relação V:S nesta estação. A redução da participação de MSC na primavera e manutenção da MSMS advinda da estação do inverno fez com que houvesse menor relação V:S neste período.

A TA não foi influenciada pelos sistemas e diferiu apenas entre as estações (Tabela 1). Andrade et al. (2004) não encontrou diferenças para a TA do capim-marandu sob níveis de 30 e 50% de sombreamento artificial. Os autores observaram que, quanto maior o nível de sombreamento, menor a diferença entre as taxas de acúmulo de gramíneas e leguminosas entre os períodos chuvoso e seco. A maior TA ocorreu no outono, favorecida pelas temperaturas elevadas e pluviosidade, que estimularam o desenvolvimento do capim. Demais estações não diferiram entre si pelas condições ambientais e má distribuição das chuvas nas estações de primavera e verão (Figura 2B). Calvano et al. (2011) avaliou a TA em diferentes intensidades de pastejo em local de latitude aproximada ao do presente estudo e verificaram que as maiores variações foram devido as estações do ano do que pela intensidade de pastejo.

O teor de MS diferiu entre os sistemas e entre as estações sendo os maiores teores de MS encontrados no sistema ILP, enquanto os sistemas ILPFs não diferiram entre si (Tabela 2). Volenec e Nelson (2003) afirmaram que o menor teor de MS em ambientes sombreados pode ser atribuído às menores taxas de transpiração das plantas, resultando numa maior concentração de água nos tecidos. Isto pode explicar, em parte, a menor MST das plantas nos sistemas ILPF-1 e 2 (Tabela 1). Os teores de MS das

lâminas foliares foram maiores na primavera, seguidos pelo inverno, verão e outono. Estes resultados se devem provavelmente ao aumento na taxa de aparecimento na primavera e verão, com melhor distribuição de chuvas nesta estação, enquanto o maior teor de MS no inverno se deve à redução de aparecimento de folhas, ocorrido pelas condições climáticas, que contribuíram para aumento da MS.

Os teores de PB foram menores no sistema ILP em relação aos sistemas sombreados. O Nitrogênio, que compõe os teores de PB nas folhas, está nos cloroplastos como constituinte da molécula de clorofila, onde cada átomo de Magnésio está ligado a quatro átomos de Nitrogênio (Taiz & Zeiger, 2004). Salisbury e Ross (1991) alegam que plantas de sol apresentam menor concentração de moléculas de clorofila por cloroplasto, principalmente a clorofila b, uma vez que essas plantas não necessitam investir na produção de pigmentos coletores de energia luminosa, em um ambiente intensamente iluminado. Outras causas também são apresentadas na literatura para aumento de teor de PB nas plantas sombreadas, como ao menor tamanho das células sob sombra (Gobbi et al., 2010) e ao aumento do aporte deste nutriente via ciclagem de nutrientes (Paciullo et al., 2007). De acordo com Wilson (1996), o maior teor de umidade do solo e as menores temperaturas observadas em ambientes sombreados podem contribuir para a maior taxa de mineralização e ciclagem do nitrogênio (N), resultando na maior disponibilidade de N e maior teor de PB das plantas.

Tabela 2. Teores (%) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (Hemi), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de lâminas foliares de capim-marandu em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-2) e nas estações do ano de 2015

	MS	PB	FDN	FDA	CEL	Hemi	LIG	DIVMS
Sistema								
ILP	28,6 a	9,8 b	72,1	34,4	28,6	36,7	5,4	56,0 b
ILPF-1	27,1 b	11,4 a	71,7	35,2	28,0	36,6	5,6	59,2 a
ILPF-2	27,3 b	11,1 a	71,4	34,9	27,8	36,6	5,4	58,8 a
Estação								
Outono	24,7 d	10,5 b	74,9 a	35,6 a	25,4 c	39,4 a	5,2 b	53,4 d
Inverno	28,9 b	11,1 a	69,8 c	34,7 b	28,7 b	35,1 c	5,8 a	55,2 c
Primavera	30,9 a	11,6 a	70,0 c	34,6 b	28,7 b	35,4 c	5,6 ab	64,2 a
Verão	26,2 c	9,9 c	72,3 b	35,3 a	30,3 a	36,7 b	5,2 b	59,22 b
Significância								
Sistema	0,0153	<0,0001	0,4369	0,1766	0,0522	0,9343	0,3557	<0,0001
Estação	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0060	<0,0001	<0,0001	0,0474	<0,0001
Sist * Est	0,6311	0,4461	0,7236	0,1213	0,5874	0,9971	0,5784	0,0002
EPM	0,32	0,12	0,33	0,15	0,16	0,66	0,18	0,52

Letras iguais não diferem entre si pelo teste t de Student (P<0,05). EPM = Erro padrão da média.

O teor de PB foi maior nas estações de inverno e primavera e menor no verão (Tabela 2). O maior teor de PB no inverno e primavera se deve às temperaturas mais amenas da estação, reduzindo a taxa de desenvolvimento da planta, provocando assim maior acúmulo de reservas (Rodrigues et al., 2012) e menores taxas de desenvolvimento de parede celular. Além de as taxas de aparecimento de folhas no verão ocorrerem em maior velocidade em função das características climáticas da estação, favorecendo a maturidade fisiológica das lâminas foliares analisadas, infere-se que a redução do teor de PB esteja relacionada à taxa de degradação de clorofila, pois, sob alta irradiância, é maior do que sua síntese (Gonçalves et al., 2012).

Não houve efeito de sistemas para os componentes da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina) (Tabela 2), apresentando média de 71,76% de FDN. Esses elevados teores de FDN se devem às condições climáticas da região de estudo. Segundo Gomide e Queiroz (1994), os altos teores de FDN das gramíneas tropicais decorrem das condições de clima, principalmente altas temperaturas, pois nessas condições ocorre aumento do processo de espessamento e lignificação da parede celular.

Os teores de FDN foram influenciados pelas estações do ano, sendo relacionados às condições climáticas e balanço hídrico (Figura 1). O maior teor de FDN no outono está atribuído ao balanço hídrico favorável ao desenvolvimento das plantas, permitindo-lhes maior altura nesta estação. No inverno e primavera, o teor de FDN foi reduzido devido à redução de expansão de folhas provocadas pela baixa umidade e redução da temperatura ambiente. Entretanto, a primavera é considerada um período de transição entre estação seca e chuvosa, podendo seus teores de FDN ser diluído entre as avaliações na estação. Na estação do verão, com aumento das chuvas, proporcionando balanço hídrico positivo (Figura 1B), o teor de FDN foi superior às estações anteriores

por proporcionar maior turgor dentro das células. O aumento da pressão de turgor é um dos mecanismos responsáveis pelo aumento da FDN, certamente para evitar o rompimento da célula vegetal (Nascimento Júnior et al., 2013).

O comportamento semelhante a FDN foi observado nos teores de FDA das lâminas foliares, sendo os menores teores observados no inverno e primavera.

Os maiores teores de CEL foram encontrados no verão e menor no outono. Por se tratar também de um constituinte da parede celular, o menor teor de CEL observado na estação do inverno pode estar relacionado à menor velocidade de crescimento das lâminas foliares (menores taxas de expansão celular). O maior teor de Hemi ocorreu no outono, e os menores no inverno e primavera, resultante das condições climáticas para desenvolvimento das plantas.

Houve interação de estação e sistema para DIVMS (Tabela 3), sendo observada maior DIVMS na estação da primavera em todos os sistemas, não diferindo do verão no sistema ILP. As estações inverno e primavera foram os períodos com maior teor de PB e menores teores de fibras (Tabela 2), entretanto apresentaram DIVMS distintas. A estação do outono apresentou menor DIVMS em todos os sistemas, e se deve aos maiores teores de fibra nesta estação.

Entre os sistemas foram encontradas diferenças na DIVMS apenas no outono e primavera, sendo que no outono, em maior densidade de árvores (ILPF-2) a DIVMS foi maior, enquanto no sistema ILP foi menor. Já na primavera os sistemas ILPF não diferiram entre si, sendo superiores ao sistema ILP. As condições de umidade do solo nos sistemas com árvores nas estações de transição do período chuvoso e seco e seco e chuvoso permitiram que a forragem ficasse mais verde durante esse período, melhorando sua DIVMS. A literatura atual mostra-se inconsistente quanto às respostas

do efeito do sombreamento sobre a DIVMS, que pode variar com diferentes fatores que influenciam na composição da forragem (Castro et al., 2009).

Tabela 3. Desdobramento da interação de sistema x estação do ano para digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-2) nas estações do ano

	ILP	ILPF-1	ILPF-2
Outono	50,2 Cc	53,2 Db	56,7 BCa
Inverno	54,8 B	56,5 C	54,1 C
Primavera	59,7 Ab	66,6 Aa	66,2 Aa
Verão	59,3 A	60,3 B	58,1 B

Letras minúsculas iguais não diferem entre si na linha e maiúsculas na coluna pelo t de Student (P<0,05).

Conclusões

No primeiro ano sob pastejo, os sistemas avaliados interferem na massa de forragem do capim-marandu, sendo menor nos sistemas ILPFs e maiores massas dos componentes colmo e material senescente em ILP.

As densidades de árvores não alteram o valor nutritivo de lâminas foliares de capim-marandu entre ILPF-1 e ILPF-2, com maiores teores de matéria seca, proteína bruta e digestibilidade comparado a ILP.

Os sistemas com árvores apresentam vantagens em sua utilização, pela massa de folhas semelhante ao sistema ILP e valor nutritivo superior, somado à presença do componente arbóreo.

As estações do ano não interferem na massa e composição morfológica e bromatológica da forragem entre os sistemas.

Estudos em anos consecutivos devem ser realizados para se obter os efeitos do crescimento do componente arbóreo sobre a forragem.

Referências

- Aguiar, A. V. de; Sousa, V. A. de; Shimizu, J. Y. (Ed.). Sistemas de produção: cultivo de pínus. 2. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/index.htm>. Acesso em: 9 de novembro maio 2016.
- Alexandrino, E.; Nascimento Junior, D. do; Regazzi, A. J.; Mosquim, P. R.; Rocha, F. C.; Souza, D. de P. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 7-14, jan./mar. 2005.
- Almeida, M. L.; Mundstock, C. M. A qualidade de luz afeta o afilamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. *Ciência Rural*, Santa Maria, 31: 401-408, 2001.
- 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, 39: 263-270, mar. 2004.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 1995. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.
- 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*, 46: i-xii, 2011.
- Buxton, D. R., Fales, S. L. 1994. Plant environment and quality, 155–199. In: G.C. Fahey Jr. (Ed.) *Forage quality, evaluation, and utilization*. American Society of Agronomy, Madison, WI; 1994.
- Calvano, M. P. C. A.; Euclides, V. P. B.; Montagner, D. B.; Lempp, B.; Difante, G. S.; Flores, R. S.; Galbeiro, S. Tillering and forage accumulation in Marandu grass under different grazing intensities. *Revista Ceres*, Viçosa, 58: 781-789, 2011.

