

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**PRODUTIVIDADE FORRAGEIRA, DEGRADABILIDADE RUMINAL DO
CAPIM-PIATÃ (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) E DESEMPENHO DE
BOVINOS DE CORTE EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA-FLORESTA**

Mariana Pereira

CAMPO GRANDE, MS

2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**PRODUTIVIDADE FORRAGEIRA, DEGRADABILIDADE RUMINAL DO
CAPIM-PIATÃ (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) E DESEMPENHO DE
BOVINOS DE CORTE EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA-FLORESTA**

Forage productivity, ruminal degradability of Piatã grass (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) and beef cattle performance under integrated crop-livestock-forestry systems

Mariana Pereira

Orientadora: Profa. Dra. Maria da Graça Moraes

Co-Orientador: Dr. Roberto Giolo de Almeida

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção
Animal.

CAMPO GRANDE, MS

2017

AGRADECIMENTOS

Obrigada Deus, por este dia em que o Senhor me permitiu amanhecer, pela família que me deu, pelas pessoas que colocaste em meu caminho, minha profissão. Por tudo que vivi e aprendi durante o Mestrado.

Agradeço aos meus pais, José Avelino e Lúcia Maria Pereira pelos exemplos de dedicação seriedade e comprometimento, por terem me apoiado tanto emocionalmente quanto financeiramente para o desenvolvimento desta pesquisa. Aos meus sete irmãos e minha prima Pâmela, pela paciência e compreensão durante toda essa fase. Mas o agradecimento à minha família é principalmente ao amor que sentimos uns pelos outros.

Aos meus orientadores Profa. Dra. Maria da Graça Moraes e Dr. Roberto Giolo de Almeida, pela paciência, correções, ensinamentos, oportunidades e liberdade que sempre tiveram para comigo, me respeitando sempre como profissional, desde minha graduação.

Aos professores, Dr. Gumerindo Lorian Franco e Dra. Beatriz Lempp pelas sugestões e revisão da metodologia da pesquisa.

À Dra. Denise Baptaglin Montagner, por suas colaborações na pesquisa, assim como no segmento textual.

Aos pesquisadores Dr. Rodrigo Amorim Barbosa e Dr. Rodrigo da Costa Gomes, por contribuírem com a qualidade deste trabalho participando da banca examinadora.

Ao Dr. Davi José Bungenstab, pelos conselhos e orientações profissionais que contribuíram para meu crescimento durante o curso de mestrado.

À Dra. Andrea Roberto, pelas correções da parte escrita do trabalho.

À doutoranda Valéria Ana Corvalã dos Santos pelo desenvolvimento da pesquisa em conjunto, contribuindo para meu avanço na área científica.

À doutoranda Sarah Glatzle, também, pelo desenvolvimento da pesquisa em conjunto, por sua amizade, auxílio com o inglês e oportunidades que me concedeu, assim como, meu agradecimento vai aos seus professores e orientadores Dr. Marcus Giese e Dr. Folkard Asch da Universidade de Hohenheim, Alemanha.

Ao professor Dr. Luis Alfonso Giraldo Valderrama, seus alunos, em especial ao Julian A. Jaramillo e a técnica do laboratório BIORUM Alexandra T. Ospina, da Universidade Nacional da Colômbia pela oportunidade e realização de parte deste trabalho em sua instituição de ensino.

A todos os estagiários tanto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) quanto da Embrapa Gado de Corte que me auxiliaram nas coletas de dados. Agradeço também os técnicos das duas instituições, em especial ao sr. Antônio Straviz da UFMS, e o Paulino Gomes, Odivaldo Nantes e sr. José Lobo da Embrapa, que foram essenciais com os materiais e métodos.

Às minhas amigas e amigos, em especial Beatriz Polese, Loiva Tiemann, Natália F. Ouriveis, Kamylla Menezes e Ana P. Viscardi, que sempre me apoiaram, compreenderam minha ausência, bem como contribuíram nos momentos de lazer.

À Embrapa Gado de Corte e seus funcionários.

À Capes pela concessão da bolsa de estudo.

A todos os professores e o programa de Pós-Graduação da UFMS.

Muito obrigada!

Resumo

PEREIRA, M. Produtividade forrageira, degradabilidade ruminal do capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) e desempenho de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

RESUMO: Objetivou-se avaliar a produtividade forrageira, parâmetros de degradação e fermentação ruminal do capim-piatã, e o desempenho de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Cerrado brasileiro. Os sistemas avaliados apresentavam diferenças no arranjo espacial do componente arbóreo: estandes de 357 (iLPF1) e 227 (iLPF2) árvores de eucalipto ha⁻¹ e um sistema de integração lavoura-pecuária (iLP), correspondendo ao sistema controle. As avaliações foram realizadas de junho de 2015 a maio de 2016. Mensalmente foram coletadas amostras para determinação das características produtivas, estruturais e qualitativas da forragem. Para avaliar os parâmetros de degradação e fermentação utilizou-se a técnica de produção de gases *in vitro*. Os animais foram pesados mensalmente para determinação dos ganhos de peso e ajustes na taxa de lotação dos piquetes. Os dados foram agrupados por estações do ano. O sistema iLP possibilitou maior produtividade forrageira e consequentemente, maior produção animal por área, com animais pastejando durante o ano todo. O sistema com menor número de árvores permitiu maior produção animal por área do que o sistema com mais árvores, também com mais dias de pastejo, contudo, nos sistemas com árvores não foi possível o pastejo dos animais durante o ano todo. O aumento na intensidade do sombreamento melhora o valor nutritivo da forrageira, com produções de N-NH₃ satisfatórias e beneficia a concentração e relação dos ácidos graxos voláteis produzidos, com maiores produções de propionato.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, estrutura da pastagem, gramínea tropical, produção animal, sombreamento

Abstract

PEREIRA, M. 2017. Forage productivity and ruminal degradability of Piatã grass (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) in the beef cattle performance under integrated crop-livestock-forestry systems. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

ABSTRACT: The objective was to evaluate forage yield, degradability and fermentation parameters of the Piatã grass, the beef cattle performance under integrated crop-livestock-forestry system, in the Brazilian Cerrado. Two integrated crop-livestock-forestry (iCLF) systems were evaluated; one with 357 eucalyptus tree ha⁻¹ and another with 227 eucalyptus tree ha⁻¹, an integrated crop-livestock (iCL) corresponding to control system. The evaluation started in June, 2015 until May, 2016. Samples were collected monthly to determine the productive, structural and qualitative characteristics of the forage. It was used the *in vitro* gas production technique to estimate the degradability and fermentation parameters. The animals were weighed monthly to determine the weight gains and adjustments in the stocking rate of the paddocks. The results from these assessments were grouped per seasons. iCL system enables higher forage yield, consequently higher animal gain per area, with grazing during whole year. The system with lower tree density enabled higher animal gain per area than system with higher tree density, with more days of grazing also, however, these systems wasn't able to provide grazing during whole year. The increase in the shading degree improved the forage nutrition value, with satisfactory N-NH₃ production and benefited the concentration and volatile fatty acids ratio produced, with higher propionate production.

Keywords: animal production, *Brachiaria brizantha*, pasture structure, shading, tropical grass

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	8
2.2 Influência do sombreamento na produção forrageira em sistemas iLPF	11
2.3 Desempenho animal em sistemas iLPF	16
REFERÊNCIAS	19
3. ARTIGO 1 – Desempenho de bovinos de corte em pastagem de capim-piatã em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta	
Resumo	23
Abstract	24
Introdução	25
Material e Métodos	26
Resultados e Discussão	30
Conclusões	43
Referências	43
4. ARTIGO 2 - Parâmetros de degradação e fermentação de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã em sistemas de integração estimados pela técnica de produção de gases <i>in vitro</i>	
Resumo	47
Abstract	48
Introdução	49
Material e Métodos	50
Resultados	56
Discussão	62
Conclusões	65
Referências	66

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) são estratégias de produção sustentável, a qual integra na mesma área, atividades agrícolas, pecuária e florestais. A implantação e manejo destes sistemas ocorrem com base nos princípios da rotação de culturas e do consórcio entre cultura de grãos, forrageiras e/ou espécies arbóreas, para produção de grãos, carne ou leite, produtos madeireiros e não madeireiros, ao longo do ano (Balbino et al., 2011a).

As linhas de pesquisa ou de transferência de tecnologia e fomento precisam ser fortalecidas para inserção dos sistemas integrados, na qualidade de proposta sustentável. As particularidades dos biomas brasileiros, a presença das árvores e as inúmeras possibilidades de utilização e arranjos dos componentes que formam o sistema, como no decorrer dos anos a rotação entre lavoura-pecuária, resultam na dinâmica e complexidade dos sistemas iLPF, portanto, necessitam continuamente de pesquisas científicas e tecnológicas de longa duração e regionalizadas, com foco em suas inter-relações (Balbino et al., 2011b).

Um dos recursos naturais bastante afetado pela associação dos componentes em uma única área, é a entrada de radiação, fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nas plantas. As árvores do sistema a modificam, ao promover sombreamento da área em que as forrageiras e a cultura agrícola estão inseridas. A variação da intensidade do sombreamento está relacionada com a espécie florestal, arranjo espacial, orientação do plantio, idade das árvores, período do ano e a distância entre as espécies presentes no sub-bosque e as árvores (Macedo et al., 2010).

As cultivares de gramíneas tropicais usadas em monocultivo não são adaptadas ao sombreamento, levando a até 60% de redução na taxa de acúmulo de forragem das gramíneas (Andrade et al., 2004). A taxa de crescimento diária das forrageiras torna-se limitada, em consequência desta restrição de energia necessária aos processos fotossintéticos. Esta adversidade, demanda uma série de adaptações fisiológicas e morfológicas, denominadas aclimação, as quais permitem o crescimento e desenvolvimento da forrageira que poderá ser consumida pelos animais sob pastejo (Pedreira & Pedreira, 2007).

O uso de espécies florestais inseridas em pastagens sem causar danos à produção vegetal e animal é possível na hipótese de escolher forrageiras que possam crescer e

produzir biomassa em ambientes sombreados, e sob pastejo, assim como, manejá-las conforme seu novo padrão de crescimento e produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar características anatômicas e químicas de cultivares de gramíneas tropicais, a massa e a densidade forrageira, relação folha:colmo, valor nutritivo, degradabilidade ruminal e a produção animal em pastagens de capim-Piatã em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, no Cerrado brasileiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)

A atividade pecuária possui relevância sob o aspecto econômico, ambiental e social nas regiões tropicais, em especial no Brasil. Esta atividade exerce participação expressiva na economia deste país, conjuntamente, ocupa um vasto espaço territorial, desenvolvida normalmente, em regime de pastagens.

O Censo Agropecuário em 2006, apontou que a área ocupada por pastagens era da ordem de 172 milhões de hectares, dos quais 120 milhões de hectares eram pastagens cultivadas (Valle et al., 2009). As pastagens são, portanto, um dos maiores e mais importantes ecossistemas do Brasil, consistem em entidades complexas formadas pela associação de componentes bióticos, tais como as plantas, os animais e outros organismos, e abióticos; o solo, os nutrientes e a atmosfera, arrançados de forma hierárquica e interativa (Silva et al., 2008).

As cultivares mais utilizadas pertencem ao gênero *Brachiaria* e *Panicum*, foram introduzidas, na generalidade, em solos marginais quando comparados àqueles usados pela agricultura de grãos, com problemas de fertilidade natural, acidez, topografia, pedregosidade ou limitações de drenagem (Macedo, 2009).

O sistema de manejo extensivo das pastagens é predominante nas propriedades rurais, portanto, encontram-se situações de uso intensivo do solo, lotação animal inadequada, não reposição de nutrientes associada à escolha errada da espécie forrageira, e conseguinte o desbalanceamento das condições físicas, químicas e biológicas do solo (Peron & Evangelista, 2004). Estas extensas áreas de pastagens degradadas ou em processo de degradação, principalmente na região do Cerrado, bioma brasileiro com maior produção agropecuária, tem justificado que as áreas para

exploração de bovinos, especialmente de corte, comumente apresentam problemas de produtividade e de sustentabilidade da produção (Macedo, 2009).

Em torno de 70 milhões de hectares de pastagens nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, se encontram nesse processo de degradação, correspondendo portanto, em pastagens improdutivas ou de muito baixa produtividade, conseqüentemente, os índices zootécnicos dessas pastagens estão abaixo do seu real potencial produtivo. A recuperação dessas áreas poderia elevar consideravelmente a atual produção de carne e leite dessas regiões, sem a necessidade de derrubar uma só árvore, e assim, para cada hectare de pastagem recuperada, pelo menos 2 ha de vegetação natural, seja de floresta, cerrado, caatinga, deixariam de ser desmatados. O aumento da produtividade permitiria ainda, que parte das áreas atualmente sob pastagens nessas regiões, fosse convertida para outros fins agrícolas, florestais ou de preservação (Dias-Filho, 2011).