- Carvalho, M. M.; Freitas, V. P.; Xavier, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 717-722, 2002.
- Castro, C. R. T.; Paciullo, D. S. C.; Gomide, C. A. M.; Müller, M. D.; Nascimento Jr., E. R. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, 60, p.19-25, 2009.
- Crestani, S. 2015. Respostas morfogênicas e dinâmica populacional de perfilhos e touceiras em *Brachiaria brizantha* cv Piatã submetida a regimes de sombras em áreas de integração lavoura-pecuária-floresta. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Da Silva, S. C.; Bueno, A. A. O.; Carnevalli, R. A.; Ubelle, M. C.; Bueno, F. O.; Hodgson, J.; Matthew, C. Arnold, G. C.; Morais, J. P. G. Swards structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 66: 8-19, 2009.
- Da Silva, S. C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 2., 2004, Viçosa. Anais. Viçosa: UFV, 2004. p.347-385
- Da Silva, S. C. Manejo do pastejo para a obtenção de forragem de qualidade. In: Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de bovinos de Corte e Leite, 7., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: CBNA, 2005. p. 117-146.
- Davies, A.; Evans, M.E.; Exley, J. K. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. *Journal of Agricultural Science*, v.101, p.131-137, 1983.
- Davies, D. A.; Forthergill, M.; Morgan, C. T. Assessment of contrasting perennial ryegrass, with and without white clover, under continuous sheep stocking in the uplands. 5. Herbage production, quality and intake in years 46. *Grass and Forage Science*, 48: 213-222, 1993.
- DOMINGUES, M.S. **Produtividade da forragem de milho e capim-marandu integrados em sistema agrossilvipastoril com eucalipto**. 2015. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena - SP, 2015.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- Garcia, R.; Tonucci, R. G.; Bernardino, F. S. 2013. Sistema Silvipastoril: uma integração pasto, árvore, animal, 219-234. In.: Reis, R. A., Bernardes, T. F.;

- Siqueira G. R. (Ed.). Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013.
- Gobbi, K. F.; García, R.; Garcez Neto, A. F.; Pereira, O. G.; Rocha, G. C. Valor nutritivo do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. *Archivo Zootecnia*. 59 n.227 Córdoba sep. 2010.
- Gobbi, K. F.; Garcia, R.; Garcez Neto, A. F.; Pereira, O. G.; Ventrella, M. C.; Rocha, G. C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capimBraquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38: 1645-1654, 2009.
- Gobbi, K. F.; Gracia, R.; Ventrella, M. C.; Garcez Neto, A. F.; 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, n.7, p.1436-1444, 2011.
- Gomide, J. A., Queiroz, D. S. Valor alimentício das Brachiarias. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 11, 1994. Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1994. p.223.
- Gonçalves, J. F. C.; Moura Da Silva, C. E.; Justino, G. C.; Nina Junior, A. R. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Scientia Forestalis*., Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 337-344, set. 2012.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science practice*. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
- Holden, L. A. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*, v.2, n.8, p.1791-1794, 1999.
- Kichel, A. N.; Costa, J. A. A.; Almeida, R. G.; Paulino, V. T. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)-experiências no Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, SP. 71:94-105, 2014.
- Macedo, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38: 133-146, 2009.
- Macedo, R. L. G; Do Vale, A. B.; Venturin, N. 2010. *Eucalipto em sistemas agroflorestais*. Lavras: UFLA, 2010.
- 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*, 38: 1183-1190, 2009.

- Mertens, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.*, 85:1217-1240.2002.
- Monteiro, F. A. Uso de corretivos agrícolas e fertilizantes, 275-290. In.: Reis, R. A., Bernardes, T. F.; Siqueira G. R. (Ed.). *Forrageicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013.
- Moraes, A. 1991. Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.), submetida a diferentes pressões de pastejo. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Moreira, G. R.; Salib, E. O. S.; Maurício, R. M., Sousa, L. F.; Figueiredo, M. P.; Gonçalves, L. C.; Rodriguez, N. M. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. marandu em sistemas silvipastoris. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61: 706-713, 2009.
- Mott, G. O.; Lucas, H. L. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: *International Grassland Congress, 6.*, State College, 1952. *Proceedings*. State College, State College Press, 1952.
- Nascimento Júnior, D. Vilela, H. H.; Sousa, B. M. L.; Silveira, M. C. T. Fatores que afetam a Qualidade de Plantas Forrageiras. 409-424. In.: Reis, R. A., Bernardes, T. F.; Siqueira G. R. (Ed.). *Forrageicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros*. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, 2013.
- Paciullo, D. S. C.; Carvalho, C. A. B.; Aroeira, L. J. M.; Morenz, M. J. F.; Lopes, F. C. F.; Rossiello, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42: 573-579, 2007.
- Paciullo, D. S. C.; Gomide, C. A. M.; Castro, C. R. T.; Fernandes, P. B.; Müller, M. D.; Pires, M. F. A.; Fernandes, E. N.; Xavier, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, 46: 1176-1183, 2011.
- Porfírio-da-Silva, V.; Medrado, M. J. S.; Nicodemo, M. L. F.; Dereti, R. M. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo Colombo : Embrapa Florestas, 2010.
- Rodrigues, C. O. D.; Araújo, S. A. C.; Viana, M. C. M.; Rocha, N. S.; Braz, T. G. S.; Villela, S. D. J. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. Maringá, v. 36, n. 2, p. 129-136, 2014.
- Rodrigues, O.; Fontanelli, R. S.; Costenaro, E. R.; Marchese, J. A.; Scortganha, A. C. N.; Saccardo, E.; Piasecki, C. 2012. Bases fisiológicas para o manejo de forrageiras, 59-125. In: Fontanelli, R. S.; Santos, H.P. R.S. Fontanelli (autores).

- Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. 2. ed. - Brasília, DF : Embrapa, 2012.
- Salisbury, F. B.; Ross, C. W. Plant physiology. 3. ed. Belmont: Wadsworth, 1991. 692 p.
- Sbrissia, A. F.; Da Silva, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 37: 35-47, 2008.
- Soares, A. B.; Sartor, L. R.; Adami, P. F.; Varella, A. C.; Fonseca, L.; Mezalira, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. Revista Brasileira de Zootecnia, 38: 443-451, 2009.
- Sousa, L. F.; Maurício, R. M.; Moreira, G. R.; Gonçalves, L. C.; Borges, I.; Pereira, L. G. R. Nutritional evaluation of “Braquiarião” grass in association with “Aroeira” tress in a silvopastoral systems. Agroforestry Systems, 79: 189-199, 2010.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia Vegetal. 3ª edição, Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. 719p.
- Thorntwaite, C. W.; Mather, R. J. 1955. The water balance. v.8. Laboratory of Climatology, New Jersey. 104p.
- Tilley, J. M. A.; Terry, R. A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of the British Grassland, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, E B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal Dairy Science. 74: 3583-3597, 1991.
- Volenc, J. J.; Nelson, C. J. 2003. Environmental aspects of forage management. In: R. F. Burnes, C. J. Nelson, M. Collins and K.J. Moore (Eds.).Forages: an introduction to grassland agriculture. Blackwell. Ames. pp. 99-124. 2003.
- Wilson, J. R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. Australian Journal Agricultural Research, 47: 1075-1093, 1996.

CAPÍTULO 3

Estrutura da forragem e comportamento diurno de novilhos Nelore em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária

RESUMO - O objetivo do estudo foi avaliar a estrutura da forragem de capim-marandu e o comportamento de novilhos Nelore em sistemas integrados de produção agropecuária em diferentes estações do ano. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos, com três tratamentos (sistemas), quatro estações do ano e quatro repetições. Os sistemas avaliados foram: integração lavoura-pecuária (ILP), lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores de eucalipto ha⁻¹ (ILPF-1); e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 448 árvores de eucalipto ha⁻¹ (ILPF-2). O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua e taxa de lotação variável. A avaliação do comportamento diurno de novilhos Nelore foi realizada a cada estação por colheita instantânea e contínua com amostragem focal e intervalo amostral de 10 minutos, coletados por 12 horas em cada estação do ano. Os parâmetros comportamentais avaliados foram: frequência de pastejo, ruminação, ócio e outras atividades. O sistema ILP apresentou maior massa seca de forragem e menor teor de proteína bruta nas lâminas foliares. Características agronômicas e de valor alimentício da pastagem foram influenciados pelas estações do ano. Houve interação de sistema x estação para massa seca de folhas (kg ha⁻¹), relação folha:colmo e digestibilidade de lâminas foliares (%), beneficiados pela sombra nas estações de condições climáticas críticas. Ócio e ruminação na posição em pé foram maiores nos sistemas com árvores. Os animais no sistema ILP iniciaram pastejo mais precocemente que os animais nos sistemas ILPFs e reduziram este comportamento nos horários mais quentes do dia. A frequência das atividades comportamentais diurnas de novilhos Nelore em pastejo não é alterada pelos sistemas de integração agropecuária. O período de pastejo de animais em sistema ILP é iniciado em horas mais frescas do dia, enquanto animais em sistemas com árvores tem picos de pastejo em horários de temperaturas mais elevadas.

Palavras-chave: integração lavoura-pecuária, integração lavoura-pecuária-floresta, pastejo, ruminação, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Introdução

O uso de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) tem se mostrado como alternativa aos pecuaristas, visando múltiplos objetivos, desde a recuperação de áreas em processo de degradação e melhoria da fertilidade dos solos, como aumentar índices produtivos dos rebanhos e diversificação da renda com a inclusão de diferentes culturas em mesma área. Entre os SIPAs, a integração lavoura-pecuária (ILP), sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário, tem sido estudado e adotado desde início da década de 90 (Kluthcouski et al., 1991). Mais recentemente, o interesse pelos SIPA se ampliou e, além de cultivos anuais na recuperação de pastagens, houve a introdução do componente florestal (Balbino et al., 2011), formando assim os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

Entretanto, o sombreamento proporcionado pelas árvores aumenta a competição por luz entre as plantas, resultando em modificações morfofisiológicas nas plantas forrageiras (Paciullo et al., 2008; Gobbi et al., 2009). Essas mudanças podem alterar a estrutura da pastagem, que é característica central e determinante tanto da dinâmica de crescimento e competição nas comunidades vegetais quanto do comportamento ingestivo dos animais em pastejo (Carvalho et al., 2001). Segundo Prache e Peyraud (1997), algumas características associadas à planta que estariam relacionadas à facilidade de colheita da forragem pelo animal seriam a altura do dossel forrageiro, a massa de forragem presente por unidade de volume, a baixa fibrosidade das lâminas foliares, a disposição espacial de barreiras à desfolhação (bainhas e colmos), e o seu teor de matéria seca.

Por outro lado, condições ambientais podem alterar o tempo de pastejo e o consumo, e são reconhecidas como fatores importantes, não associados ao dossel, que afetam o comportamento de pastejo (Betancourt et al., 2003). Neste sentido, a inclusão das árvores em áreas de pastagem favorece o conforto térmico dos animais em regiões quentes, devido à sombra provocada pela copa das árvores (Kichel et al., 2014).

Diante das possíveis causas de mudanças nas plantas forrageiras e no comportamento dos animais, o objetivo do presente estudo foi avaliar a estrutura de forragem e valor alimentício de *Urochloa brizantha* cv. Marandu e comportamento diurno de novilhos Nelore em sistemas integrados de produção agropecuária no primeiro ano de utilização das pastagens.

Material e Métodos

Os animais utilizados neste trabalho estão de acordo com os princípios éticos em experimentação animal segundo o protocolo de ética 26/2014 emitido pela Comissão de ética em uso de animais – CEUA, do Campus de Dracena - UNESP.

O experimento foi conduzido na APTA - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – Polo Regional do Extremo Oeste, Andradina - SP. As coordenadas geográficas aproximadas são 20°53'38" de latitude sul, 51°23'1" de longitude oeste, e 400 m de altitude. O clima predominante na região é o Aw segundo Koppen e o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013) com camada superficial arenosa e a declividade média do terreno de 6%. O período experimental compreendeu entre fevereiro a dezembro de 2015, sendo

realizadas avaliações pontuais nos meses de fevereiro, maio, agosto e dezembro, denominadas às estações de verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

Dados climáticos da área experimental foram coletados em estação meteorológica da própria instituição, localizada cerca de 2 km da área de estudo. O balanço hídrico foi calculado (Thornthwaite e Mather, 1955) usando a temperatura média e precipitação mensal acumulada e a capacidade de armazenamento de água no solo utilizado foi de 75 mm. O índice de temperatura e umidade (ITU) da região foi obtido por meio de dados diários coletados pela estação Automática de Três Lagoas-MS (W51S21(E)-SP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distante, aproximadamente, 40 km da cidade de Andradina-SP, estimado pela equação: $ITU = Tbs + 0,36 * Tpo + 41,2$, onde, Tbs é a temperatura de bulbo seco (°C) e Tpo é a temperatura do ponto de orvalho (°C) (Buffington et al., 1981; Klosowski et al., 2002). O ITU dos sistemas foi obtido por meio de dados ambientais registrados por dataloggers das marcas Hobbo®, instalados nas unidades experimentais nas datas de avaliação do comportamento dos animais.

Os tratamentos corresponderam a três sistemas de produção: Integração lavoura-pecuária (ILP); Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-1), com árvores de eucalipto plantadas em linhas simples, com distâncias entre linhas de 17 a 21 m e entre plantas de 2 m, com densidade de 196 árvores ha^{-1} ; Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF-2), com árvores de eucalipto plantadas em linhas triplas, com distâncias entre linhas, plantas e faixas de 3, 2 e 17 a 21 m com densidade de 448 árvores ha^{-1} . As alturas médias das árvores nos sistemas ILPF-1 e ILPF-2 aos 30 meses eram de 9,0 e 9,9 m, respectivamente.

As árvores foram estabelecidas por meio de plantio manual de mudas de *Eucalyptus urophylla* (clone I-224), acompanhando as curvas de nível presentes na área, no período de novembro de 2012 a março de 2013. Em dezembro de 2012 foi realizado plantio de soja, entre os renques de árvores, e, em maio de 2013, sua colheita. Em dezembro de 2013 foi semeado o capim-marandu (*Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. Marandu. Após a semeadura do capim, o milho foi semeado sendo utilizado usado o espaçamento de 0,80 m entrelinhas. A colheita do milho foi realizada em abril de 2014 e, a partir deste momento, cercas foram construídas, bebedouros foram instalados e a área entrou em descanso para formação da pastagem até a entrada dos animais. No mês de dezembro de 2014 foi realizada uniformização da forragem, por meio de roçagem mecânica a 15 cm de altura do solo, seguida por adubação nitrogenada de 40 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos completos com três piquetes (um de cada tratamento), com quatro repetições, sendo os piquetes as unidades experimentais. O critério de blocagem foi devido à desuniformidade da área em relação ao declive e fertilidade de solo na implantação dos sistemas e peso médio dos animais.

O método de pastejo adotado foi de lotação contínua com taxa de lotação variável, utilizando a técnica de put and take (Mott e Lucas, 1952), utilizando-se novilhos contemporâneos da raça Nelore de aproximadamente 18 meses (± 2 meses) de idade com peso médio inicial aproximado de 200 kg (± 97 kg). Em cada piquete foi utilizado número variável de animais, conforme a necessidade de ajuste de taxa de lotação para manutenção da altura média do dossel forrageiro de 30 cm, monitorada quinzenalmente.

Foi fornecida suplementação com sal mineral proteínado de baixo consumo (70 g 100 kg PV⁻¹, (peso vivo)) durante o período experimental. Os animais foram submetidos aos manejos sanitários preconizados pelo calendário de vacinações da Secretária da Agricultura do estado de São Paulo. O controle parasitário foi feito no início do experimento e castrados aos 22 meses.

A mensuração da massa seca total de forragem (MST) foi realizada por meio de corte de todo material presente no interior de uma moldura com medidas de 1 x 0,5 m (0,5 m²) em nove pontos de amostragem em cada piquete, em locais representativos das condições médias do pasto. A forragem cortada foi pesada, homogeneizada e posteriormente retirada duas subamostras. A primeira subamostra foi pesada e levada à estufa com circulação forçada de ar, para determinação da matéria parcialmente seca a 65°C até atingir peso constante. A segunda subamostra foi utilizada para determinação da composição morfológica, realizada pela separação manual de lâminas foliares, colmos e material senescente. Estes componentes foram pesados e secos em estufa para determinação da massa seca de lâminas foliares (MSF) e colmos (MSC).

Após a secagem as amostras foram novamente pesadas para determinação da matéria parcialmente seca da forragem total e seus constituintes, e a proporção de cada fração foram expressos em kg ha⁻¹. A relação folha:colmo (F:C) foi calculada pela razão entre a massa de lâminas foliares e colmos, obtidas pela separação morfológica das amostras. A densidade volumétrica da forragem (DV), expressa em kg cm⁻¹ ha, foi calculada pela divisão da massa de forragem, pela altura das plantas no pasto em cada local de amostragem.

As amostras secas de lâminas foliares foram processadas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm para avaliação da composição bromatológica, realizada no

laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), UNESP/Botucatu. As amostras foram retornadas à estufa a 105°C por 12 horas para determinação dos teores de matéria seca (MS). As análises dos teores de proteína bruta (PB) foram realizadas segundo metodologia descrita por AOAC (1995). A determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) seguiram metodologia descrita por Van Soest (1991) adaptado por Mertens (2002). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada de acordo com a técnica descrita por Tilley e Terry (1963) adaptada ao rúmen artificial (DAISY), desenvolvida pela ANKOM®, conforme metodologia descrita por Holden (1999).

Os animais foram pesados em balança eletrônica digital, marca Valfran®, modelo VF-B, de precisão de 1 kg, a cada 28 dias, sendo submetidos anteriormente a jejum de sólidos de 16 horas. O ganho de peso diário (GPD) foi obtido por meio da diferença entre o mês posterior e anterior às avaliações de comportamento, dividido pelo número de dias deste intervalo. A determinação da taxa de lotação (TL) em kg ha⁻¹ de PV vivo foi obtida a partir do produto do somatório do peso vivo dos animais multiplicado pelo número de dias que permaneceram na pastagem, dividido pelo número de dias do período, conforme descrito por Pizzuti et al. (2012), sendo considerado a área útil de pastos nos sistemas ILPFs.

Observadores, previamente treinados, realizaram a coleta dos dados das atividades comportamentais, segundo a metodologia preconizada por Martin e Bateson (1986), por meio de colheita instantânea e contínua com amostragem focal e intervalo amostral de 10 minutos, de forma direta, por períodos contínuos de 12 horas (das 6 às 18 horas). Foram registrados os seguintes comportamentos: pastejo, ruminação em pé e ruminação deitado, ócio em pé e ócio deitado, e outras atividades, que incluía: interação

com outros animais, comportamento de beber água, lamber sal, urinar e defecar, deslocamento e outros. Os resultados das variáveis comportamentais estão apresentados em frequência, relativos ao percentual do total do período de avaliação para cada estação. As avaliações

O comportamento de pastejo foi considerado como o período gasto com as atividades de procura e colheita de forragem na pastagem, com o animal em atividade de ingestão. O comportamento de ruminação foi considerado como o período em que o animal não estava pastejando, mas mastigando o bolo alimentar retornado do rúmen, caracterizado por movimentos mandibulares cíclicos e repetitivos. Comportamento de ócio foi adotado quando o animal não estava realizando as demais atividades.

Os dados foram inicialmente testados quanto à normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk de SAS (Versão 9.3, SAS Institute). Na análise dos dados o piquete foi considerado como unidade experimental para todas as características estudadas. Os dados foram então analisados utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS e a aproximação Satterthwaite para determinar os graus de liberdade para os testes de efeitos fixos. O sistema, bloco e as estações do ano e a interação resultante foram considerados efeitos fixos e o piquete foi considerado efeito aleatório. As médias foram calculadas pelo procedimento lsmeans e os resultados são relatados como mínimos quadrados e separados utilizando a opção probabilidade diferenças (pdiff). O teste utilizado para testar as médias foi o teste t de Student. Foram considerados os efeitos estatisticamente significativos a $P < 0,05$.

Resultados e Discussão

Na Figura 1A são apresentados os valores das temperaturas máximas e mínimas ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação pluvial (mm) do ano experimental e da média histórica (10 anos). Na Figura 1B é apresentado o balanço hídrico do mesmo período. Na Figura 1 são apresentados os valores de temperatura máxima, média e mínima ($^{\circ}\text{C}$), precipitação pluvial (mm).