O sistema iLPF é a combinação intencional das atividades agrícolas, pecuária e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado. Há, no entanto, opções de cultivo da lavoura e pecuária; iLP, da lavoura e floresta; iLF, da pecuária e floresta; iPF e das três atividades; iLPF (Balbino et al., 2011a). Esta combinação de componentes trazem diversos benefícios ao local de implantação, especialmente a recuperação da capacidade produtiva de pastagens e solos degradados e a intensificação do uso da área.

A pastagem proporciona à lavoura melhorias na estrutura do solo, em função do sistema radicular abundante e do resíduo de material orgânico deixado na superfície e em subsuperfície. Em função disso ocorre também melhora das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Loss et al., 2011; Silva et al., 2011). Algumas culturas agrícolas também trazem benefícios ao solo, através da fixação biológica de nitrogênio e das correções necessárias da acidez e fertilidade do solo para implantação da cultura. Tais práticas agregam ao solo nutrientes residuais o que oportuniza o crescimento das espécies florestais e forrageiras subsequentes (Alvarenga et al., 2010).

Em áreas cultivadas com lavouras, especialmente com integração lavoura-pasto, podem encontrar uma superioridade na produtividade das culturas e forrageiras em relação àquelas em processo de construção da fertilidade do solo, ou seja, locais de monocultivo (Alvarenga et al., 2010). Além disso, este sistema de produção, iLP, adotado principalmente por agricultores, tem intensificado o uso dos recursos naturais

disponíveis, sobretudo a área, já que pressupõe seu uso contínuo. Desta forma, utilizam-se o sistema consorciado de culturas graníferas com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Brachiaria*, outras formas de uso são com pastagens anuais de inverno, em cultivo exclusivo ou em consórcio de gramíneas com leguminosas, utilizadas na região sul do país (Pariz et al., 2011).

A adição do componente florestal ao sistema, evoluindo para iLPF, aumenta as possibilidades de utilização e combinações das atividades, assim como os benefícios ambientais, como a cobertura e o enriquecimento do solo, por meio da deposição de camada densa de material orgânico, estabelecida continuamente pela queda das folhas e ramos, denominada de serrapilheira. A serrapilheira é importante para reativação da ciclagem de nutrientes, pois melhora as condições para o restabelecimento da vegetação e as condições microclimáticas, tais como umidade relativa do ar, amplitude térmica e intensidade dos ventos (Balbino et al., 2011b).

A associação de árvores com pastagem ou lavoura, todavia, também traz uma série de complicações para sua adoção e manejo, e o conhecimento dos proprietários rurais e até de técnicos e pesquisadores sobre os sistemas iLPF são, ainda limitados. Existe a necessidade de informações básicas a respeito de espaçamento ou de espécies a serem utilizadas, manejo, efeitos alelopáticos, entre outros. O componente florestal pode diminuir o rendimento dos cultivos agrícolas e pastagens dentro do sistema, principalmente em razão da competição por luz, nutrientes e água, como também pode ocorrer excessiva exportação de nutrientes com as colheitas. A mecanização torna-se mais difícil, pois o arranjo dos indivíduos na área, engloba espécies de portes diferentes (Macedo et al., 2010).

Estas inúmeras ressalvas do sistema são efeitos da diversidade biológica, porque são espécies vegetais e animais explorando distintos nichos. Os aspectos ecofisiológicos da interação entre as árvores, cultura agrícolas e gramíneas que se desenvolvem no sub-bosque possibilitam muitas formas de utilização e arranjos dos diversos componentes, gerando complexidade ao sistema.

No entanto, o potencial de produção do sistema iLPF conjuntamente aos seus benefícios conseguidos, especialmente por aumentar a capacidade de utilização de uma área, motivam a agropecuária, sobretudo no Brasil, visto que o país concentra expectativas de complementar o abastecimento de alimentos para população mundial e

contribuir com a geração de energia renovável, sustentavelmente, sem comprometer a vegetação nativa, conservação dos solos, recursos hídricos e o desenvolvimento socioeconômico regional.

2.2 Influência do sombreamento na produção forrageira em sistemas iLPF

A presença do componente florestal no sistema modifica o interior do sub-bosque, interferindo na radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que alcança a base do dossel, temperatura e umidade do ar e solo, reciclagem e competição por nutrientes, entre outras variáveis que interferem no desenvolvimento da cultura agrícola e da forrageira. Dentre estes elementos a RFA é um dos mais importantes pois é determinante do potencial de crescimento das culturas produtivas (grãos e forrageiras) cultivadas sob a copa das árvores (sub-bosques).

A taxa de fotossíntese é limitada por diferentes fatores como suprimento de luz, O_2 , e temperatura. O suprimento de energia solar é imenso e contínuo, a assimilação fotossintética do carbono é responsável diretamente por 90% do peso seco das plantas, enquanto apenas 10% estariam relacionados aos minerais absorvidos no solo. A capacidade da forragem em produzir biomassa parece ser ilimitada, todavia uma reduzida parcela da energia incidente é efetivamente transformada nesta produção primária (Robson et al., 1988).

O ambiente de luz para o desenvolvimento da planta tem fundamental importância. Sua adaptação ao ambiente depende do ajuste de seu aparato fotossintético de modo que a luminosidade ambiental seja utilizada da forma mais eficiente possível. Os sistemas integrados são dinâmicos e abrangem um ambiente luminoso irregular em seu sub-bosque, devido ao sombreamento imposto pelo componente florestal, por isso espera-se diferentes respostas dos demais componentes.

Em um sistema iLPF com árvores de eucalipto, cuja altura média era de 22,2 m e o arranjo espacial das árvores de 22 x 2 m, correspondendo a um estande de 227 árvores/ha, por exemplo, verificou-se que a irradiância da RFA em um dia ensolarado, à tarde, foi de $1.034 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ e em um ponto do sub-bosque com 2 m de distância da fileira das árvores foi de $94 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, podendo observar a tamanha influência das árvores na RFA que entra no dossel (Pereira et al., 2014). Estes valores, contudo são bastante variáveis, pois dependem de características como o tipo de copa, a altura, o

espaçamento arbóreo, a orientação (norte-sul ou leste-oeste) e os arranjos de plantio do componente florestal. Efetivamente, o ambiente de sistemas iLPF comportam modificações bruscas ao longo do dia, o que reflete na quantidade, qualidade e frequência da radiação disponível para as plantas.

A transmissão de luz de um sub-bosque em sistema iLPF na região do Cerrado, utilizando clones de eucalipto, correspondeu a 32% da densidade de fluxo de fótons medida a pleno sol, nesta época da avaliação, o sol encontrava-se inclinado para o Norte, assim grande parte da luz solar direta foi interceptada pela copa das árvores. Provavelmente, no verão a transmissão de luz no mesmo sub-bosque seria em torno de 50%, com menor interceptação de luz pela copa das árvores devido a menor inclinação solar, portanto, o componente forrageiro do sistema está exposto a um regime de restrição e intermitência luminosa, alternando desta forma sua atividade fotossintética (Andrade et al., 2003).

Esta restrição de luz fotossintética ativa leva as forrageiras a desenvolverem alterações morfofisiológicas e estruturais, tais como organização espacial das folhas, distribuição horizontal e vertical das folhas e pelos ângulos e tamanho foliares, componentes teciduais e saturação lumínica, para adaptarem e crescerem nestes ambientes (Pedreira & Pedreira, 2007).

A aclimação fenotípica às condições de baixa radiação ocorre, principalmente durante o crescimento e a diferenciação dos componentes de assimilação (folhas), o que condicionam a alocação preferencial dos compostos de carbono, produtos da fotossíntese, pelas diferentes partes da planta.

Os organismos eucarióticos necessitam da mobilização de açúcares do sítio de síntese ou absorção (fonte) para as células que os utilizam tanto para crescimento ou fonte de energia (dreno) (Taiz & Zeiger, 2013). A relação fonte/dreno da forrageira, assim como a partição de fotossintatos (compostos de carbono, produtos da fotossíntese) se alteram conforme o estado fisiológico da planta, as condições do meio e manejo. As folhas do topo e da base apresentam diferença de idade e proximidade dos drenos da planta. As folhas do topo, mais novas, encontram-se mais próximas do meristema apical, ao passo que as folhas da base, mais velhas, estão localizadas mais próximas da raiz e perfilhos, representando ser um padrão de distribuição dos componentes, resultado da força e distância dos drenos em relação à fonte (Ryle, 1970).

Em condições adversas, como o sombreamento, a formação da área foliar ocorre principalmente a partir da emissão de novas folhas durante o perfilhamento e alocação de assimilados para o meristema terminal. As plantas tolerantes ao sombreamento maximizam a captação da luz disponível para aumentar a proporção de fotossintatos por intermédio do aumento da área foliar específica e da parte aérea da planta (Gobbi et al., 2011).

As plantas com maiores proporções de índice de área foliar conseguem acumular maior área foliar nas regiões intermediárias e superiores do dossel e utilizam melhor a radiação incidente (Rhodes, 1973). O índice de área foliar foi um conceito desenvolvido por Watson (1947), definido como a relação entre a área foliar e a área de solo que as plantas ocupam.

As folhas completamente expandidas, com maior área foliar específica, realizam fotossíntese com maior intensidade e os assimilados formados são utilizados para sua manutenção e atendimento das necessidades do meristema apical, das folhas em formação e do sistema radicular. As folhas com a lâmina parcialmente exposta não disponibilizam os fotossintatos para outras partes do perfilhos, utilizando-os para seu próprio desenvolvimento e são caracterizadas como folhas dreno (Pedreira & Pedreira, 2007). O aumento da área foliar tem sido uma adaptação morfológica fundamental das plantas que se desenvolvem em ambientes sombreados, e até, um padrão esperado de resposta (Gobbi et al., 2011).

Outro mecanismo de adaptação ao sombreamento é o estiolamento. Ao elevar suas folhas e colmos em busca de luz ocorre melhor distribuição da radiação ao longo do perfil do dossel forrageiro (Paciullo et al., 2008). As alterações estruturais do dossel influenciam a composição da massa de forragem, pois há maior utilização de fotossintatos para o alongamento de colmos, e maior sombreamento das bases dos perfilhos (Bosi et al., 2014).

Uma das práticas de manejo do pastejo utilizada para pastagens em monocultivo é baseada no monitoramento e controle da altura do dossel, por ter relações bastante consistentes entre as respostas da forrageira e dos animais e, portanto, permitir a compreensão do efeito da variação estrutural do dossel sobre a produção e a persistência da planta e o desempenho animal (Flores et al., 2008).

Palhano et al. (2006) ao avaliarem o efeito da estrutura do dossel de uma pastagem em monocultivo de capim-mombaça, sobre a estratégia de pastejo de bovinos, verificou-se que as massas de forragem e de lâminas foliares aumentaram linearmente com a altura do dossel. Nos sistemas iLPF, entretanto, é escassa a literatura sobre manejo de pastejo. A estratégia de manejo deve ser mais criteriosa, tendo como suporte a altura, vinculada a outros parâmetros como, densidade populacional de perfilhos e relação folha:colmo, pois há circunstâncias, nas quais a forrageira apresenta altura elevada, por meio do estiolamento, mas com baixa massa de forragem, em razão da baixa densidade de perfilhos, e/ou baixa relação folha:colmo, devido à alta proporção de colmos.

A densidade de perfilhos é outro componente elementar da produção forrageira, influenciado pelas condições de luminosidade (Paciullo et al., 2007). Em ambientes sombreados, a menor radiação que penetra no dossel forrageiro não estimula o aparecimento de gemas basais e axilares para formação de novos perfilhos (Bahmani et al., 2003). As gemas axilares localizadas na região dos nós dos colmos de gramíneas são responsáveis pelo surgimento de novos perfilhos e a taxa de perfilhamento é determinada pelo filocrono, intervalo de aparecimento entre duas lâminas foliares consecutivas, e pela taxa de desenvolvimento destas gemas. Sob condições de baixa interceptação luminosa, a menor taxa de fotossíntese reduz a quantidade de fotossintatos produzidos, o qual é alocado preferencialmente para os perfilhos já existentes, em detrimento de novos perfilhos, portanto observa-se uma menor densidade populacional de perfilhos nos sistemas iLPF (Robson et al., 1988).

A massa de forragem é produto da densidade populacional de perfilhos e do peso do perfilho, desta forma, a redução da densidade de perfilhos com o sombreamento e a não-alteração do peso médios dos perfilhos justificam a menor produção de matéria seca das diversas gramíneas forrageiras, encontradas nos sistemas integrados (Paciullo et al., 2007). Comumente, pesquisas com forrageiras tropicais registram redução do número de perfilhos conforme aumento no sombreamento (Paciullo et al., 2008) e consequentemente, decréscimo na massa de forragem, mesmo com a tolerância ao sombreamento (Paciullo et al., 2011). Observa-se próximo às linhas de plantio das árvores, os quais são pontos com menor incidência de luz, valores inferiores para massa de forragem e recobrimento do solo. A característica da distribuição da radiação ao

longo do dossel e a eficiência fotossintética das folhas atua na produtividade forrageira e posteriormente, no desempenho animal.

Atualmente, não se tem cultivares adaptadas ao sombreamento, por isso os registros de redução da produtividade das pastagens nestes ambientes. Dentre as forrageiras tropicais, houve interesse na avaliação da cultivar Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) em sistemas integrados, em razão de ser uma cultivar lançada no mercado recentemente, em 2007, como uma alternativa para diversificação de pastagens, apresentando boa produtividade em solos do Cerrado, com exigência média de fertilidade do solo, e possui preço baixo de suas sementes, portanto apresenta alta relação custo/benefício. Outra vantagem para uso em sistemas integrados é o estabelecimento um pouco mais lento em relação às outras braquiárias, a maior facilidade de dessecação quando comparada com a Marandu e com a Ruziziensis apresenta resistência às cigarrinhas-das-pastagens.

O capim-piatã tem demonstrado ser uma forrageira capaz de ser utilizada em sistemas integrados com árvores, apesar de não ter sido selecionada para esta característica, com resultados comparáveis ao encontrado em pastagens em monocultivo. Devido ao ciclo longo do componente florestal e sua influência na produtividade da pastagem, torna-se conveniente dar continuidade aos estudos com esta forrageira, ao menos até o fim do ciclo das árvores.

2.3 Desempenho animal em sistemas iLPF

A produção animal em pastagens é resultado do processo fotossintético das plantas, que utilizam a energia solar para formação de biomassa, a qual é consumida pelos animais por meio do pastejo e, é convertida em produto animal (Silva et al., 2008).

Conciliar alta produção de forragem e perenidade do pasto com elevada produção animal exige conhecimento sobre o comportamento da pastagem para o manejo adequado do pastejo, ou seja, da desfolhação ocasionada pelos ruminantes (Paciullo et al., 2009). Entretanto são poucos os trabalhos que avaliam a resposta animal em sistemas integrados, notadamente em sistemas que integram agricultura, pecuária e silvicultura.

Em condições de pastejo, os animais utilizam sua habilidade seletiva conforme a oferta de massa seca de forragem e a estrutura do dossel forrageiro, com o objetivo de aumentar a quantidade e qualidade de sua dieta. As características relacionadas à apreensão da forragem influenciam na seletividade do animal, pois é um indicador do grau de facilidade da ação do bocado, e incluem os aspectos estruturais do pasto e a massa de forragem, o conteúdo de fibra, proteína e a disposição espacial das folhas, presença de colmo e material senescente (Gonçalves et al., 2009).

Um fator básico a ser considerado nas pesquisas com forrageiras, em sistemas iLPF, é sua composição bromatológica, a qual influencia na produção animal. Pesquisas tem demonstrado que há uma melhoria na qualidade das pastagens destes sistemas (Carvalho et al., 2002; Gobbi et al., 2010; Soares et al., 2009). O teor de proteína bruta aumenta com o sombreamento. A aclimação das plantas sombreadas é caracterizada por priorizar o desenvolvimento dos componentes envolvidos na fotossíntese, como maior alocação de nitrogênio para os compostos proteicos envolvidos na síntese das enzimas fotossintéticas, os quais são de natureza proteica (Gobbi et al., 2010). O aumento da proteína bruta também está relacionado ao microclima. O maior teor de umidade associado à menor temperatura do solo, favorece o crescimento de bactérias e fungos que degradam maior quantidade de matéria orgânica, e assim, eleva a reciclagem de N no sistema (Wilson, 1996).

Os teores de fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) podem ser inferiores nestes sistemas, pois a menor disponibilidade de fotossintatos, direcionada para aumentar a capacidade fotossintética, consequentemente reduz a disposição de fotossintatos para o desenvolvimento da parede celular, apresentando paredes menos espessas (Deinum et al., 1996). A literatura, contudo, mostra certa inconsistência do efeito do sombreamento nos teores de FDN e FDA, e na digestibilidade de forrageiras. O conteúdo dos constituintes da parede celular está relacionado aos fatores radiação solar, assim como, temperatura, estágio de maturidade da planta, época do ano, e espécie forrageira, porém sem um padrão definido de resposta.

O teor de minerais nas plantas pode ser influenciado positivamente pela baixa incidência luminosa, com o aumento dos níveis de fósforo, potássio, cálcio e magnésio (Castro et al., 2001; Gobbi et al., 2010). Castro et al. (2001) analisaram o teor de vários minerais sob três intensidades de sombreamento artificial, 0%; 30% e 60%, e

observaram maiores concentrações de fósforo, potássio e cálcio nas folhas e colmos conforme o declínio da luminosidade, as forrageiras utilizadas foram *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *Brachiaria decumbens*; *Panicum maximum* cv. Vencedor, *Melinis minutiflora*; *Andropogon gayanus* cv. Planaltina; *Setaria sphacelata*.cv. Kazungula. Os mesmos autores avaliaram o elemento magnésio, constataram que as forrageiras cultivadas sob sombreamento intenso, apresentaram maior teor desse nutriente nas lâminas foliares e nos colmos, sendo mais intenso nas folhas. Os autores justificaram o resultado pela maior concentração de clorofila nas plantas sombreadas, porque o magnésio faz parte da molécula de clorofila.

Em sistemas iLPF, em razão dos diversos benefícios apresentados, pode-se observar na produção de bovinos de corte ganhos de peso individuais similares aos sistemas de pastagens em monocultivo, normalmente pastagem de *Brachiaria brizantha* em lotação contínua em torno de 0,600 kg dia⁻¹ (Bernardino et al., 2011).

No trabalho de Paciullo et al. (2009) foi avaliado o desempenho de novilhas leiteiras em pastagem solteira de *Brachiaria decumbens* e em um sistema silvipastoril com pastagem de *Brachiaria decumbens*, com leguminosa herbácea *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e leguminosas arbóreas *Acacia mangium*, *A. angustissima* e *Mimosa artemisiana*, além de árvores de *Eucalyptus grandis*. O sombreamento médio no sistema silvipastoril foi de 26% da RFA plena, os autores não verificaram diferenças significativas no consumo de matéria seca, consequentemente no ganho de peso, média de 0,600 kg dia⁻¹ na época das águas. Este ganho permitiu o desenvolvimento ponderal acelerado para as novilhas em crescimento e assegurou a precocidade à primeira cobertura e ao primeiro parto.

Em um estudo comparando dois sistemas de integração, um lavoura-pecuária (iLP) e outro lavoura-pecuária-floresta (iLPF), com um estande de 227 árvores de eucalipto ha⁻¹ no Cerrado, ambos sob lotação contínua, utilizando a cultivar Piatã, esta forrageira expressou uma redução em torno de 34% na sua massa média de forragem devido a presença do componente florestal. No iLP a massa de forragem foi de 7.274 kg ha⁻¹ contra 4.781 kg ha⁻¹ no iLPF. Ao avaliar o desempenho de bovinos de corte neste experimento, no entanto, houve superioridade para o sistema iLPF no verão, em que os ganhos médios diários foram de 0,48 kg dia⁻¹ no iLP e 0,51 kg dia⁻¹ no iLPF, mas no inverno o ganho médio diário foi maior no iLP (0,28 kg dia⁻¹) do que no iLPF (0,16 kg

dia⁻¹). Para a taxa de lotação, no verão o iLP permitiu maior carga animal, 1,5 UA ha⁻¹ contra 1,2 UA ha⁻¹ do iLPF, e no inverno o iLPF foi superior; 0,9 UA ha⁻¹ e 1,1 UA ha⁻¹ nos sistemas iLP e iLPF, respectivamente (Oliveira et al., 2013).

Gamarra (2015), na mesma área experimental, relatou massa de forragem de 2.449 kg ha⁻¹, na estação das águas, com a mesma densidade arbórea, porém as árvores estavam mais altas em seu período de avaliação. No sistema iLP, a massa de forragem foi de 3.234 kg ha⁻¹. O valor nutritivo da forrageira foi superior no sistema iLPF em relação ao iLP, com valores de 10% de PB no iLPF e apenas 7,3% no iLP, 70,3% de FDN no iLPF e 72,5% no iLP, no verão. Não foram observadas diferenças no ganho médio diário entre os dois sistemas, com média de 0,55 kg dia⁻¹ no verão e 0,30 kg dia⁻¹ no inverno. A taxa de lotação no verão foi de 3,35 e 2,96 UA/ha, e no inverno foi de 1,37 e 1,17 UA/ha para o sistema iLP e iLPF, respectivamente.

A produção animal em pastagens varia conforme a sazonalidade da produção forrageira, o que é observado também nos sistemas de integração. Oliveira et al. (2013) observaram um mesmo comportamento na produção animal descrita anteriormente, ganhos de peso ha⁻¹ semelhantes entre os diferentes sistemas produtivos, mesmo com sombreamento promovido pelo componente florestal no inverno. Nas estações das águas, primavera e verão, e no outono, no entanto, o ganho de peso ha⁻¹ foi reduzido conforme aumentou a porcentagem de sombra no sistema. Estes resultados evidenciam que as diferenças no desempenho animal são decorrentes das maiores massa de forragem, e geralmente devido a maior disponibilidade de radiação para fotossíntese.

Os sistemas iLPF aumentam a produtividade da área, por permitir a produção de árvores, grãos, forragem e carne ou leite, todavia ao analisar a produção individual de cada componente comparado com sistemas solteiros ou sem o componente florestal, a tendência é a redução no rendimento, ainda mais para a pecuária, em que as pastagens utilizadas não são adaptadas para se desenvolverem em condições limitantes de radiação. A melhoria do valor nutricional da forrageira sob sombreamento pode permitir, em algumas situações, ganhos de peso dos animais similares ou até superior ao de pastagens exclusivas, contudo esta superioridade, normalmente não se sustenta com o tempo, onde verifica-se o crescimento das árvores e consequentemente aumento no sombreamento proporcionado pelas mesmas.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R.C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANC, M.C.M.; VILELA, L. Sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v.31, n.257, p.59-67, 2010.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O.G. SOUZA, A.L. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineira e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.
- BAHMANI, I.; THOM, E.R.; MATTHEW, C.; HOOPER, R.J.; LEMAIRE, G. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: Effects of cultivar, season, nitrogen fertilizer, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.54, p.803-817, 2003.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L. A.M.; MARTÍNEZ, G.B. Contribuições dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) para uma agricultura de baixa emissão de carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, p. 1163-1175, 2011a.
- 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**, v.46, n.10, p.i-xii, 2011b.
- BERNARDINO, F.S.; TONUCCI, R.G.; GARCIA, R.; NEVES, J.C.L.; ROCHA, G.C. 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.
- BOSI, C.; PEZZOPANE, J.R.M.; SENTELHAS, P.C.; SANTOS, P.M.; NICODEMO, M.L.F. Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.6, p.449-456, 2014.
- 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**, v.37, n.5, p.717-722, 2002.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1959-1968, 2001.
- DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. trichoglume). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.44, p.111-124, 1996.

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

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.B.P.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidade de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1355-1365, 2008

GAMARRA, E.L. **Produção de bovinos em sistemas de integração estabelecidos**. Brasil. 2015. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, MS, 2015.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G.; ROCHA, G.C. Valor nutritivo do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos ao sombreamento. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.379-390, 2010.

GOBBI, K.F.; GARCIA, 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.

GONÇALVES, E.N.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, C.E.G.; SANTOS, D.T.; DIAZ, J.A.Q.; BAGGIO, C.; NABINGER, C. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de desfolhação e seleção de dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.611-617, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1269-1276, 2011.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009 (supl. especial).

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

OLIVEIRA, C.C.; VILLELA, S.D.J.; ALMEIDA, R.G.; ALVES, F.V.; BEHLING NETO, A.; MARTINS, P.G.M.A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, n.1, p.167-172, 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**, v.42, n.4, p.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 de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.917-923, 2008.

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

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**, v.46, n.10, p.1176-1183, 2011.

PALHANO, A.L.; CARVALHO, P.C.F.; DITTRICH, J.R.; MORAES, A.; SILVA, S.C.; MONTEIRO, A.L.G. Padrões de deslocamento e procura por forragem de novilhas leiteiras em pastagem de capim-mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2253-2259, 2006.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M.V.; BERGAMASCHINE, A.F.; MELLO, L.M.M.; LIMA, R.C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, p.875-882, 2011.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.773-779, 2007.

PEREIRA, M.; ALMEIDA, R.G.; BUNGENSTAB, D.J.; MORAIS, M.G.; LEMPP, B.; GAMARRA, E.L. Produtividade de cultivares de *Brachiaria brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, IX, 2014, Ilhéus, BA. **Anais...** Ilhéus, BA: SNPA, UFRB, 2014. p.1-3.

PERON, J.A.; EVANGELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.655-661, 2004.

RHODES, I. Relationship between canopy structure and productivity in herbage grasses and its implication for plant breeding. **Herbage Abstracts**, v.43, p.129-133, 1973.

ROBSON, M.J.; RYLE, G.J.A.; WOLEDGE, J. The grass plant - its form and function. In: JONES, M.B., LAZENBY, A. (Ed.) **The grass crop: the physiological basis of production**. London: Chapman and Hall, 1988, p.25-83.