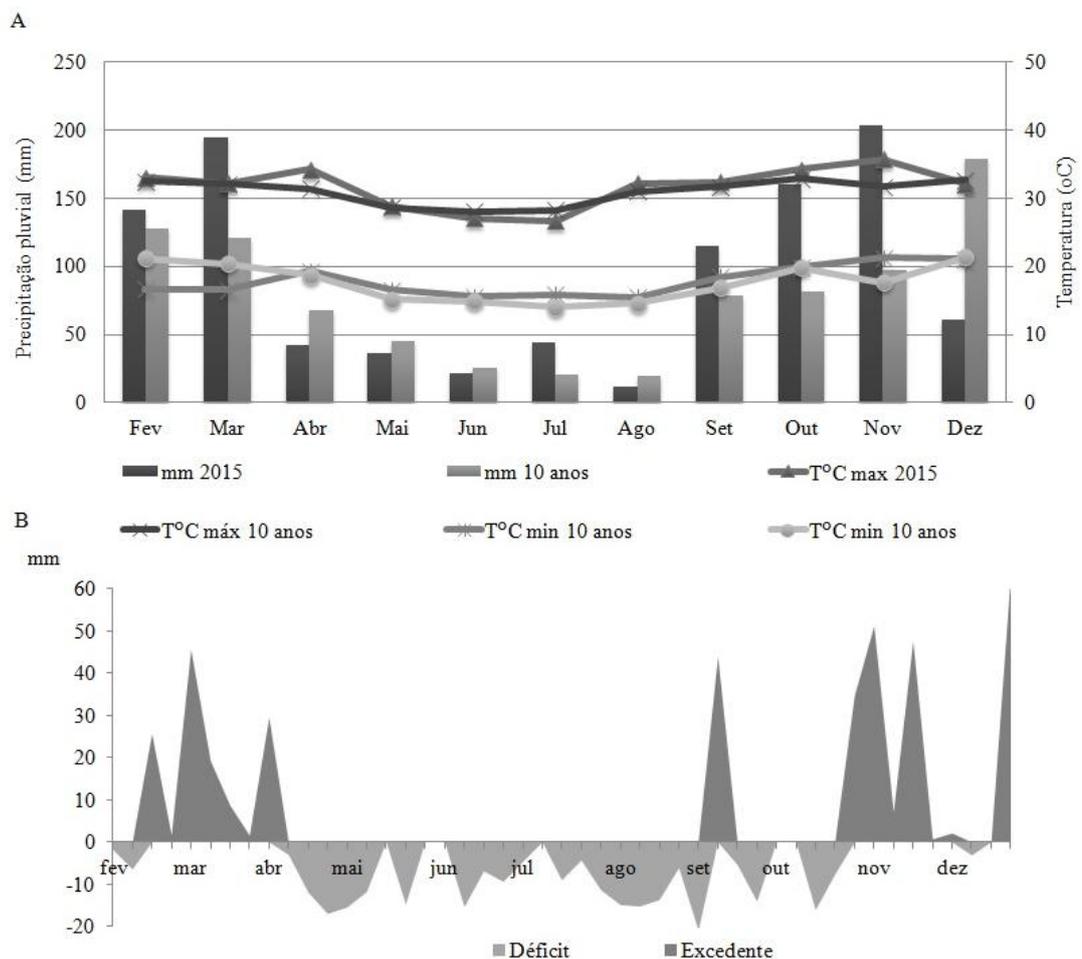


Figura 1. A) Médias climáticas dos últimos 10 anos e do período experimental e B) Balanço hídrico mensal (mm) para a região de Andradina, SP, referentes ao período experimental, estação meteorológica APTA, Andradina-SP (2015).

A MST foi maior no sistema ILP e menor no sistema ILPF-1, enquanto no sistema ILPF-2 não diferiu dos demais tratamentos (Tabela 1). Sob sombreamento, a produção de massa seca de gramíneas é reduzida, sendo atribuída a menor taxa de

perfilhamento (Paciullo et al., 2007). A massa de forragem influencia positivamente no consumo, que é função do tempo de pastejo e da taxa de ingestão de forragem, uma vez que em maiores ofertas de forragem os animais tem mais opções para selecionar as partes a serem ingeridas (Chizzotti e Chizzotti, 2013). Essa afirmação pode ser confirmada no tempo despendido para pastejo pelos animais, sendo que os animais nos sistemas ILPFs pastejaram por um período correspondente a 80% do período de pastejo dos animais no sistema ILP (331, 260 e 264 minutos de pastejo nos sistemas ILP, ILPF-1 e ILPF-2, respectivamente).

A relação entre altura e massa de forragem (Carvalho et al., 2008), sugere-se que, a menor MST na estação do verão, se deve ao período de adaptação após a roçagem não ter sido suficiente para que o dossel estabelecesse sua estrutura horizontal nos sistemas, entretanto, sem comprometer o uso das integrações. O outono foi caracterizado por maior MST, decorrente do desenvolvimento horizontal e vertical da forrageira, favorecida pelas condições climáticas (Figura 1). O inverno apresentou redução da MST em relação ao outono, ocorrido pelos meses de baixa disponibilidade hídrica e baixas temperaturas (Figura 1), enquanto que na primavera manteve-se MST semelhante a do inverno.

Quando presente efeito da interação sistema x estação, foram desconsiderados os efeitos isolados dos mesmos. No desdobramento da interação sistema x estação (Tabela 2) para MSF, verifica-se que a MSF diferiu entre os sistemas na estação do verão, com maior MSF no sistema ILP e menores nos sistemas ILPFs. Esse resultado se deve à maior MST no sistema ILP, sendo atribuído a maior presença de lâminas foliares pelo maior número de perfilhos. Nas demais estações os sistemas não apresentaram diferença na MSF. Este resultado se deve ao microclima criado nos sistemas sombreados, onde,

sob condições climáticas desfavoráveis (principalmente déficit hídrico), a umidade é retida por períodos mais prolongados (Bernardino e Garcia, 2009), favorecendo o aparecimento e duração de vida das folhas nos períodos de estacionalidade das forrageiras, equivalendo à MSF das áreas sob sol pleno.

O sistema ILP apresentou maiores MSF no verão devido à grande presença de área foliar no estabelecimento do dossel. No inverno, a menor MSF no sistema ILP ocorreu, em virtude, da diminuição no aparecimento e velocidade de expansão das lâminas foliares pelas baixas temperaturas e umidade. Com o retorno do período das águas, as taxas de renovação dos tecidos foliares foram favorecidas, resultando em aumento de MSF na primavera. Nos sistemas ILPFs a redução da MSF no inverno foi mais amena comparada ao sistema ILP, apresentando-se como sistemas mais constantes em MSF ao longo do ano.

Carvalho et al. (2005) alegaram que a estrutura da forragem a qual o animal encontra no pasto pode dificultar ou favorecer o processo de pastejo, influenciando o consumo de forragem pelos animais. As características estruturais da pastagem dos sistemas não diferiram entre si, apresentando altura, F:C e DV semelhantes entre todas as integrações estudadas (Tabela 1), acarretando em frequências de pastejo semelhantes entre os sistemas (Tabela 3). Houve efeito das estações para as mesmas características (Tabela 1).

No outono a altura da pastagem foi superior às demais estações, em virtude da maior precipitação no mês de março, que destoaram da média histórica deste período na região (Figura 1A). Essa condição pluvial acarretou em excedente hídrico favorável ao crescimento do capim, dificultando o controle da taxa de lotação neste pelo aumento de MST (Tabela 1).

Tabela 1. Massa seca total de forragem (MST, kg ha⁻¹), massa seca de folha (MSF, kg ha⁻¹), relação folha:colmo (F:C), densidade volumétrica do capim (DV, kg ha⁻¹ cm), proteína bruta (PB, %), fibra em detergente neutro (FDN, %), fibra em detergente ácido (FDA, %), digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS, %) de lâminas foliares de capim-marandu e ganho médio diário (GMD, kg) de novilhos nelore em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-2) nas estações verão, outono, inverno e primavera do ano de 2015

	MST	MSF	Altura	F:C	DV	PB	FDN	FDA	DIVMS	GMD	TL
Efeito de Sistema											
ILP	6391 a	1235	32	0,80	213	9,88 b	71,71	35,26	53,11	0,502	1007
ILPF-1	5693 b	1082	33	0,72	191	11,63 a	70,48	35,07	53,80	0,708	982
ILPF-2	5878 ab	1139	31	0,71	203	11,02 a	70,60	34,64	54,03	0,447	849
Efeito de Estação											
Verão	2995 c	1147 b	29 b	1,24 a	102 c	12,02 a	71,22 b	35,57 a	53,02 b	0,856 a	881 b
Outono	8293 a	1541 a	39 a	0,47 c	254 a	10,39 bc	74,07 a	35,66 a	48,34 c	0,665 ab	858 b
Inverno	6493 b	782 c	30 b	0,55 c	233 b	11,02 b	66,26 c	32,26 b	55,94 a	0,201 c	606 c
Primavera	6168 b	1138 b	30 b	0,71 b	221 b	9,95 c	72,17 ab	36,48 a	57,29 a	0,488 bc	1440 a
Significância											
Sistema (S)	0,0402	0,1811	0,4528	0,2582	0,0688	0,0006	0,3709	0,3777	0,5728	0,5689	0,1727
Estação (E)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0008	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0098	<0,0001
S x E	0,2671	0,0091	0,9260	0,0066	0,8073	0,9326	0,2807	0,0912	0,0067	0,4353	0,8983
EP	184,22	34,48	0,68	0,03	6,21	0,21	0,56	0,29	0,64	0,06	55,40

Letras iguais não diferem entre si na coluna pelo t de Student (P<0,05). EP = Erro padrão da média.

A MSF interferiu nos resultados da relação F:C e o desdobramento da interação sistema x estação apresentou maior relação F:C (Tabela 2) na estação do verão no sistema ILP, comparado aos sistemas ILPF-1 e ILPF-2. Nas demais estações a relação F:C foi mantida entre os sistemas, não apresentando diferenças significativas. Nos sistemas ILP e ILPF-1, a maior relação F:C foi encontrada no verão devido às maiores taxas de aparecimento de folhas sob condições de altas temperaturas e umidade (Tabela 2). Na estação do outono, devido ao aumento em altura do dossel forrageiro (Tabela 1), essa relação foi reduzida, por incremento da massa de colmo para sustentação de plantas de maior porte e senescência de material não consumido pelos animais. A redução da altura nas estações seguintes permitiu que houvesse aumento da F:C, ocorrida tanto pelo aumento da MSF quanto pela redução das estruturas de sustentação e inflorescências. No sistema ILPF-2, apenas diferiu no verão, com maior relação F:C comparada às demais estações, mantendo a proporção de massa seca de folhas e massa seca de colmo por períodos mais longos do ano.

Os teores de PB foram menores no sistema ILP comparado aos sistemas sombreados. O maior teor de PB nas plantas sombreadas pode estar associado ao menor tamanho das células sob sombra (Gobbi et al., 2010), à maior concentração de nitrogênio nas folhas (Carvalho et al., 1995) e ao aumento do aporte deste nutriente via ciclagem de nutrientes (Paciullo et al., 2007) ocorrida pelo maior teor de umidade do solo e as menores temperaturas em ambientes sombreados, resultando na maior disponibilidade de N.

O teor de PB foi maior na estação do verão e menor na primavera, que não diferiu do outono (Tabela 1). A rebrotação ocorrida no verão permitiu que as amostras de lâminas foliares tivessem grande proporção de folhas jovens, contribuindo para

maiores porcentagens de PB. Este resultado também pode ser atribuído à adubação nitrogenada ocorrida após a roçagem da área experimental. Os menores teores de PB encontrados na primavera se devem a falta de reposição de nutrientes, especialmente nitrogênio.

Os teores de FDN e FDA não foram influenciados pelos sistemas, apresentando alterações apenas entre as estações (Tabela 1), sendo relacionados às taxas de crescimento sob condições de temperatura e umidade favoráveis. Nas estações com temperatura mais elevadas e ausência de déficit hídrico, as plantas tendem a expansão de folhas mais rapidamente e, proporcionando incremento de parede celular secundária. O maior teor de FDN no outono está atribuído às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da planta (Figura 1A). No inverno, o teor de FDN foi reduzido devido à menor expansão de folhas provocadas pela baixa umidade e redução da temperatura ambiente. Respostas semelhantes foram observadas nos teores de FDA das lâminas foliares, sendo o menor teor observado no inverno e as demais estações não diferindo entre si. Segundo Gomide e Queiroz, (1994), os altos teores de FDN das gramíneas tropicais decorrem das condições de clima, principalmente altas temperaturas.