RYLE, G.J.A. Partition of assimilates in an annual and a perennial grass. **Journal of Applied Ecology**, v.7, n.1, p.217-227, 1970.

SILVA, R. F.; GUIMARÃES, M. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1277-1283, 2011.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.B.P. **Pastagens: Conceitos Básicos, Produção e Manejo**. Viçosa: Suprema, 2008. 115p.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p.243-269.

VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, n.4, p.460-472, 2009.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of Field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, v.11, p.41-76, 1947.

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

Desempenho de bovinos de corte em pastagem de capim-piatã em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

Mariana Pereira¹, Sarah Glatzle², Valéria Ana Corvalã dos Santos³, Roberto Giolo de Almeida⁴, Maria da Graça Moraes¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Av. Senador Filinto Müller 2443, Cidade Universitária 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: maripereirazoo@gmail.com, morais.mariazinha@gmail.com. ²Universidade de Hohenheim, Schloss Hohenheim 1, 70599, Stuttgart, Alemanha. E-mail: sarah.glatzle@uni-hohenheim.de. ³Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, Universidade de São Paulo, USP, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: valeriacorvala@live.com. ⁴Embrapa Gado de Corte, Av. Rádio Maia, 830, Zona Rural, 79106-550 Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: roberto.giolo@embrapa.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar o desempenho de bovinos de corte em pastagem de capim-piatã em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) no Cerrado brasileiro. Os sistemas avaliados apresentavam diferenças no arranjo espacial do componente arbóreo: densidades de 357 (iLPF14) e 227 (iLPF22) árvores de eucalipto ha⁻¹ e um sistema de integração lavoura-pecuária (iLP), correspondendo ao sistema controle. As avaliações foram realizadas de junho de 2015 a maio de 2016. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de faixas (split block), com quatro repetições. Mensalmente foram coletadas amostras para determinação das características produtivas, estruturais e qualitativas da forragem. Os animais foram pesados mensalmente para determinação dos ganhos de peso e ajustes na taxa de lotação dos piquetes. Os dados foram agrupados por estações do ano. A altura da pastagem, massa de forragem, proporção de folhas, de colmo, relação folha:colmo, densidade volumétrica de forragem foram afetadas pela interação sistema de produção x estação do ano. Houve efeito da interação também para o valor nutritivo da pastagem, com uma melhoria na composição química-bromatológica nos sistemas sombreados. As maiores taxas de acúmulo de forragem foram observadas no sistema iLP, não havendo diferenças entre os sistemas com árvores. O sistema iLP suportou maior taxa de lotação do que os sistemas iLPF. Houve efeito da interação para o ganho de peso diário e ganho

de peso por área, no entanto, os ganhos individuais não diferiram entre os sistemas produtivos. O sistema iLP possibilita maior produtividade forrageira e consequentemente, maior produção animal por área, com animais pastejando durante o ano todo. O sistema com menor número de árvores permitiu maior produção animal por área do que o sistema com mais árvores, também com mais dias de pastejo, contudo, nos sistemas com árvores não foi possível o pastejo dos animais durante o ano todo.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, estrutura da pastagem, gramínea tropical, produção animal, sombreamento

Animal performance in pasture of piatã grass in different integrated crop-livestock-forestry systems

ABSTRACT: The objective was to evaluate the beef cattle performance grazing Piatã grass under integrated crop-livestock-forestry system, with different space arrangement of the tree, in Brazilian Cerrado. Two integrated crop-livestock-forestry (iCLF) systems were evaluated; one with 357 eucalyptus tree ha⁻¹ and another with 227 eucalyptus tree ha⁻¹, an integrated crop-livestock (iCL) corresponding to control system. The evaluation started in June, 2015 until May, 2016. The experiment design was in randomized blocks, in split block, with four replicas. Samples were collected monthly to determine the productive, structural and qualitative characteristics of the forage. The animals were weighed every 28 days to determine the weight gains and adjustments in the stocking rate of the paddocks. The results from these assessments were grouped per seasons. The pasture height, forage biomass, leaves and stem proportion, leaf:stem ratio and forage volumetric density were influenced by interaction between production system x season. The forage nutrition value had effect of the interaction with an improvement in the chemical composition of the systems with shading. iCL system showed the highest accumulation rate and for this variable the systems with trees did not differ. iCL system supported higher stocking rate than iCLF systems. There was effect of the interaction between production system x season for gain per area and daily average gains of the animals, however, individual gains did not differ between production systems. iCL system enables higher forage yield, consequently higher animal gain per area, with

grazing during whole year. The system with lower tree density enabled higher animal gain per area than system with higher tree density, with more days of grazing also, however, these systems wasn't able to provide grazing during whole year.

Keywords: animal production, *Brachiaria brizantha*, pasture structure, shading, tropical grass

Introdução

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) são estratégias de produção sustentáveis que integram, na mesma área, atividades agrícolas, pecuárias e florestais, para produção de grãos, carne ou leite, produtos madeireiros e não madeireiros, ao longo do ano (Balbino et al., 2011).

A associação de árvores com pastagem e/ou lavoura trazem uma série de benefícios ao local de implantação, especialmente ao recuperar a capacidade produtiva de pastagens e solos degradados, e intensificar o uso da área. Por outro lado, a adição de árvores ao sistema produtivo pode diminuir o rendimento individual dos cultivos agrícolas e pastagens, em razão da competição por luz, nutrientes e água (Macedo et al., 2010), podendo ter implicações na produtividade animal do sistema.

A presença de árvores reduz a incidência de radiação no sub-bosque, que influencia na produção de matéria seca das forrageiras. A resposta ao sombreamento depende das espécies forrageiras utilizadas, do nível do sombreamento imposto pela copa das árvores, da fertilidade do solo, sobretudo a disponibilidade de nitrogênio (Guenni et al., 2008; Soares et al., 2009; Paciullo et al., 2011).

As gramíneas tropicais, geralmente utilizadas na formação das pastagens brasileiras, com metabolismo C_4 , necessitam de alta luminosidade para alcançar seus níveis máximos de produtividade (Taiz & Zeiger, 2013). Ainda, estas gramíneas não são adaptadas ao sombreamento, por não apresentarem produção maior ou semelhante em comparação a ambientes a pleno sol (Martuscello et al., 2009; Andrade et al., 2004). Por isso, registram-se redução na produção de forragem conforme o aumento do sombreamento (Castro et al., 1999; Paciullo et al., 2007; Gobbi et al., 2009; Martuscello et al., 2009; Soares et al., 2009).

Pesquisas tem demonstrado, no entanto melhoria na qualidade da forragem sob sombreamento (Paciullo et al., 2007; Soares et al., 2009; Gobbi et al., 2010), permitindo ganhos de peso dos animais similares ao de pastagens em monocultivo (Paciullo et al., 2009; Oliveira et al., 2014), ainda que tenham menor massa de forragem.

Quando o objetivo do sistema é a produção animal, o dimensionamento e o arranjo das fileiras de árvores, orientação de plantio, assim como, a espécie florestal utilizada devem, portanto serem cuidadosamente considerados, a fim de permitirem níveis moderados de sombreamento no sub-bosque, , uma vez que os impactos sobre a produção de forragem serão menores.

Dentre as forrageiras tropicais, a cultivar Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) tem sido uma das escolhidas em sistemas integrados, o que se deve em razão de ser uma cultivar lançada no mercado em 2007, como uma alternativa para diversificação de pastagens, apresentando boa produtividade em solos do Cerrado, com exigência média de fertilidade do solo. Para uso em sistemas de integração lavoura-pecuária, tem apresentado vantagens como o estabelecimento um pouco mais lento em relação às outras braquiárias, a maior facilidade de dessecação e resistência às cigarrinhas-das-pastagens quando comparada com a Marandu e a Ruziziensis, respectivamente.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, avaliar o desempenho de bovinos de corte em pastagem de capim-piatã em sistemas iLPF, com diferentes arranjos espaciais de árvores de eucalipto, no Cerrado brasileiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, localizada no município de Campo Grande - MS (20°27' S, 54°37' O; Altitude de 530 m), entre junho de 2015 a maio de 2016 e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFMS sob o protocolo nº753/2016.

O padrão climático da região, segundo a classificação de Köppen, pertence à faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido, e a precipitação média anual é de 1.560 mm. O período considerado de seca são os meses frios do ano, maio a setembro e das águas, os meses mais quentes, outubro a abril.

Os dados de temperatura e precipitação durante o período experimental foram registrados pela estação meteorológica da Embrapa Gado de Corte a aproximadamente 2 km da área experimental (Figura 1).

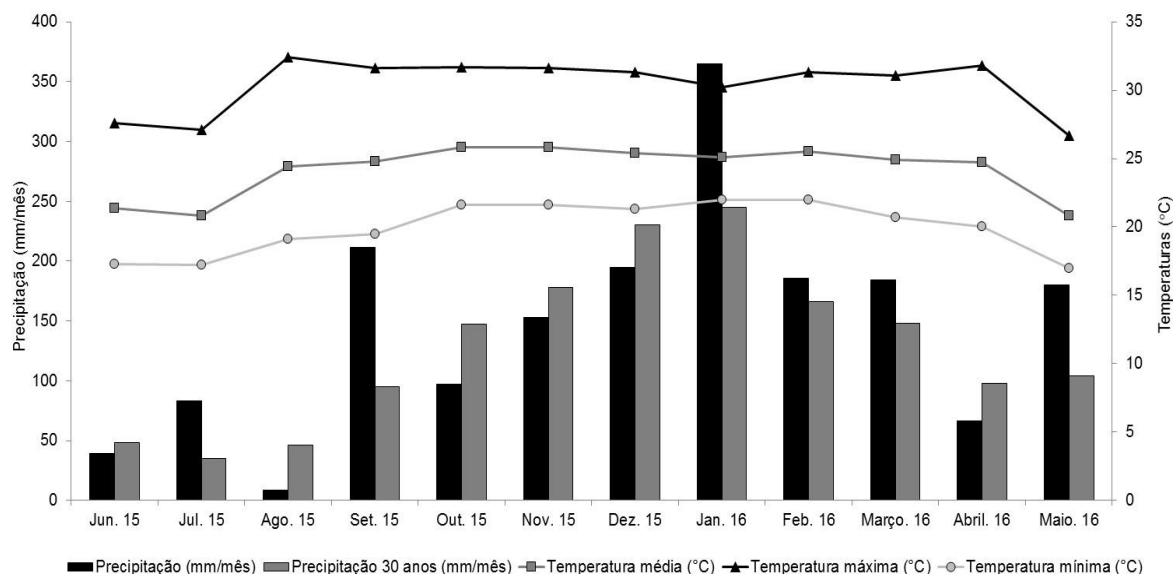


Figura 1. Dados de temperatura e precipitação pluviométrica durante o período experimental, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, com textura argilosa, pH ácido, baixa saturação por bases e alta concentração de alumínio. A análise química de amostras de solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, revelou que a área era relativamente uniforme, com teores de argila de $41 \pm 5\%$; P (Mehlich-1) de 0,29 a 0,42 mg/dm³; saturação por bases de 26 a 34% e saturação por alumínio de 10 a 23%.

Os sistemas foram implantados em 2008, com o plantio de um clone de *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*) em linhas simples orientadas -20,41° sul e -54,71° oeste em relação ao eixo leste-oeste, e o cultivo da lavoura de soja nas entrelinhas. Após a colheita da soja houve o estabelecimento da pastagem de capim-piatã por três anos, retornando novamente a lavoura. Portanto, foram manejados com um ciclo de lavoura seguido de três anos de pecuária. Foram avaliados três sistemas integrados: iLP – integração lavoura-pecuária; iLPF14 – integração lavoura-pecuária-floresta com arranjo de 14x2 m, totalizando 357 árvores de eucalipto ha⁻¹ e iLPF22 – integração lavoura-pecuária-floresta com arranjo de 22x2 m, totalizando 227 árvores de eucalipto ha⁻¹. A altura média das árvores de eucalipto eram de 27 e 25 m nos sistemas

iLPF1 e iLPF2, respectivamente durante o período experimental. A forrageira utilizada em ambos os sistemas foi a *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã.

Cada sistema foi implantado em 4 piquetes (repetições) com área média de 1,2 ha. A descrição da implantação do sistema encontra-se no trabalho de Gamarra et al. (2015). As avaliações deste experimento iniciaram após o segundo ciclo de lavoura, com dois anos do estabelecimento da pastagem, em junho de 2015.

Foi realizada adubação nitrogenada de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia e adubação de manutenção com 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O da fórmula N-P-K (0-20-20), em janeiro de 2016.