Houve interação entre sistema e estação nos teores de DIVMS de lâminas foliares (Tabela 1) e o desdobramento dos efeitos estão apresentados na Tabela 2. No verão, o sistema ILPF-1 apresentou menor DIVMS que os sistemas ILP e ILPF-2. Nesta estação houve ligeira superioridade nos teores de FDA no sistema ILPF-1 (36 versus 35% para os demais sistemas), o que pode ter impactado na DIVMS. O mesmo foi observado na estação do outono, com menor teor de FDA (34 versus 36 para os demais sistemas) e maior DIVMS das lâminas foliares. Nas demais estações os sistemas não diferiram entre si.

Tabela 2. Desdobramento da interação sistema x estação para Massa seca de folhas (MSF, kg ha⁻¹), relação folha:colmo (F:C) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS, %) em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-2)

	ILP	ILPF-1	ILPF-2
MSF			
Verão	1500 Aa	1077 Ab	864 Bb
Outono	1610 A	1369 A	1644 A
Inverno	669 C	762 B	916 B
Primavera	1160 B	1121 A	1132 B
F:C			
Verão	1,54 Aa	1,18 Ab	0,99 Ab
Outono	0,37 C	0,44 C	0,59 B
Inverno	0,53 BC	0,51 BC	0,63 B
Primavera	0,78 B	0,74 B	0,61 B
DIVMS (%)			
Verão	54,14 Aa	49,63 Bb	55,29 Aa
Outono	46,37 Bb	48,49 Bab	50,18 Ba
Inverno	55,77 A	57,40 A	54,65 A
Primavera	56,17 A	59,68 A	56,02 A

Letras minúsculas iguais não diferem entre si na linha e maiúsculas na coluna pelo t de Student (P<0,05).

O GMD não diferiu entre os sistemas (Tabela 1). Em estudos nos quais a resposta animal foi avaliada em pastagens com altas e baixas massas de forragem, de 60 a 90% da variação em desempenho animal estão relacionadas à quantidade de forragem, e pode não haver correlação entre o valor nutritivo da forragem e o ganho de peso diário (Sollenberger; Vanzant, 2011).

O maior GMD entre as estações foi no verão, e a menor no inverno (Tabela 2). Sollenberger e Vanzant (2011) afirma existir interação de massa e valor nutritivo da forragem com ganho de peso diário. O maior ganho encontrado no verão se deve à

maior proporção de MSF em relação à MST, correspondendo a 38%, enquanto no inverno essa proporção reduziu para 12%. Em condições de baixas temperaturas e déficit hídrico a produção de forragem é reduzida, sendo necessário aos animais consumir frações da forragem de menor valor nutritivo, como colmos e folhas senescentes, interferindo no GMD.

A TL não diferiu entre os sistemas, apresentando efeito apenas dentro das estações (Tabela 1). A menor TL ocorreu no inverno, pela estacionalidade de produção de forragem ocasionada pelas condições climáticas (Figura 1). Em contrapartida, na primavera, pela retomada do crescimento forrageiro de forma acelerada, foi a estação de maior TL.

O monitoramento do ITU para a região indica que o conforto térmico dos animais variou ao longo do ano (Figura 2), mantendo-se em estágio de atenção e alerta por aproximadamente sete meses, chegando até em condições de perigo em alguns momentos (Figura 2). Nas datas de avaliação comportamental os ITUs indicavam condição de conforto térmico, abaixo do limite de atenção, no outono e inverno e de alerta no verão e primavera, com valores de 78, 67, 70 e 79 para as estações verão, outono, inverno e primavera, respectivamente, segundo os dados do INMET.

Nas estações as quais o ITU apresentaram condições de alerta, verão e primavera, os sistemas apresentaram ITU de 82,86, 81,77 e 82,10 para os sistemas ILP, ILPF-1 e ILPF-2, respectivamente, sem haver diferenças entre os sistemas e as estações. Segundo Hahn e Mader (1997) valores de ITU entre 79 e 83 são considerados como situação de perigo; e acima de 83, de emergência. Karvatte Jr. et al. (2016) avaliou microclima de SIPAs em Campo Grande, MS, latitude aproximada deste presente estudo, e concluiu que em menores densidades de árvores há melhor circulação dos

ventos, redução da temperatura do ar e aumento da umidade, favorecendo o bem-estar. Os autores verificaram ainda que houve redução de até 3,7% de ITU nas áreas sob sombreamento.



Figura 2. Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do período experimental para a cidade de Andradina-SP (INMET, 2016).

As frequências das variáveis comportamentais estão apresentadas na Tabela 3. Nas estações de verão e primavera as avaliações comportamentais foram interrompidas devido a temporais localizados, comumente ocorridos nas tardes das estações chuvosas, provocando alterações comportamentais dos animais pelas oscilações climáticas repentinas.

A frequência de pastejo diurno não diferiu entre os sistemas avaliados (Tabela 3), apresentando tendência ($p=0,0895$) de maior período de pastejo no sistema ILP e menor no sistema ILPF-2. Minson e Wilson (1994) alegaram que os animais aumentam o tempo de pastejo como forma de compensar a menor qualidade da forragem. Por sua vez, Hodgson (1990), afirmou que animais em pastejo respondem mais consistentemente a variações em altura do dossel que em massa de forragem. As observações do presente estudo corroboram com essa afirmação, no qual as variações na

MST (Tabela 1) entre os sistemas não resultou em alterações no tempo despendido em pastejo devido à altura do dossel mantida entre os tratamentos. A ausência de efeito dos sistemas na frequência de pastejo está atrelada à MSF, que não diferiu entre os sistemas (Tabela 1), mantida a proporção em aproximadamente 19% da MST. Bovinos em pastejo apresentam preferência por folhas em detrimento ao caule, sendo essa seletividade devido ao maior teor de proteína e teores mais baixos de fibra, proporcionando maior digestibilidade das folhas em relação aos caules.

Hodgson (1990) afirmou que animais em pastejo apresentam três a cinco picos de pastejo no decorrer do dia, sendo os maiores ocorrendo no início da manhã e no final da tarde. Entretanto, a distribuição da atividade de pastejo destoou entre os sistemas (Figura 3A), com picos de pastejo mais evidentes no sistema ILP (às 9:00, 12:00 e entre 15:00 e 16:00), enquanto nos sistemas ILPFs as distribuições foram mais aproximadas entre si, com picos de pastejo às 12:00 e 14:00 horas. Nos sistemas ILPFs as árvores mostraram-se como condicionadores de pastejo por proporcionar melhores condições ambientais.

Quando considerado o comportamento de pastejo ao longo do dia (Figura 3A), é notado que o início do pastejo no sistema ILP antecede aos sistemas ILPFs, os quais apresentam distribuição do tempo semelhante até a quarta hora de observação (10:00). Até este período, o tempo gasto em pastejo pelos animais no sistema ILP era duas vezes, ou três, superior ao tempo em pastejo dos animais em sistema ILPF. Com a elevação da temperatura ambiente e irradiância sobre os animais, os animais do sistema ILP reduziram a dedicação em ingestão de alimentos, possivelmente como estratégia de diminuir o gasto energético nesta atividade.

O contrário foi observado nos animais dos sistemas ILPFs, nos quais a presença das árvores pode ter contribuído para reduzir o estresse térmico de animais em pastejo por proporcionar melhor microclima, permitindo que os bovinos realizassem o pastejo até nas horas mais quentes do dia. Entretanto, nos sistemas sem árvores os animais reduziram o pastejo nesse horário pelas altas temperaturas, sendo os picos de pastejo maiores nas horas mais amenas do dia. A redução das temperaturas no final das tardes fez com que os animais em sistema ILP retomassem ao pastejo, enquanto os animais em áreas sombreadas tendessem a ligeiro declínio nesta atividade.

Fatores ambientais como temperatura ambiente e umidade relativa do ar, aliados à produção de calor metabólico (calor produzido pela ingestão, digestão dos alimentos, movimentação e outras reações químicas) reduzem a capacidade dos bovinos de eliminar o calor corporal, resultando em uma condição de estresse calórico (De La Sota et al., 1996). Portanto, os animais sob condições mais estressantes (ILP) possivelmente utilizaram de estratégias comportamentais, ou seja, redução do pastejo nas horas mais quentes do dia, com a finalidade de manter o equilíbrio térmico. Resultados semelhantes foram observados em animais em pastejo sob sombreamento por Zanine et al. (2006) e Souza et al. (2010).

Entre as estações não foi observado diferenças no tempo utilizado para pastejo (Tabela 3). Era esperado que, nas estações as quais a altura do dossel forrageiro foi menor e a DIVMS das lâminas foliares fosse maior, maior período para busca e apreensão de forragem fosse observado (Reis e Silva, 2011).

Tabela 3. Frequências de atividades (%) comportamento de pastejo de bovinos Nelore em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de 196 árvores ha⁻¹ (ILPF-1) e integração lavoura-pecuária-floresta com densidade 448 árvores ha⁻¹ (ILPF-2) nas estações verão, outono, inverno e primavera do ano de 2015

	Pastejo	Ruminação em pé	Ruminação deitado	Ócio em pé	Ócio deitado	Outras
Efeito de Sistema						
ILP	45,21	6,78 b	9,89	15,70 b	14,99	7,43
ILPF-1	41,39	8,75 ab	5,96	24,06 a	12,31	7,53
ILPF-2	37,17	12,07 a	6,24	26,36 a	8,96	9,20
Efeito de Estação						
Verão	38,56	11,01 a	9,22	23,55	8,16 b	9,50
Outono	40,61	9,20 ab	6,99	26,23	10,31 b	6,66
Inverno	43,27	11,88 a	6,96	18,30	10,89 b	8,70
Primavera	42,58	4,72 b	6,29	20,09	18,99 a	7,33
Significância						
Sistema	0,0895	0,0324	0,2954	0,0288	0,2000	0,5506
Estação	0,6434	0,0157	0,4977	0,3159	0,0014	0,5137
Erro Padrão da Média	1,60	0,98	0,79	1,65	1,20	0,68

Letras iguais não diferem entre si na coluna pelo t de Student (P<0,05).

O período total utilizado para ruminção (em pé e deitado) não diferiu entre os sistemas ($P=0,4897$) que se deve aos teores de fibra terem apresentado semelhança entre os sistemas (Tabela 1). O comportamento de ruminção ocorreu em consequência ao comportamento de pastejo, no qual apresentou aumento de ruminção após períodos de pastejo (Figura 3B).

Quando comparado o período utilizado para ruminção na posição em pé, a maior frequência foi observada no sistema ILPF-2 e a menor no sistema ILP, enquanto o sistema ILPF-1 não diferiu dos demais. Segundo Grandin (2000), os bovinos são denominados presas e estão permanentemente vigilantes para escapar dos predadores. Coulter e Schimidt (1993) afirmam ainda que, os bovinos apresentam campo de visão amplo para perceber os predadores, sendo capazes de visualizar permanentemente o horizonte durante o pastejo. No sistema ILPF-2, devido ao maior adensamento das árvores, estas parecem servir como barreiras para a visualização do horizonte dos animais, mantendo os animais por um período maior na posição de ruminção em pé (Tabela 3) indicando que os animais estavam vigilantes. No sistema ILP, esse comportamento foi menor, mostrando que os bovinos estavam mais confortáveis quanto ao campo de visão obtido, permitindo-lhes maior controle sobre sua distância de fuga. Não foram observadas diferenças no tempo gasto no período de ruminção deitado.

Não foi observada diferença na frequência de ócio total (em pé e deitado) entre os sistemas ($P=0,3231$), entretanto, ao longo do dia, os animais nos sistemas com árvores mantiveram-se em ócio por período mais prolongado que os animais do sistema ILP (Figura 3C). Nos sistemas ILPFs a redução do tempo dedicado ao ócio de, aproximadamente, 25 para 10 minutos por hora, iniciou-se a partir das 12 horas, enquanto no sistema ILP ocorreu a partir das nove horas, com maior dedicação ao

pastejo, por ser um período em que as temperaturas estavam mais amenas favorecendo o pastejo dos animais no ILP, reduzindo o tempo em ócio.

Quando separado nas posições em pé e deitado, o ócio em pé foi maior nos sistemas ILPFs comparado ao sistema ILP. De forma análoga ao observado no comportamento de ruminação, os animais se mantiveram em alerta por períodos maiores nesses sistemas, sendo que a falta de atividades dos animais durante alguns momentos de atenção podem ter sido confundidos com ócio. Ócio na posição deitado não diferiu entre os sistemas.

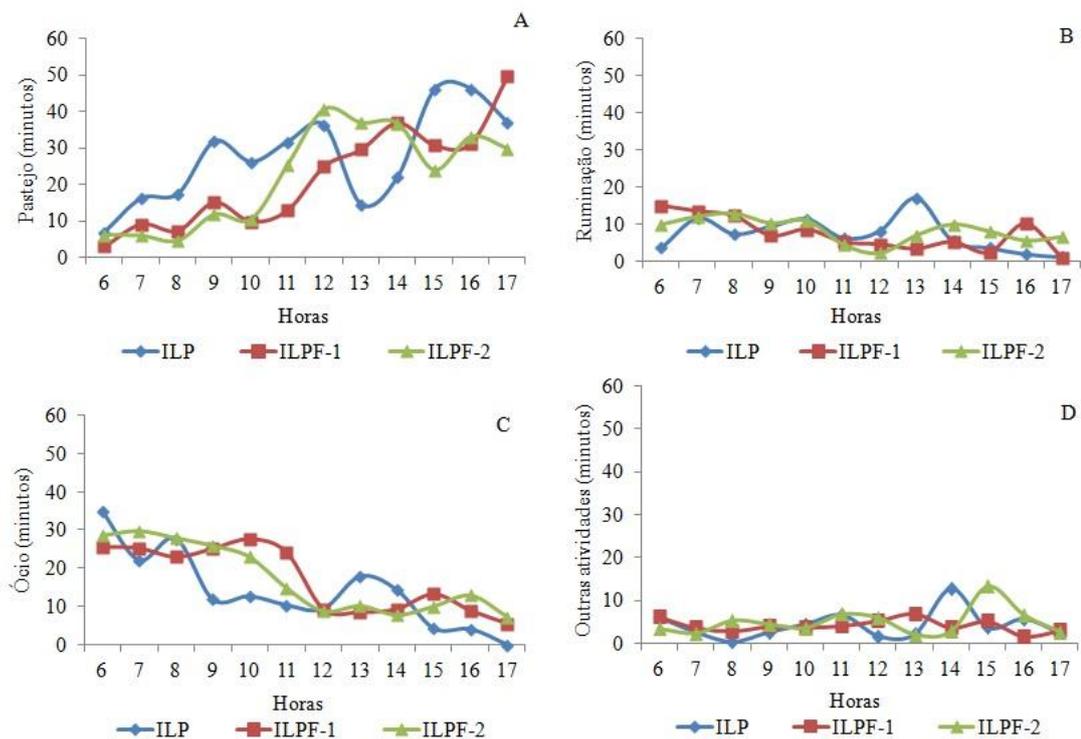


Figura 3. A) Variação diária no tempo de pastejo em função do horário; B) Variação diária no tempo de ruminação em função do horário; C) Variação diária no tempo de ócio em função do horário; e D) Variação diária no tempo de outras atividades em função do horário.

Pelo método de avaliação comportamental utilizado, não foram observadas diferenças no comportamento outras atividades entre os sistemas e nem entre as

estações. Porém, de caráter empírico, nos sistemas ILPFs, além dos comportamentos esperados (interação, consumo de água e sal e excretas), os animais utilizavam parte do tempo de outras atividades em entretenimento com árvores, como quebra de ramos finos, forrageamento de folhas, ou ramoneio, roendo as cascas da árvore e se coçando em seus troncos, como observado por Porfírio da Silva et al. (2012).

Conclusões

A estrutura da forragem em SIPA sob lotação contínua e taxa de lotação variável não é alterada durante o primeiro ano de pastejo, sem acarretar modificações nas frequências de atividades do comportamento de novilhos Nelore.

O sombreamento aumenta os teores de proteína bruta nos sistemas ILPFs e a DIVMS é maior na estação do outono, não interferindo no desempenho dos animais nos sistemas avaliados.

O padrão de comportamento dos animais é modificado pela presença das árvores, com preferência de pastejo nos sistemas ILPFs nas horas com temperaturas mais elevadas, enquanto os animais do sistema ILP preferem períodos com temperaturas mais amenas.

As árvores atuam como barreiras ao campo de visão dos bovinos mantendo-os em estado de alerta e posição em pé por um tempo maior que animais em sistema ILP.

Referências

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 1995. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.

- 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*, 46: i-xii, 2011.
- Bernardino, F. S.; Garcia, R.. Sistemas silvipastoris. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 60, 77-87, 2009.
- Betancourt, K.; Ibrahim, M.; Harvey, C. A.; Vargas, B. Efecto de La cobertura arbórea sobre El comportamiento animal em fincas ganaderas de doble propósito em Mantiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforesteria en las Americas*, Turrialba, v.10, n.39-40, p.47-51. 2003.
- 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. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714. 1981.
- 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 Tropicales*, 17: 24-30, 1995.
- Carvalho, P. C. F.; Ribeiro Filho, H. M. N.; Poli, C. H. E. C.; Moraes, A.; Delagarde, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: Mattos, W. R. S. (Org.). *Anais da XXXVIII Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Piracicaba, 2001, v.1, p. 853-871
- Carvalho, P. C. F.; Genro, T. C. M.; Gonçalves, E. N.; Baumont, R. A estrutura do pasto como conceito de manejo: reflexos sobre o consumo e a produtividade. In: Reis, R. A. et al. (Ed.). *Volumosos na produção de ruminantes*. Jaboticabal. Funep, 2005. p. 107-124.
- Carvalho, P. C. F.; Gonda, H. L.; Wade, M. H.; Mezzalira, J. C.; Amaral, M. F.; Gonçalves, E. N.; Santos, D. T.; Nadin, L.; Candal Pol, C. H. E. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o quê pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. IV Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem e II Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. Viçosa. 2008.
- Chizzotti, M. L.; Chizzotti, F. H. M.; Consumo e Digestibilidade de Plantas Forrageiras. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, GR. *Forragicultura: Ciência, tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros*. P.425-435. 2013.
- Coulter, D. B.; G. M. Schmidt. 1993. Special senses. 1: Vision. In: M.J. Swenson and W.O. Reece (Ed.) *Duke's physiology of domestic animals* (11th ed.). Comstock Publishing Associates, Ithaca.

- De La Sota, R. L.; Risco, C. A.; Moreira, F. Efficacy of a timed insemination program in dairy cows during summer heat stress. *Journal of Animal Science*, v. 74, suppl. 1, p. 133, 1996.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- Gobbi, K. F.; García, R.; Garcez Neto, A. F.; Pereira, O. G.; Rocha, G. C. Valor nutritivo do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. *Arquivo Zootecnia*. 59 n.227 Córdoba sep. 2010.
- 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*, 38: 1645-1654, 2009.
- Gomide, J. A., Queiroz, D. S. Valor alimentício das Brachiarias. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 11, 1994. Piracicaba. Anais... Piracicaba:FEALQ, 1994. p.223.
- Grandin, T. *Livestock Handling and Transport*. CABI, Publishing, Wasllingford, Oxon (Reino Unido), 2000, cap. 5, p. 63-85.
- Hogdson, J. *Grazing managment: science into pratice*. Ed. Longman Scientific & Technical. 1990. 203.p.
- Holden, L. A. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*, v.2, n.8, p.1791-1794, 1999.
- Karvatte Jr., 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. *Int J Biometeorol*, 2016.
- Kichel, A. N.; Costa, J. A. A.; Almeida, R. G.; Paulino, V. T. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)-experiências no Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, SP. v. 71, n. 1, p.94-105, 2014.
- Klosowski, E. S.; Campos, A. C.; Campos, A. C.; Gasparino, E. Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2002.
- Kluthcouski, J.; Pacheco, A. R.; Teixeira, S. M.; OLIVEIRA, E. T. de. Renovação de pastagem do 33 cerrado com arroz. 1- Sistema Barreirão. Goiânia-GO: EMBRAPA-CNPAP; 20p. 34 Documentos, 33, 1991.
- Martin, P.; Bateson, P. *Measuring behavior: an introductory guide*. Cambridge-UK: Cambridge University Press, 1986.

- Mertens, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.*, 85:1217-1240.2002.
- Minson, D. J.; J. R. Wilson. 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. In: Fahey, Jr. National conference on forage quality; forage quality, evaluation, and utilization. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. p. 533-563.
- Mott, G. O.; Lucas, H. L. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International Grassland Congress, 6., State College, 1952. Proceedings. State College, State College Press, 1952.
- Paciullo, D. S. C.; Carvalho, C. A. B.; Aroeira, L. J. M.; Morenz, M. J. F.; Lopes, F. C. F.; Rossiello, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42: 573-579, 2007.
- Paciullo, D. S. C.; Campos, N. R.; Gomide, C. A. M.; Castro, C. R. T.; Tavela, R. C. Rossiello, R. O. P. Crescimento do capim-braquiária influenciado pelo nível de sombreamento e pela estação do ano. *Revista Agropecuária Brasileira*, 43: 317-323, 2008.
- Pizzuti, L. A. D.; Filho, D. C. A.; Bronani, I. L.; Freitas, L. S.; Metz, P. A. M.; Callegaro, A. M.; Pacheco, R. F.; Pereira, L. B. Production parameters and forage loss of oat and rye grass pastures managed with beef heifers fed diets with energy supplementation. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2012; 41(8):1928-193
- 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. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 32, n. 70, p. 67-76, 2012.
- Prache, S.; Peyraud, J. Préhensibilité de l'herbe pâture chez les bovins et les ovins. *INRA Productions Animales*, 10:377, 1997.
- Reis, R. A.; Silva, S. C. Consumo de Forragens. In: Berchinelli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. Funep, 2011. Jaboticabal. P. 83:114. Luiz de Quiroz”, Universidade de São Paulo.
- Sollenberger, Lynn E., and Eric S. Vanzant. Interrelationships among forage nutritive value and quantity and individual animal performance. *Crop Science* 51.2 (2011): 420-432.
- Souza, W.; Barbosa, O. R.; Marques, J. A.; Gasparino, E.; Cecato, U.; Barbero, L. M. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.3, p.677-684, 2010.