Foram utilizados quatro novilhas da raça Nelore em recria por piquete, com peso corporal inicial médio de 290 kg, como animais avaliadores, distribuídas ao acaso. O manejo de pastejo foi o contínuo, com taxa de lotação variável segundo Mott & Lucas (1952). Um número variável de animais reguladores foi utilizado para ajuste da taxa de lotação, quando necessário, de acordo com a massa de forragem. Houve a necessidade de retirar os animais dos sistemas iLPF durante algumas estações do ano, no iLPF14 não houve pastejo no inverno e primavera, os animais foram retirados do sistema iLPF22 na primavera, portanto o sistema iLPF14 apresentou 203 dias de pastejo, enquanto o sistema iLPF22 258 dias e o sistema iLP 340 dias.

Os animais foram pesados individualmente a cada 28 dias, com jejum prévio de 16 horas. Todos foram vacinados e vermifugados no início do experimento e durante todo período experimental receberam água e suplementação mineral à vontade.

O ganho de peso médio diário (GMD, kg dia⁻¹) foi calculado pela diferença de peso dos animais avaliadores, dividida pelo número de dias entre as pesagens. A taxa de lotação (TL, UA ha⁻¹) mensal foi calculada como o produto do peso médio dos animais avaliadores e reguladores, pelo número de dias em que permaneceram nos piquetes. O ganho de peso animal por hectare (GPA, kg ha⁻¹) foi obtido ao multiplicar-se o ganho médio diário dos animais avaliadores pelo número de animais por hectare por mês.

Para avaliação da altura da pastagem, a cada 15 dias era medida a altura da pastagem em 50 pontos por piquete, utilizando uma régua graduada em cm. As avaliações de forragem foram realizadas a cada 28 dias, em dois transectos perpendiculares às fileiras de árvores. Em cada transecto foram delimitados cinco pontos de coleta, totalizando dez amostras por piquete. Para estimativa da massa de

forragem, em cada ponto, com área amostral de 1 m x 1 m, a forrageira foi cortada ao nível do solo, por meio de ceifadeira costal. Este material cortado no campo foi pesado, e em seguida, foi feita uma amostra composta entre os pontos iguais de cada transecto, posteriormente retirou-se uma sub-amostra dessa amostra composta para as análises laboratoriais do valor nutritivo.

As sub-amostras foram separadas manualmente em lâmina foliar, colmo com bainha, material senescente e invasoras (outras braquiárias). Estas frações foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, até atingirem massa constante. A proporção de cada componente morfológico foi expressa como percentagem do peso total e utilizada para estimar a relação folha:colmo.

Após a separação morfológica, as folhas foram analisadas para estimar os teores de proteína bruta (%PB), fibra detergente neutro (%FDN), fibra detergente ácido (%FDA) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (%DIVMO), utilizando-se o sistema de espectrofotometria de reflectância no infravermelho proximal (NIRS), de acordo com Marten et al. (1985), no entanto não foi possível a avaliação da composição química da forragem no outono.

Para o cálculo da densidade volumétrica de matéria seca (DF, kg m⁻³), no momento do corte fazia-se a medição da altura média do capim, com auxílio de uma régua, sendo portanto, calculada pela divisão da massa de matéria seca pela altura real do dossel.

O acúmulo de forragem foi estimado utilizando cinco gaiolas de exclusão de 1 m x 1 m por piquete. As coletas foram realizadas mensalmente, no mesmo dia da amostragem de forragem. As gaiolas foram posicionadas em cinco pontos com altura média do dossel, massa e composição morfológica semelhantes aos coletados em um dos transectos da avaliação da forragem, que foram tidos como pontos de referência. A massa de matéria seca, dentro e fora da gaiola, foram obtidas por corte rente ao solo, depois de cada corte, as gaiolas foram realocadas seguindo a mesma metodologia.

A taxa de acúmulo de forragem (TAF, kg MS ha⁻¹ dia⁻¹) foi obtida pela diferença entre as massas de forragem observadas dentro (corte atual) e fora da gaiola (corte anterior), dividida pelos dias entre uma amostragem e outra.

A oferta de forragem (OF, kg MS 100 kg PC⁻¹) foi obtida pela soma da massa de matéria seca presente no piquete e a taxa de acúmulo no período, dividida pelo total de

peso vivo dos animais mantidos no piquete no mesmo período.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os dados foram agrupados por estação do ano da seguinte maneira: inverno, resultados obtidos entre junho e agosto de 2015, primavera de setembro a novembro de 2015, verão de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016 e outono, de março a maio de 2016. Foram analisados com o auxílio do programa estatístico SAS, a análise de variância foi feita utilizando-se o procedimento PROC GLM. O nível de probabilidade adotado para análise de variância foi de 5%. Para os efeitos significativos, foi aplicado o teste de Tukey para comparação de médias, por meio da opção LSMEANS do procedimento GLM.

Resultados e Discussão

Para altura do dossel (cm), massa de forragem (MF, kg MS ha⁻¹), proporção de folhas (%folhas), de colmo (%colmo) e relação folha:colmo, houve interação ($p < 0,05$) sistema vs. estação do ano (Tabela 1)

O sistema iLPF14, no inverno, obteve uma menor altura do que o iLP, podendo ser devido ao ângulo de inclinação das folhas com o intenso sombreamento deste sistema. Com um elevado nível de sombreamento no sub-bosque, as lâminas foliares menos espessas e mais compridas apresentam maior área foliar específica que lhes conferem maior flexibilidade e curvatura, para alterar seu ângulo de inclinação em busca de luz, e assim podem diminuir a altura média do dossel (Gobbi et al., 2010). Paciullo et al. (2007) observaram maior altura do dossel de *Brachiaria decumbens* no sombreamento de 50% e maior comprimento de colmos e lâminas foliares sob 70% de sombra, portanto, os perfilhos eram mais altos, porém o crescimento se mostrou decumbente, fato que reduziu a altura do dossel. Estas alterações estruturais do dossel podem segundo Bosi et al. (2014), influenciar a composição da massa de forragem, pois há maior utilização de fotossintatos para o alongamento de colmos, e maior sombreamento das bases dos perfilhos.

Os sistemas sombreados (iLPF), não diferiram entre si e apresentaram altura mais elevada do que o iLP na primavera em razão do alongamento dos colmos. Em ambientes sombreados, para compensar a menor luminosidade na porção basal do dossel, as plantas podem elevar suas folhas e colmos na busca de luz, mecanismo

denominado estiolamento, e assim melhorar a distribuição de radiação ao longo do dossel (Castro et al., 2009; Paciullo et al., 2008). Não houve diferença na altura do dossel entre os sistemas no verão e outono (Tabela 1).

A maior altura do dossel no sistema iLP foi no verão, as demais estações não variaram entre si. O capim-piatã apresenta florescimento precoce, em janeiro e fevereiro, considerando que o alongamento do colmo geralmente ocorre em conjunto ao florescimento, houve maior altura da pastagem no verão. No iLPF22, a primavera e o verão foram superiores ao inverno e outono. No iLPF14, a primavera e verão foram as estações de maior altura do capim, o outono foi intermediário, e o inverno foi a estação de menor altura (Tabela 1).

Nos sistemas iLPF, a ausência de animais na primavera, e no verão, a precipitação pluvial e a maior oferta de forragem, possibilitaram as maiores alturas destes sistemas em relação às demais estações, com valores acima de 35 cm. A menor oferta de forragem no outono e o aumento da intensidade do sombreamento acarretou na menor altura desta estação, assim como no inverno, em que houve também maior competição pelo recurso hídrico, limitando o crescimento da pastagem.

Em todas as estações do ano, o sistema iLP apresentou maior massa de forragem do que os sistemas iLPF em razão do sombreamento causado pelas árvores dos sistemas, no entanto a maior densidade de árvores do iLPF14 não resultou em diferença estatística na MF em relação ao iLPF22.

No sistema iLP, observou-se maior massa de forragem no verão, menores no inverno e na primavera, e intermediária no outono. Nos sistemas iLPF, o verão foi a estação com maior MF, o inverno, primavera e outono não diferiram entre si (Tabela 1).

As chuvas concentradas no verão e a adubação de manutenção realizada em janeiro explicam as maiores massas de forragem nesta estação. Mesmo com chuvas crescentes no início da primavera, houve uma irregularidade em sua distribuição durante a estação (Figura 2) ocasionando uma redução na massa de forragem, associada ao tempo para recuperar a produtividade da pastagem após o período de escassez de forragem, como o inverno.

Tabela 1. Massa seca de forragem (MF), altura e densidade volumétrica de forragem (DF) do capim-piatã nos sistemas iLP, iLPF22 e iLPF14 nas estações do ano inverno, primavera, verão e outono

Sistema	Estação do ano			
	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Altura (cm)				
ILP	31Ab	36Bb	46Aa	34Ab
ILPF22 _(227 arv/ha)	25ABb	45Aa	49Aa	27Ab
ILPF14 _(357 arv/ha)	20Bc	45Aa	45Aa	29Ab
Massa de forragem (kg ha ⁻¹)				
ILP	2.466Ac	2.000Ac	5.107Aa	3.370Ab
ILPF22 _(227 arv/ha)	901Bb	1.032Bb	2.772Ba	1.510Bb
ILPF14 _(357 arv/ha)	626Bb	642Bb	1.969Ba	908Bb
Proporção de folhas (%)				
ILP	17,4Aab	28,2Ba	28,4Aa	10,6Ab
ILPF22 _(227 arv/ha)	10,8Ab	41,1Aa	30,6Aa	13,3Ab
ILPF14 _(357 arv/ha)	14,2Ac	59,9Aa	31,8Ab	13,0Ac
Proporção de colmo (%)				
ILP	17,4Ab	7,9Bc	27,9Ca	18,8Ab
ILPF22 _(227 arv/ha)	7,3Bb	10,7Bb	36,5Ba	13,5Ab
ILPF14 _(357 arv/ha)	13,6ABc	22,9Ab	45,4Aa	14,4Ac
Relação folha:colmo				
ILP	1,1Ab	3,8ABa	1,1Ab	0,6Bb
ILPF22 _(227 arv/ha)	1,7Ab	4,1Aa	0,8Ab	1,2Ab
ILPF14 _(357 arv/ha)	1,2Ab	2,9Ba	0,7Ab	1,0ABb

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem (P>0,05) pelo teste de Tukey.

A %folhas dos sistemas iLPF foram superiores ao iLP na primavera, ainda em razão da ausência de animais nos sistemas com árvores em relação ao sistema iLP. Nas

demais estações, os sistemas não apresentaram diferenças entre si. A restrição de luz fomenta o maior desenvolvimento dos componentes de assimilação, as folhas, das forrageiras, com o objetivo de maximizar a captação da luz disponível (Gobbi et al., 2011) no entanto, os sistemas iLPF não apresentaram maior proporção deste componente em relação ao sistema a pleno sol (Tabela 1), o que pode ser explicado pela menor oferta de forragem destes sistemas.

Os sistemas iLP e iLPF22 obtiveram as maiores proporções de folhas no verão e primavera. Com o início das chuvas na primavera, provavelmente houve a rebrota do capim com o aparecimento de folhas nesta estação, associado a isto, o menor número de animais no iLP e a ausência de animais nos sistemas iLPF, possibilitaram o aparecimento e o alongamento das folhas nesta estação. No iLPF14, a proporção na primavera foi ainda superior ao verão, ainda em razão do maior tempo sem animais na área, estendendo às estações inverno e primavera (Tabela 1).

Após o pastejo e a saída dos animais na primavera, normalmente, a pastagem começa a rebrotar com o objetivo de refazer sua área foliar, interceptar luz e crescer novamente, no início são produzidas principalmente folhas (Silva, 2009), reafirmando as maiores proporções deste componente com a estação em que não houve pastejo.

A %colmo do sistema iLP foi maior do que o iLPF22 no inverno, porém sem diferença do iLPF14. O pastejo durante o inverno no iLPF22, prejudicou o crescimento e desenvolvimento da pastagem, possivelmente porque além da presença dos animais, houve competição por radiação e água entre a forrageira e as árvores nesta época do ano. Na primavera e no verão, o iLPF14 apresentou maiores proporções deste componente do que os demais sistemas. Na primavera o iLP e o iLPF22 não diferiram, porém no verão a %colmo no iLPF22 foi maior do que no iLP. No outono, os sistemas não apresentaram diferenças (Tabela 1).

O efeito do estiolamento pôde ser visualizado na %colmo em relação à altura da pastagem, possivelmente, houve um alongamento do colmo em busca de radiação nos sistemas sombreados, sobretudo no sistema com maior número de árvores. As maiores proporções deste componente no sistema iLPF14 em relação ao iLPF22 contribuem para explicar a massa de forragem sem diferença significativa entre os sistemas (Tabela 1) e posteriormente, os resultados superiores no ganho por área do iLPF22 no verão (Tabela 5).

No sistema iLP, a primavera apresentou menor proporção deste componente, o inverno e outono foram intermediários, e o maior valor foi encontrado no verão. No iLPF22, o verão também foi a estação com maior %colmo, e as demais estações não variaram entre si. No iLPF14, novamente o verão com maior valor, a primavera teve maior %colmo do que o inverno e outono. As maiores %colmo no verão estão associadas ao florescimento do capim-piatã nesta estação, corroborando com os dados de altura. A maior %colmo na primavera em relação ao outono e inverno do sistema iLPF14 é em razão do maior tempo sem a presença de animais (Tabela 1).