- Tilley, J. M. A.; Terry, R. A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland*, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- Thorntwaite, C. W.; Mather, R. J. 1955. The water balance. v.8. Laboratory of Climatology, New Jersey. 104p.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, E B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74: 3583-3597, 1991.
- Zanine, A. M.; Santos, E. M.; Parente, H. N.; Ferreira, D. J.; Cecon, P. R. Comportamento da ingestão em bovinos (ruminantes) em pastagem de capim *Brachiaria decumbens* na região Centro-Oeste do Brasil. *Archives of Veterinary Science*, v.11, n.2,p.17-24, 2006.

CAPÍTULO 4

Implicações

A condução do presente estudo pode apresentar resultados aplicáveis para condução de SIPAs em propriedades rurais, entretanto, à extensão territorial da área (25 ha) de estudo - impossibilitou a execução de algumas avaliações que esclareceriam melhor alguns resultados obtidos.

Avaliações da população de perfilhos de capim-marandu em SIPAs submetidos ao primeiro ano de pastejo sob lotação contínua e taxa de lotação variável juntamente com o respaldo encontrado na literatura fortaleceriam a discussão a respeito de massa de forragem, tendo em vista as constantes mudanças apresentado pelo crescimento do componente arbóreo associados às variações climáticas ao longo das estações. Essas avaliações não foram realizadas, em virtude, de a área experimental ser extensa, o que demandaria um número grande de pessoas envolvidas e vários dias de avaliação, tornando a análise inviável.

O plantio das árvores foi feito em nível, devido à declividade do terreno, visando proteção do solo contra erosões, por esse motivo, não há um padrão de direcionamento das árvores ocasionando duração do período de insolação diferente entre as unidades experimentais. Portanto estudos da dinâmica de acúmulo de tecido em diferentes distâncias dos renques necessitam de critérios de subparcelas dentro das unidades experimentais para minimizar esses efeitos e assim obter maiores informações sobre fluxo de tecidos em SIPAs em Latossolo no Extremo oeste do estado de São Paulo.

Condições climáticas irregulares, diferindo da média histórica, em determinados períodos, acarretaram em maior crescimento da forragem, com riscos de alterações da estrutura e oferta de forragem pelo número de animais utilizados. Tal situação mostra-se muito próxima a enfrentada por pecuaristas, tanto em pastagens com alta e/ou baixa oferta de forragem. O desafio para boa condução do *put and take*, está em existir áreas reservas de pastagens semelhantes às utilizadas no estudo para manter número de animais reguladores nos períodos de estacionalidade da forrageira, assim como número de animais capaz de consumir a forragem produzida nos períodos de alta disponibilidade de forragem.

Somado a esses fatores, áreas de pastejo extensas, como as do estudo, possibilitaram desuniformidade do pastejo, apresentando subáreas dentro dos piquetes

com estrutura e massa de forragem com amplitude de variação. Unidades experimentais menores para avaliação do pasto possibilitariam maior acurácia dos dados, entretanto, oneraria a instalação de estruturas da pastagem, como cercas e bebedouros, além de dificultar a condução do manejo dos animais.

A dificuldade em se separar os efeitos dos fatores abióticos água, luz e nutrientes em SIPAs é grande, devendo-se minimizar as possibilidades de efeitos isolados. Para tanto, a reposição de nitrogênio aos sistemas mostra-se necessária ao longo do tempo para se observar a produtividade de forragem nos sistemas quando outros fatores, como água e luz, forem limitantes ou não, especialmente quando as avaliações ocorrem em períodos prolongados de estudo.

Avaliação da interceptação da radiação pelas árvores deve ser realizada periodicamente para que se possa compreender como o desenvolvimento das copas das árvores e estações do ano e o impacto na produção de forragem. De maneira complementar, o uso de espectrofotômetro nas entrelinhas auxiliariam na identificação dos espectros de luz disponíveis nos sistemas ILPFs, e as modificações ao longo das estações e o impacto sobre as características estruturais da pastagem.

O microclima criado dentro de cada SIPA pode acarretar em modificações comportamentais dos animais ali alocados. O uso de estações meteorológicas em cada sistema possibilitaria o entendimento e identificação das variáveis ambientais, assim como os índices de conforto térmico para bovinos, auxiliando na interpretação das atividades comportamentais em função do ambiente.

Avaliações do comportamento em dias consecutivos ou não, dois ou três, dentro de cada estação possibilitaria a redução de períodos sem observação, por interrupções devido às intempéries, em especial nas estações chuvosas. Entretanto, despesas com alimentação e transporte para manter equipe de observadores em campo por períodos ainda maiores é fator consideravelmente de impedimento.

O período de 12 horas de observação de animais em pastejo em SIPAs deixa uma lacuna a respeito do comportamento de bovinos no intervalo noturno, principalmente se animais em ILPF compensam o período de pastejo nas horas de escuridão. Entretanto, a impossibilidade visual durante à noite somado a presença de animais da fauna local que poderiam trazer riscos à equipe, desestimularam que o trabalho fosse realizado.

Diante das implicações citadas, para a elucidação dos aspectos levantados até o momento existe a necessidade de financiamento à pesquisa científica e tecnológica em SIPA.

ANEXOS

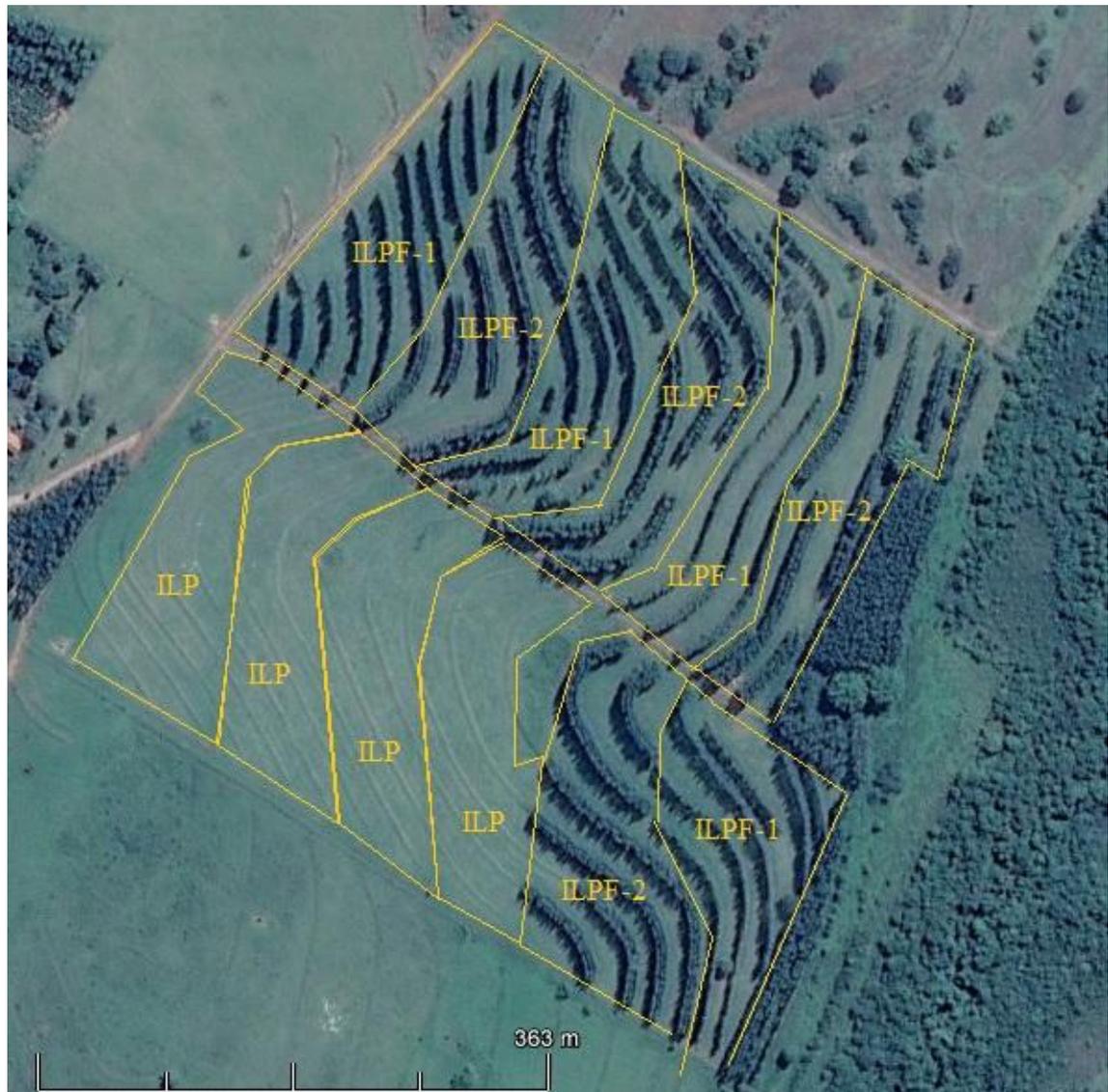


Figura 1. Croqui da área experimental. Imagem: Google Earth (2016).

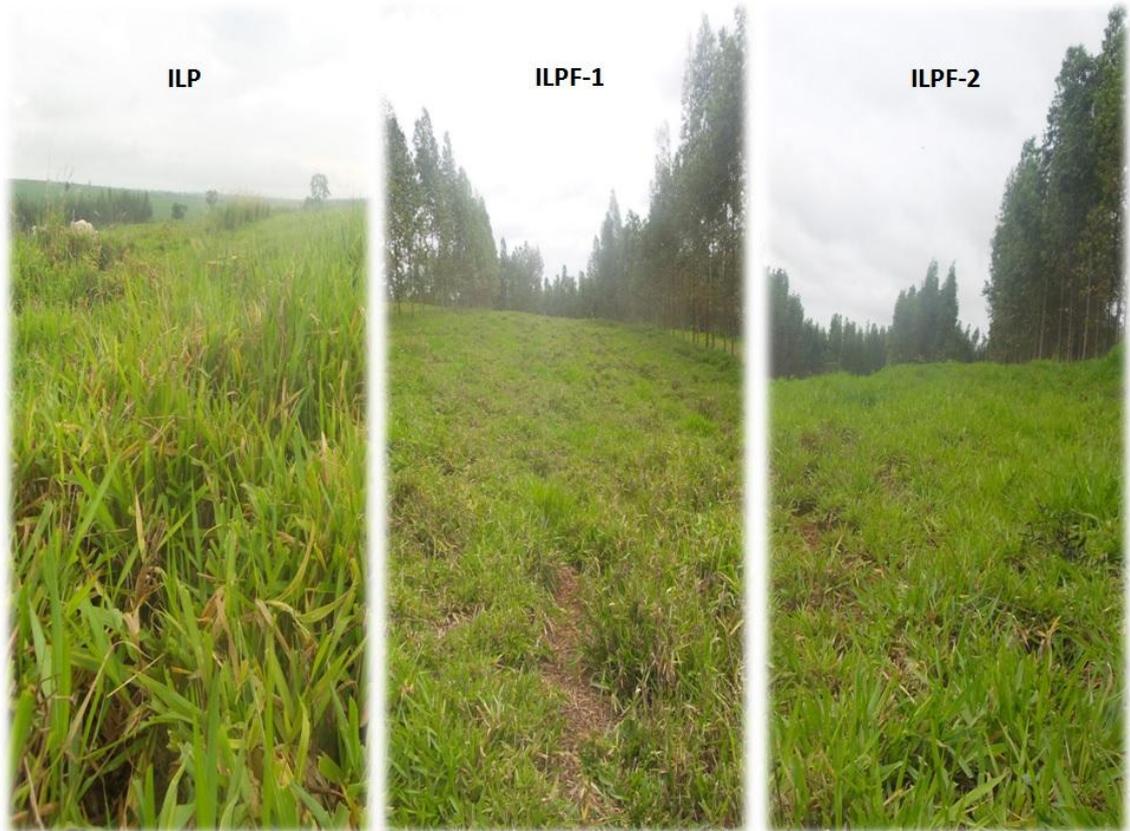


Figura 2. Cobertura de pastagem nos sistemas ILP, ILPF-1 e ILPF-2, respectivamente. Fotos: Arquivo pessoal.