Os sistemas não apresentaram diferenças significativas na relação folha:colmo no inverno e no verão, mas na primavera o iLPF22 apresentou maior relação do que o iLPF14, devido à maior %colmo do sistema de maior densidade arbórea, e no outono o iLPF22 foi superior ao iLP, por esta tendência no aumento da parte aérea, sobretudo das folhas, em ambientes sombreados. Em todos os sistemas, a relação folha:colmo foi maior na primavera do que nas demais estações, podendo ser pela maior oferta de forragem desta estação e ausência dos animais nos sistemas iLPF (Tabela 1).

Houve efeito da interação ($p < 0,05$) sistema vs. estação do ano na composição química-bromatológica das folhas do capim-piatã (%PB, %FDN, %FDA e %DIVMO). Observou-se que para variável proteína bruta (%PB), os sistemas iLPF apresentaram maior %PB do que o sistema iLP, sendo que o sistema iLPF14 foi ainda superior ao iLPF2 na primavera (Tabela 2). Os valores proteicos, no entanto, estão acima do limite crítico de 6-7% preconizado pelos nutricionistas para prevenir a redução do consumo de MS dos ruminantes sob condições de pastejo, pois favorece condições adequadas para a fermentação ruminal.

As maiores %PB verificados nos sistemas com o componente florestal podem ser explicados pela maior alocação de nitrogênio (N) para os compostos proteicos (enzimas envolvidas na fotossíntese), como forma de aclimação das plantas aos ambientes sombreados (Evans & Pooter, 2001). Também de acordo com Guenni et al. (2008), geralmente em ambientes sombreados observa-se menor temperatura ambiental, o que contribui para uma maior taxa de mineralização da matéria orgânica e ciclagem do N, consequentemente maior %PB das plantas. Fica evidente, que o estresse de luz e de água estimula mecanismos fisiológicos que priorizam a fotossíntese, no sentido de garantir a sobrevivência das plantas forrageiras e proporcionar aos sistemas com árvores

maior valor nutritivo às forrageiras produzidas durante o período de maior escassez de forragem (inverno) quando comparado ao sistema a sol pleno (iLP).

No entanto, a variabilidade do valor nutritivo de forrageiras é decorrente das condições climáticas, fertilidade do solo, idade e parte da planta, entre outros. Uma das prováveis causas no menor valor proteico no verão pode ser devido ao florescimento do capim-piatã, momento em que a planta disponibiliza mais fotossintatos para estruturas morfológicas de sustentação (alongamento dos colmos) e reprodutivas (inflorescência) conforme registros de Euclides (1995) e Larcher (2000). Estas estruturas contribuem para aumento dos componentes da parede celular, resultando em teores mais elevados de %FDN, %FDA e lignina, consequente menor %DIVMO nesta estação (Tabela 2) principalmente no sistema iLP, que não sofreu efeito do sombreamento.

De modo geral, ao comparar os sistemas com árvores, percebe-se nas frações analisadas envolvendo os componentes estruturais %FDN e %FDA valores inferiores no iLPF14, o que refletiu nos maiores teores de %DIVMO (Tabela 2). A baixa luminosidade disponível para os processos fotossintéticos das forrageiras nos sistemas iLPF diminui a disponibilidade de fotossintatos, direcionando a utilização de recursos para aumentar a capacidade fotossintética. Com isso, há uma menor disponibilidade de fotossintatos para o desenvolvimento de parede celular secundária, o que reduz os constituintes de parede celular, apresentando paredes menos espessas e, portanto menores teores dos componentes químicos de fibra detergente neutro (%FDN) e fibra detergente ácido (%FDA), consequentemente há um aumento na digestibilidade da forragem (Deinum et al., 1996).

Tabela 2. Composição química-bromatológica das folhas do capim-piatã dos três sistemas de integração nas diferentes estações do ano.

Sistema	Estação do Ano		
	Inverno	Primavera	Verão
%PB			
ILP	11,0Ba	9,7Cab	8,4Bb
ILPF22 _(227 arv/ha)	13,2Aa	12,3Bab	11,8Ab
ILPF14 _(357 arv/ha)	13,7Aa	14,5Aa	13,1Aa
%FDN			
ILP	68,6Aa	69,3Aa	69,7Aa
ILPF22 _(227 arv/ha)	68,2Aa	68,9Aa	67,6Ba
ILPF14 _(357 arv/ha)	68,7Aa	65,1Bb	64,2Cb
%FDA			
ILP	30,6Ab	31,3ABab	33,9Aa
ILPF22 _(227 arv/ha)	29,2Ab	32,1Aab	32,3Ba
ILPF14 _(357 arv/ha)	30,6Aa	29,0Ba	30,9Ba
%DIVMO			
ILP	64,2Ba	62,9Ca	57,9Cb
ILPF22 _(227 arv/ha)	68,2ABa	69,9Ba	62,5Bb
ILPF14 _(357 arv/ha)	69,6Ab	75,7Aa	68,4Ab

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey.

Houve efeito da interação ($p<0,05$) sistema vs. estação do ano na densidade volumétrica de forragem (DF, kg MS m⁻³). O sistema iLP apresentou os maiores valores de DF, e os sistemas iLPF não diferiram entre si (Tabela 3). A menor radiação que penetra no dossel forrageiro não estimula o aparecimento de gemas basais e axilares para formação de novos perfilhos, portanto a quantidade de fotossintatos produzidos é alocado preferencialmente para os perfilhos já existentes (Paciullo et al., 2011; Paciullo et al., 2008; Paciullo et al., 2007), explicando a menor massa de forragem e, a menor DF sob sombreamento.

Tabela 3. Densidade volumétrica de forragem do capim-piatã nos sistemas iLP, iLPF22 e iLPF14 nas estações do ano inverno, primavera, verão e outono

Sistema	Estação do ano			
	Inverno	Primavera	Verão	Outono
ILP	0,52Ab	0,60Ab	1,12Aa	1,00Aa
ILPF22 _(227 arv/ha)	0,23Bc	0,28Bbc	0,56Ba	0,51Bab
ILPF14 _(357 arv/ha)	0,20Bab	0,14Bb	0,42Ba	0,35Bab

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey.

Apesar da maior altura da pastagem na primavera, os baixos valores de DF e massa de forragem não permitiram animais pastejando nos sistemas iLPF, considerando que o limite mínimo de forragem disponível em pasto de gramíneas tropicais para não restringir o consumo de forragem pelos animais é de 2.000 kg ha^{-1} , a MF nos sistemas sombreados, com exceção do verão, foi inferior a este valor (Minson, 1990).

Uma das práticas de manejo do pastejo utilizada em pastagens em monocultivo é baseada no monitoramento e controle da altura do dossel, por ter relações consistentes entre as respostas da forrageira e dos animais e, conseqüentemente, permitir a compreensão do efeito da variação estrutural do dossel sobre a produção e a persistência da planta e do desempenho animal (Flores et al., 2008). Nos sistemas iLPF, dependendo da intensidade de sombreamento, a forrageira pode apresentar altura elevada, como o observado na primavera, por meio do estiolamento, mas com baixa massa de forragem, devido à baixa densidade de forragem. Em vista disso, a estratégia de manejo nestes sistemas, deve ter como critério a altura da pastagem, vinculada a outros parâmetros como a densidade de forragem.

Para gramíneas forrageiras tropicais, as recomendações de manejo sob sombreamento ainda não tem sido reportadas na literatura (Martuscello et al., 2009). O ambiente em sistemas iLPF são muito mais dinâmicos do que os encontrados em pastos a pleno sol. As variações microclimáticas ao alterarem significativamente a direção das mudanças morfológicas, acabam determinando uma condição estrutural própria de um ambiente completamente distinto da situação a pleno sol, portanto, a estrutura da forrageira tomada como referência para o manejo, deve ser analisada conjuntamente

com a capacidade de adaptação morfológica das espécies ao ambiente sombreado (Garcez Neto et al., 2010).

No sistema iLP, a DF do verão e outono foram maiores do que no inverno e primavera. No iLPF22, a DF do verão foi superior à primavera e inverno, o outono apesar de não ter diferido do verão e da primavera, foi superior ao inverno. No iLPF14, o verão foi superior à primavera, o inverno e outono não diferiram entre si, nem entre as demais estações. As maiores MF no verão justificam os maiores valores para DF, assim como a maior MF no outono do sistema iLP (Tabela 3).

Não houve efeito da interação ($p > 0,05$) sistema vs estação do ano para taxa de acúmulo de forragem (TAF, $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), oferta de forragem (OF, $\text{kg MS } 100 \text{ kg PC}^{-1}$) e taxa de lotação (TL, UA ha^{-1}). A TAF dos sistemas iLPF não apresentaram diferenças, podendo justificar seus valores de MF. O sistema iLP apresentou maior TAF do que os sistemas com árvores (Tabela 4), estes resultados reforçam a importância da radiação nos processos fotossintéticos das plantas, especialmente para gramíneas tropicais, de ciclo C_4 . Houve uma redução média de 62% na TAF dos sistemas sombreados em relação ao iLP, corroborando com o encontrado por Andrade et al. (2004) no qual o capim-marandu apresentou uma diminuição de 60% na taxa de acúmulo de MS, quando cultivada sob sombreamento artificial.

Tabela 4. Taxa de acúmulo de forragem (TAF, kg ha⁻¹ dia⁻¹), oferta de forragem (OF, kg MS 100 kg PC⁻¹) e taxa de lotação (TL, UA ha⁻¹) nos sistemas iLP, iLPF22 e iLPF14, e nas diferentes estações do ano.

	TAF	OF	TL
iLP	47,36A	7,3A	1,9A
ILPF22 _(227 arv/ha)	22,97B	4,7B	1,1B
ILPF14 _(357 arv/ha)	12,66B	4,7B	0,7B
EPM	101,48	0,992	0,303
P-valor	<0,0001	<0,001	<0,0001
Inverno	-7,53D	3,4B	0,7C
Primavera	36,56B	8,6A	0,4D
Verão	63,06A	9,1A	2,2A
Outono	19,74C	3,3B	1,6B
EPM	78,93	0,918	0,058
P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. 1UA=450 kg PC. EPM= erro padrão médio.

A maior TAF foi observada no verão, e a menor no inverno, a primavera e o outono foram intermediários, no entanto a primavera foi superior ao outono (Tabela 4). A menor TAF no inverno é em razão da menor precipitação pluvial desta estação (Figura 1). As variáveis meteorológicas são determinantes da produtividade da pastagem, a precipitação pluvial e luminosidade, incluindo fotoperíodo e qualidade da luz, afetam diretamente características como o acúmulo de forragem e a estacionalidade da produção forrageira (Tonato et al., 2010).

As plantas forrageiras acumulam forragem de maneira diferenciada ao longo do seu ciclo de crescimento, ora priorizando a produção de novas folhas e tecidos, ora priorizando a produção de colmos e inflorescências. Esses diferentes padrões de crescimento têm implicações importantes sobre a produção de forragem, seu valor nutritivo, consumo e eficiência de colheita pelo animal, e precisam ser compreendidos para que práticas de manejo eficientes possam ser planejadas e utilizadas (Silva, 2009). Sobretudo nos sistemas em que há associação entre árvores, as quais modificam o ambiente de desenvolvimento das plantas, além de haver uma maior competição pelos

recursos naturais, especialmente nos períodos em que estes recursos são limitantes, como o inverno, o qual neste trabalho apresentou TAF negativa (Tabela 4).

A pastagem com maior oferta de forragem (OF) foi no sistema iLP, em razão da sua maior MF, os sistemas iLPF não diferiram entre si. O verão e primavera apresentaram maior MF do que o outono e inverno (Tabela 4).

A estrutura do dossel forrageiro depende ainda, das características morfogênicas das plantas e sua relação com as variáveis ambientais, uma vez que são reguladas pela disponibilidade de fatores de crescimento no ambiente pastoril como luz, temperatura, água, suprimento de nutrientes, entre outros (Carvalho et al., 2007). Neste cenário, a estrutura do dossel, como proporção de folhas, colmo, relação folha:colmo, altura, densidade volumétrica de forragem entre outras variáveis, seria ao mesmo tempo o ponto de origem e de convergência das respostas de plantas e animais (Silva & Nascimento Júnior, 2007).

Em todas as estações do ano, o sistema iLP apresentou maior TL do que os sistemas com árvores, em razão dos maiores valores de massa, taxa de acúmulo e densidade volumétrica de forragem. Para estas variáveis, os sistemas iLPF não apresentaram diferenças significativas, consequentemente seus valores para TL não diferiram (Tabela 4).

As maiores TL no verão, seguido do outono, depois inverno e com menor valor a primavera foram consequência dos valores de massa e densidade de forragem, em que o verão e outono apresentaram os maiores valores e, com isso o maior número de animais. Nos sistemas iLPF, a presença dos animais na estação do inverno, período que houve escassez de forragem, com taxa de acúmulo negativa (Tabela 4), reduziu a massa de forragem drasticamente, havendo a necessidade da retirada dos animais na primavera, para a recuperação da produtividade da pastagem, o que reduziu a média da TL nesta estação (Tabela 4).