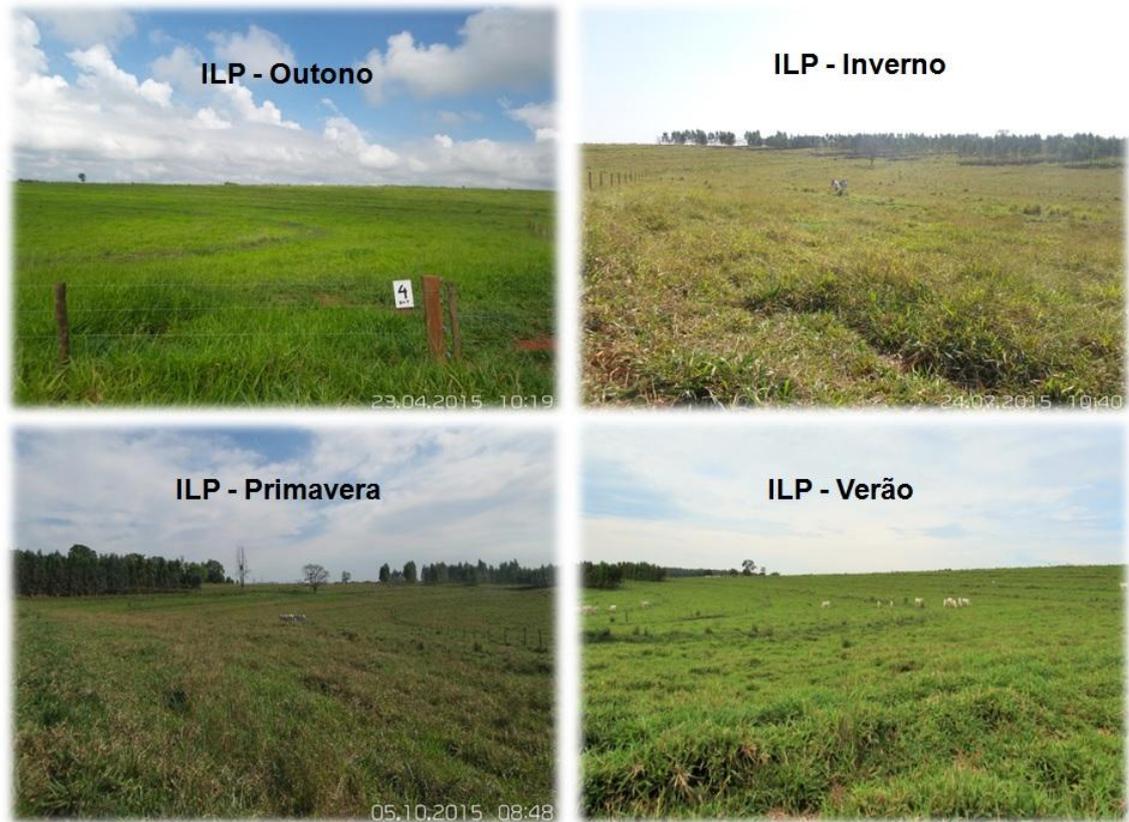


Figura 3. Sistema ILP nas estações do outono, inverno, primavera e verão. Fotos: arquivo pessoal (outono, inverno e primavera); Patrícia Aparecida Cardoso da Luz (Verão).

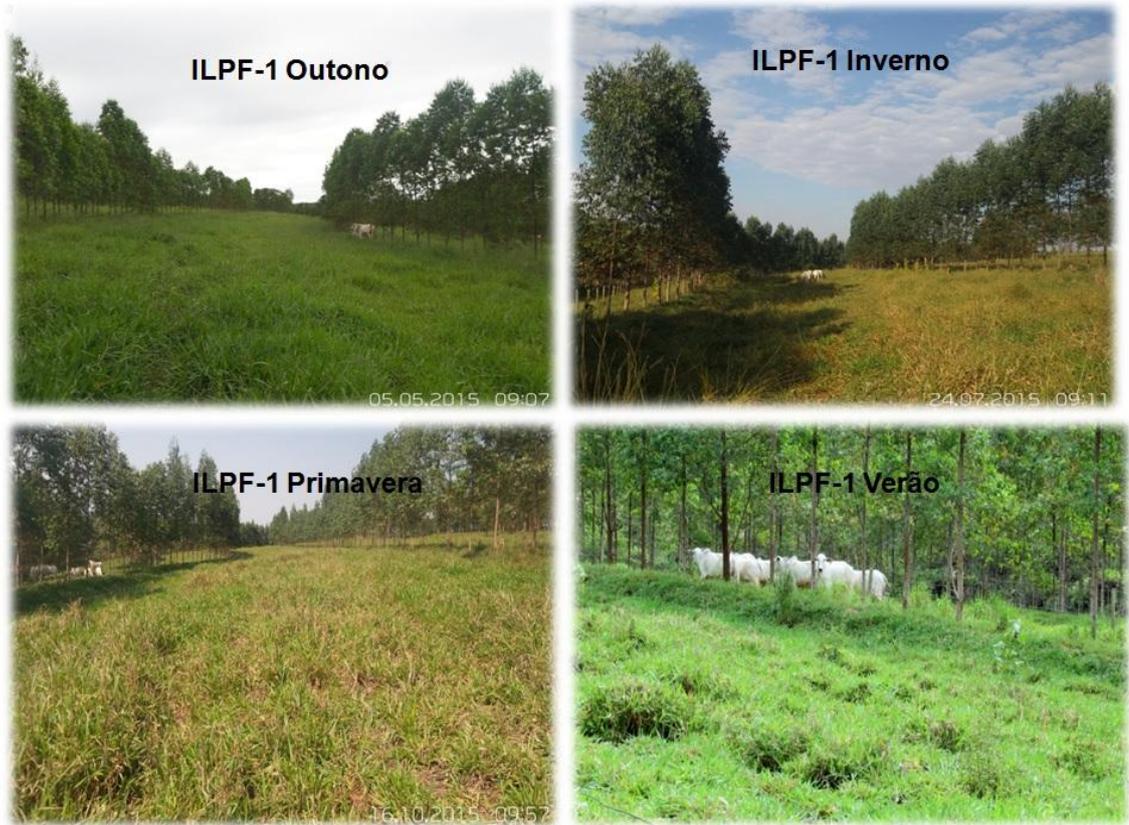


Figura 4. Sistema ILPF-1 nas estações do outono, inverno, primavera e verão. Fotos: arquivo pessoal (outono, inverno e primavera); Patrícia Aparecida Cardoso da Luz (Verão).

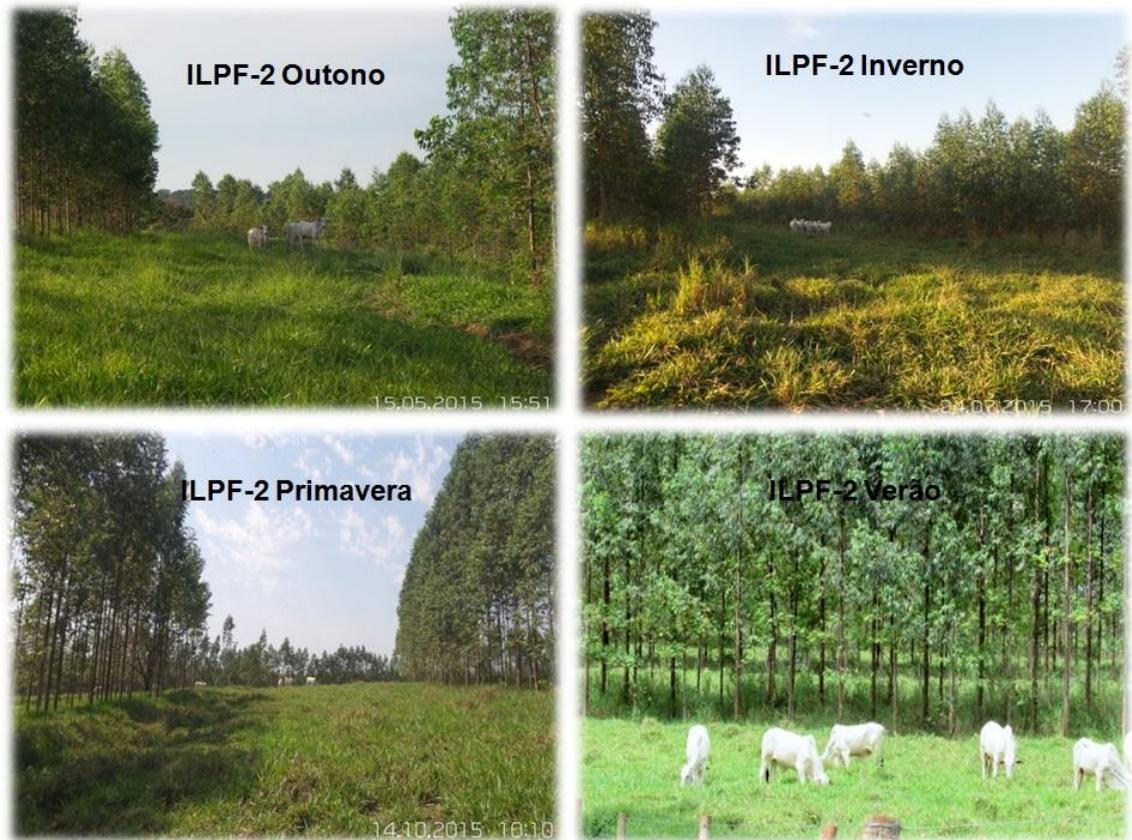


Figura 5. Sistema ILPF-1 nas estações do outono, inverno, primavera e verão. Fotos: arquivo pessoal (outono, inverno e primavera); Patrícia Aparecida Cardoso da Luz (Verão).