Houve efeito da interação ($p < 0,05$) tipo de sistema de produção vs. estação do ano para ganho médio diário (GMD, $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$) e ganho de peso por área (GPA, kg ha^{-1}). Não houve diferenças no GMD entre os sistemas (Tabela 5), apesar da maior massa e oferta de forragem no sistema iLP, o melhor valor nutritivo foi encontrado nos sistemas com árvores, o que permitiu ganhos individuais semelhantes ao sistema iLP.

O GMD dos animais no sistema iLP foi maior na primavera e verão do que no inverno, o outono não diferiu entre as estações. No iLPF22, os animais obtiveram maiores ganhos no verão do que no inverno e outono. No iLPF14 o verão e outono não apresentaram diferenças significativas (Tabela 5).

Os resultados de GMD observados no sistema iLP, em que a primavera não diferiu do verão, apesar da menor massa de forragem e menor altura (Tabela 1), é decorrente do melhor valor nutritivo da forragem nesta estação (Tabela 2), assim como a maior relação folha:colmo e a mesma proporção de folhas (%folhas) da primavera em relação ao verão (Tabela 1), conjuntamente com a mesma oferta de forragem, OF, (Tabela 4) para as duas estações, permitindo que os animais apresentassem ganhos similares. Uma vez que no inverno a pastagem também apresentou melhor valor nutritivo e menor massa de forragem, no entanto a baixa OF, menor %folhas e relação folha:colmo não possibilitou os mesmos ganhos, pelo contrário, seus valores reduzidos justificaram a necessidade de retirar os animais na estação subsequente dos sistemas iLPF. No outono, os ganhos foram intermediários, pois apesar da menor OF, %folhas e relação folha:colmo houve maior massa de forragem nesta estação.

Tabela 5. Ganho de peso por área (GPA, kg ha⁻¹) e ganho médio diário (GMD, kg dia⁻¹) dos três sistemas de integração nas diferentes estações do ano.

Sistema	Estação do ano			
	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Ganho de peso por área (kg ha ⁻¹)				
ILP	17Ab	54Ab	169Aa	136Aa
ILPF22 _(227 arv/ha)	3Ab	0Bb	186Aa	39Bb
ILPF14 _(357 arv/ha)	0Ab	0Bb	93Ba	25Bb
Ganho médio diário (kg dia ⁻¹)				
ILP	0,160Ab	0,525a	0,588Aa	0,373Aab
ILPF22 _(227 arv/ha)	0,058Ab	-	0,783Aa	0,238Ab
ILPF14 _(357 arv/ha)	-	-	0,648Aa	0,435Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem (P>0,05) pelo teste de Tukey.

Neste contexto, os aspectos relacionados com a quantidade de pasto em oferta e, particularmente, a forma em que a massa de forragem é apresentada aos animais em pastejo (estrutura) adquirem relevância, pois determina a velocidade de aquisição de nutrientes, e por conseguinte o desempenho animal (Carvalho et al., 2001).

Os sistemas não apresentaram diferenças no GPA no inverno, com valores bastante reduzidos. No verão, o sistema iLP e o sistema iLPF22 não diferiram entre si e foram superiores ao iLPF14. Com a ausência de animais na primavera no sistema iLPF22, a pastagem pôde recuperar sua produtividade e assim, alcançar os valores obtidos pelo sistema iLP. O maior período sem animais do sistema iLPF14, compreendendo o inverno e primavera, todavia, não permitiu que o sistema atingisse no verão, valores de GPA equivalentes ao sistema iLP, nem ao sistema iLPF22 (Tabela 5). Portanto, o sistema iLP permitiu 340 dias de pastejo, enquanto o sistema iLPF22 258 dias e o iLPF14 203 dias durante o ano.

No outono houve uma queda no GPA do sistema iLPF22, em que seu GPA não diferiu do sistema iLPF14, sendo inferiores ao sistema iLP, o que demonstra que os sistemas com árvores não conseguiram manter a mesma produtividade do que o sistema sem o componente florestal. O sistema iLP produziu 376 kg ha^{-1} no ano, contra 229 e 119 kg ha^{-1} , uma redução de 39% e 68% na produtividade animal no iLPF22 e iLPF14, respectivamente.

A associação de árvores com pastagem pode incrementar a produtividade da área por resultar na produção de madeira, forragem e animal, todavia, a produtividade individual dos componentes diminui, com o crescimento das árvores. Desta forma, o planejamento do arranjo espacial das árvores deve ser conforme o objetivo do sistema, em que se a finalidade é a produção animal, maiores espaçamentos e consequentemente menores densidades de árvores devem ser preferidos.

No planejamento de sistemas iLPF, pode-se optar também pela prática do desbaste, em que algumas árvores são selecionadas para serem cortadas e assim gerar fluxo de caixa ao produtor, mas principalmente permitir a incidência de radiação no sub-bosque para o crescimento e desenvolvimento das plantas, quando estas árvores já apresentam altura elevada e promovem o intenso sombreamento no sub-bosque (Bungenstab & Almeida, 2014).

Conclusões

O sombreamento causado pelas árvores pode beneficiar o valor nutritivo da pastagem permitindo ganhos individuais equivalentes aos sistemas de integração lavoura-pecuária, não tão intensificados.

O sistema iLP, no entanto, possibilita maior produtividade forrageira e consequentemente, maior produção animal por área, com animais pastejando durante o ano todo. O sistema com menor número de árvores permitiu maior produção animal por área do que o sistema com mais árvores, também com mais dias de pastejo, contudo, nos sistemas com árvores não foi possível o pastejo dos animais durante o ano todo.

Referências

- ANDRADE, C.M.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.
- 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-p pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.i-xii, 2011.
- BOSI, C.; PEZZOPANE, J.R.M.; SENTELHAS, P.C.; SANTOS, P.M.; NICODEMO, M.L.F. Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.6, p.449-456, 2014.
- BUNGENSTAB, D.J.; ALMEIRA, R.G. **Integrated Crop-Livestock-Forestry Systems**; a Brazilian experience for sustainable farming. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 304p.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.919-927, 1999.
- 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**, n.60, p.19-25, 2009.
- 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: PEDREIRA, C.G.S.e DA SILVA, S.C. (Ed.) **A Produção Animal na Visão dos Brasileiros**, Piracicaba: FEALQ, 2001. p.853-871

CARVALHO, P.C.F.; SANTOS, D.T.; NEVES, F.P. Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal. In: Dall'Agnol, M.; Nabinger, C.; Santana, D.M.; Santos, R.J. (Org.). **Sustentabilidade Produtiva do Bioma Pampa**. 1 ed. Porto Alegre: Gráfica Metrópole Ltda., 2007, p. 23-60.

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. trichoglume). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.44, p.111-124, 1996.

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

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.245-73

EVANS, J.R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment**, v.24, p.755-767, 2001.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidade de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1355-1365, 2008.

GAMARRA, E.L. **Produção de bovinos em sistemas de integração estabelecidos**. 2015. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

GARCEZ NETO, A.F.; GARCIA, R.; MOOT, D.J.; GOBBI, K.F. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.42-50, 2010.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G.; ROCHA, G.C. Valor nutritivo do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos ao sombreamento. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.379-390, 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**, v38, n.9, p.1645-1654, 2009.

GOBBI, K.F.; GARCIA, 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.

GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grassland**, v. 42, p.75-87, 2008.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Ed. Longman Scientific & Technical. 1990. 203p.

LARCHER, W. As influências do ambiente sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento. In: LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. RiMa Artes e Textos, 2000. p.295-338.

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

MARTEN, G.C.; SHENK, J.S.; BARTON II, F.E. **Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS): analysis of forage quality**. Washington: USDA, 1985. 110p. (USDA. Agriculture handbook, 643).

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; NETO GONTIJO, M.M.; LAURA, V.A.; CUNHA, D.N.F.V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p

MOTT, G.O.; LUCAS H.L. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6, 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania: State College, 1952. p.1380-1385.

NANTES, N.N.; EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; LEMPP, B.; BARBOSA, R.A.; GOIS, P.O. Desempenho animal e características de pastos de capim-piatã submetidos a diferentes intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.1, p.114-121, 2013.

OLIVEIRA, C.C.; VILLELA, S.D.J.; ALMEIDA, R.G.; ALVES, F.V.; BEHLING NETO, A.; MARTINS, P.G.M.A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, p.167-172, 2014.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.917-923, 2008.

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**, v.42, n.4, p.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**, v.46, n.10, p.1176-1183, 2011.

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

SILVA, S.C. Conceitos básicos sobre sistemas de produção animal em pasto. In: INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 25, 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 2009. p. 7-36.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.121-138, 2007.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **FISIOLOGIA VEGETAL**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p.199-242.

TONATO, F.; BARIONI, L.G.; PEDREIRA, C.G.S; DANTAS, O.D.; MALAQUIAS, J.V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.5, p.522-529, 2010.

Parâmetros de degradação e fermentação de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em sistemas de integração estimados pela técnica de produção de gases *in vitro*

Mariana Pereira¹, Luis Alfonso Giraldo Valderrama², Rodrigo da Costa Gomes³
Roberto Giolo de Almeida³, Maria da Graça Moraes¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Av. Senador Filinto Müller 2443, Cidade Universitária 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: maripereirazoo@gmail.com, morais.mariazinha@gmail.com. ²Universidade Nacional de Colombia, Rua 59A, 63-20, Autopista Norte, Medellín, Antioquia, Colombia. E-mail: lagirald@unal.edu.co. ³Embrapa Gado de Corte, Av. Rádio Maia, 830, Zona Rural, 79106-550 Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: rodrigo.gomes@embrapa.br, roberto.giolo@embrapa.br

RESUMO: A bovinocultura de corte brasileira tem sido pressionada a desenvolver alternativas de produção que intensifiquem a produção de ruminantes em pastagens de gramíneas tropicais, como os sistemas de integração. Objetivou-se estimar a cinética de degradação, a fermentação ruminal, a produção de N-NH₃, ácidos graxos voláteis e metano do capim-piatã em diferentes níveis de sombreamento em sistemas de integração no Cerrado brasileiro. No sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), haviam 227 árvores de eucalipto/ha, plantadas em linhas simples, com espaçamento de 22x2 m. Foram avaliados duas áreas do sistema, uma próxima às linhas das árvores, com sombreamento intenso, e uma com sombreamento moderado, na região central, entre as fileiras de árvores do sistema, tendo como comparação, um ponto sem sombreamento, coletado em um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) adjacente. A forrageira foi coletada pela técnica manual de simulação do pastejo nos períodos das águas e transição águas-seca. Utilizou-se a técnica de produção de gases *in vitro* para estimar os parâmetros de degradação da MS, sendo avaliada nos horários 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas, e os parâmetros de fermentação ruminal da MS, no horário de 24 horas. Concluiu-se que o aumento da intensidade de sombreamento provoca mudanças

positivas na cinética de degradação e em alguns produtos da fermentação conforme a estação do ano, em decorrência da melhoria do valor nutritivo da forragem disponível.

Palavras-chave: ácidos graxos voláteis, gramínea tropical, sombreamento, taxa de passagem, valor nutritivo

Degradation and fermentation parameters of *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã in integrated systems estimated by the *in vitro* gas production technique

ABSTRACT: Brazilian cattle breeding has been under pressure to develop production alternatives that intensify the production of ruminants in pastures of tropical grasses, such as integrated systems. The objective of this study was to estimate the kinetics of degradation, ruminal fermentation, N-NH₃ production, volatile fatty acids and methane from the Piatã grass at different levels of shading in the Brazilian Cerrado. In the integrated crop-livestock-forestry system (ICLF), there were 227 eucalyptus trees/ha, planted in single lines, spaced 22x2 m. Two areas of the system were evaluated, one near the tree lines, with intense shading, and one with moderate shading, in the central region, between the rows of trees of the system, comparing an unshaded spot collected in a system of integrated crop-livestock (ICL). The forage was collected by manual grazing simulation technique in the rainy season and dry-rainy transition. The *in vitro* gas production technique was used to estimate the DM degradation parameters, being evaluated at times 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours, and ruminal fermentation parameters of the DM, in the 24 hour schedule. It was concluded that the increase of the shading intensity causes positive changes in the degradation kinetics and in some products of the fermentation according to the season, due to the improvement of the nutritional value of the available fodder.

Keywords: nutritional value, passage rate, shading, tropical grass, volatile fatty acids

1. Introdução

As regiões de clima tropical possuem alto potencial de produção de forragens. A produtividade animal nestas regiões, no entanto é baixa se comparada à de regiões temperadas, pois as plantas tropicais produzem grande quantidade de matéria seca de baixo valor nutritivo (Sampaio et al., 2009).

O aumento da demanda internacional por produtos agropecuários, associado com a maior preocupação com o uso dos recursos ambientais, têm aumentado o desenvolvimento de tecnologias que promovam a maior eficiência do uso da terra com menores externalidades negativas. Sob este ponto de vista, no Brasil, os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), sistema Barreirão, sistema Santa Fé e mais recentemente, os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), têm sido promovidos com o intuito de suprir estas lacunas dos sistemas produtivos, sobretudo em áreas de baixa produtividade (Bungenstab e Almeida, 2014).

Os sistemas ILPF envolvem as atividades de agricultura, pecuária e florestal na mesma área. A presença do componente florestal no sistema modifica a intensidade de incidência da luz solar no interior do sub-bosque, interferindo na radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que alcança a base do dossel, na temperatura e umidade do ar e solo, na reciclagem e competição entre árvore e forrageira por nutrientes, variáveis que afetam o desenvolvimento e valor nutritivo das forrageiras.

O sombreamento promovido pelas árvores, nestes sistemas, leva as forrageiras a desenvolverem alterações morfofisiológicas e estruturais, tais como organização espacial das folhas, distribuição horizontal e vertical das folhas e dos ângulos e o tamanho foliar, proporção nos tecidos foliares e saturação lumínica, no sentido de se adaptarem e crescerem nestes ambientes (Pedreira e Pedreira, 2007).

A aclimação fenotípica às condições de baixa radiação ocorre, principalmente durante o crescimento e a diferenciação dos componentes de assimilação (folhas), o que condicionam alocação preferencial dos compostos de carbono especialmente para a parte aérea (Gobbi et al., 2011). As forrageiras produzidas em sub-bosques de sistemas integrados, em razão destas alterações nos fatores ambientais, principalmente o sombreamento, promovido pelas árvores podem apresentar uma melhor qualidade nutricional (Carvalho et al., 2002; Soares et al., 2009; Gobbi et al., 2010).

Os efeitos da sombra sobre o valor nutritivo das plantas dependem tanto da espécie forrageira quanto do nível de sombreamento sob o qual as plantas se desenvolvem (Gobbi et al., 2010). No entanto o desempenho animal depende do comportamento ingestivo, quantidade e qualidade do alimento ingerido, portanto o conhecimento da composição química, degradabilidade da MS e das diferentes frações dos alimentos, incluindo os produtos finais da fermentação, como os ácidos graxos voláteis e metano, são fundamentais para o balanceamento das dietas, possibilitando maximizar a produtividade animal e interferir nos custos de produção (Pires et al., 2006).

A avaliação do alimento consumido pelos ruminantes assume ainda, maior relevância na temática de emissão de gases de efeito estufa, especialmente na emissão de metano entérico, pois as pesquisas têm expressado a emissão de metano por unidade de alimento ingerido, e/ou digerido, conjuntamente a qualidade do alimento reflete no padrão da fermentação ruminal com interposição nas emissões.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do nível de sombreamento do capim-piatã em sistemas de integração sobre a cinética de degradação, a taxa de fermentação, a produção de N-NH_3 , de ácidos graxos voláteis e de metano em bovinos no Cerrado brasileiro.

2. Material e Métodos

2.1 Área experimental

O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, situada no município de Campo Grande - MS (20°27' S, 54°37' O; altitude de 530 m) e no laboratório da Universidade Nacional da Colômbia com sede em Medellín. Foi aprovado pela Comissão de Ética e Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) sob o protocolo nº 753/2016.

O padrão climático da região onde foi conduzido o experimento, segundo a classificação de Köppen, pertence à faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido, e a precipitação média anual de 1.560 mm.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, com textura argilosa, pH ácido, baixa saturação por bases e média concentração de alumínio. A análise química de amostras de solo, na camada de 0 a 20 cm de

profundidade, revelou que a área era relativamente uniforme, com teores de argila de $41 \pm 5\%$; P (Mehlich-1) de 0,29 a 0,42 mg/dm³; saturação por bases de 26 a 34% e saturação por alumínio de 10 a 23%.

As avaliações foram realizadas em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) com 227 árvores de eucalipto/ha, e um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP). Os sistemas foram implantados em quatro piquetes cada (repetições) com área de 1,2 ha. A descrição da implantação encontra-se no trabalho de Gamarra et al. (2015). Os sistemas foram manejados em ciclos de um ano de lavoura seguido de três anos de pecuária. As avaliações deste experimento iniciaram após o segundo ciclo de lavoura, com dois anos do estabelecimento da pastagem, em dezembro de 2015.

Os dados de temperatura e precipitação foram registrados pela estação meteorológica da Embrapa Gado de Corte a aproximadamente 2 km da área experimental (Fig. 2).

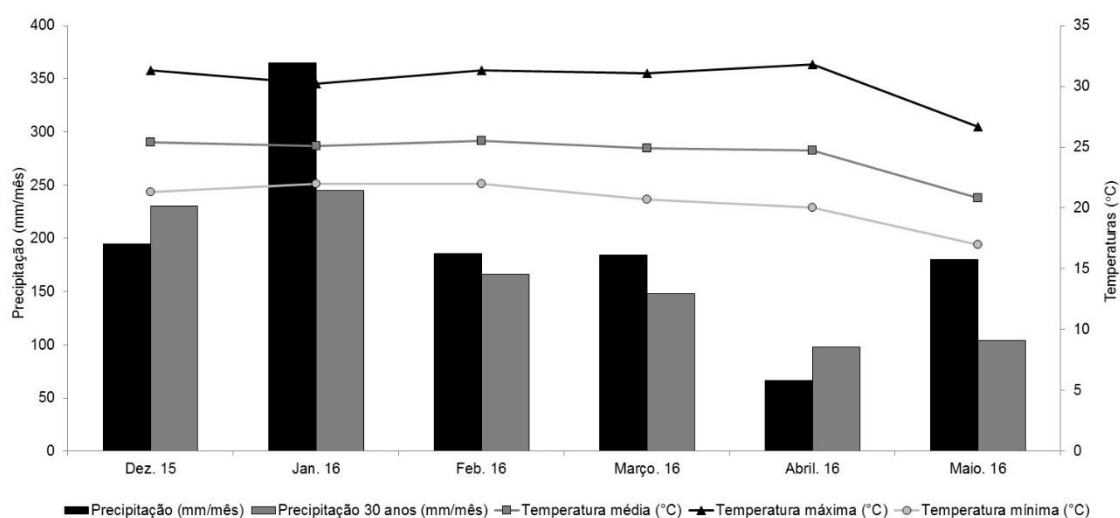


Figura 2. Valores médios de temperatura e precipitação pluviométrica durante o período experimental, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul

2.2. Delineamento experimental

Delineamento em blocos ao acaso, os tratamentos foram três níveis de sombreamento; 1) o sistema ILP, considerado sem sombreamento (pleno sol), sendo coletados vários pontos aleatórios dentro do sistema, 2) o sombreamento moderado - SM, sendo coletados na área central do sistema ILPF e 3) o sombreamento intenso - SI,

coletado próximo à linha das árvores, na direção Sul, do sistema ILPF, e com parcela subdividida (medida repetida no tempo), considerando animal como bloco, com três repetições.

2.3. Radiação fotossinteticamente ativa

Para estimar a porcentagem de sombra do local de coleta, foi avaliada mensalmente a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) por meio de um ceptômetro portátil (modelo AccuPAR- LP 80), nos períodos da manhã e tarde, sendo medida a radiação na altura do dossel.

2.4. Coleta de amostras e análises bromatológicas

As amostragens da forrageira foram feitas segundo a metodologia de simulação manual de pastejo, utilizando duas amostras por ponto de coleta. Estas amostragens abrangeram dois períodos: uma nos meses de dezembro de 2015 a março de 2016 (período das águas), e outro de abril e maio de 2016 (período de transição águas-seca). Durante todo o período experimental, no entanto, houve animais pastejando a área e foram feitas, em média, a cada 30 dias.

As amostras de forragem, imediatamente após sua coleta foram pesadas e pré-secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, até atingirem massa constante. Posteriormente, foram moídas a 2 mm e analisadas para matéria seca (%MS), conteúdo de nitrogênio e proteína bruta (%PB) conforme o método de Kjeldahl adaptado da norma ISO 5983 (NTC 4657, 1999), fibra em detergente neutro (%FDN) determinado seguindo a técnica descrita por Van Soest et al. (1991), utilizando-se um analisador de fibra ANKOM 200.

2.5. Parâmetros de fermentação e degradabilidade ruminal

Os parâmetros da fermentação ruminal dos tratamentos foram avaliados pela técnica de produção de gases *in vitro* descrita por Theodorou et al. (1994), utilizando inóculo de três vacas da raça Holandesa. O delineamento experimental utilizado incluiu simultaneamente amostras dos períodos das águas e transição águas-seca, em incubações *in vitro* independentes, duas réplicas por tratamento (sem sombra, sombra moderada, e sombra intensa) com três repetições por animal e seis tempos de incubação

(3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas). Utilizou-se quatro frascos com meio de cultivo e inóculo sem substrato, chamados de branco, um por animal, com a finalidade de corrigir a pressão gerada pelo gás e pela pressão inicial do líquido incubado (López et al., 1998).

O líquido ruminal foi coletado por meio de uma bomba de sucção manual no período da manhã, provenientes do rúmen das vacas canuladas, alimentadas com pastagem de capim-quicuío (*Pennisetum clandestinum*) alocadas na Estação Agrária Paysandú da Universidade Nacional da Colômbia.

No tempo de incubação *in vitro* de 24 horas mediu-se o volume de gás produzido, por meio de um transdutor de pressão e tomaram-se amostras de gás em frascos *headspace* vazios, de 22 mL e amostras líquidas para determinação de ácidos graxos voláteis (AGV) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃). O volume dos gases produzidos pela fermentação foi calculado por meio de um modelo de regressão validado no laboratório BIORUM da Universidade da Colômbia (Giraldo et al., 2007; Marin et al., 2014).

Após a retirada das garrafas conforme cada horário de incubação, filtrou-se o conteúdo de cada garrafa utilizando cadinhos filtrantes Pirex® com fundo poroso (Nº1), em seguida foram colocados em estufa de circulação de ar forçado à 60°C, durante 48 horas, para determinação da MS degradada (DMS), sendo calculada pela diferença de peso.

Finalizado o processo fermentativo do tempo de incubação *in vitro* de 24 horas, analisou-se uma alíquota de 5 mL da fase líquida de cada garrafa em um tubo de centrifugação, contendo ácido clorídrico 0,5 N. Posteriormente, foram centrifugadas a 4.000 rpm durante 4 minutos à 4°C e coletou-se o sobrenadante para determinar a concentração de N-NH₃, com um eletrodo seletivo de amônio ISE-N-NH₃ e um potenciômetro portátil Metrohm, conforme a metodologia validada no laboratório BIORUM para o método EPA 350.3 (EPA, 1983).

Coletou-se também uma alíquota de 0,8 mL da fase líquida em tubos Eppendorf® de 2 mL que continham solução à 10% de ácido metafosfórico e 0,06% de ácido crotônico, p/v em HCL 0,5 N. Todas amostras foram centrifugadas a 13.000 rpm por 12 minutos à 4°C. Para determinação da concentração dos ácidos orgânicos (ácido acético, propiônico, butírico, isobutírico e valérico) foi utilizado cromatógrafo de gases Shimadzu modelo GC-2014 com detector FID (Shimadzu Corporation, Japão), equipado com uma coluna capilar HP-FFAP de 25 m de comprimento x 0,32 mm de

diâmetro interno x 0,5 µm de espessura da película. As temperaturas de injeção e detecção foram 260 e 280°C, respectivamente. A separação foi realizada usando nitrogênio como gás transportador e hélio como gás de *make-up* a velocidade constante de 42 cm/segundo. Utilizou-se as normas de grau analítico da marca Fluka.

As amostras de gases para determinação do metano (CH₄) foram coletadas de cada garrafa incubada no horário de 24 horas, em frascos *headspace* vazios e determinou-se a concentração de metano por cromatografia gasosa, utilizando um equipamento GC-2014, Shimadzu com detector de ionização de chama (FID), coluna capilar HP-PLOT Molesieve 5Å 30 m × 0.32 mm D.I e 12 µm de espessura da película. Como gás transportador foi utilizado nitrogênio grau 5.0 e como gás de *make-up* o hélio. Alíquotas de 100 mL de amostras foram injetadas manualmente por meio de seringas Hamilton Gas Tight Luer Lock®. A curva de calibração foi realizada usando metano à 10% no balanço de nitrogênio, com certificado analítico da marca Cryogas. Calculou-se o volume de metano conforme a metodologia descrita por López e Newbold (2007).

Os parâmetros de degradabilidade foram calculados a partir da seguinte equação:

$$Y(t) = a + b(1 - e^{-ct}),$$

em que “a” é a fração solúvel em água; “b” é a fração insolúvel em água, potencialmente degradável; e “c” é a taxa de degradação da fração b e t o tempo.

A degradabilidade efetiva (DE) da MS foi calculada usando a seguinte equação:

$$DE = a + (b \cdot c) / (c + k),$$

em que “k” é a taxa de passagem das partículas no rúmen (adotou-se as taxas de 0,02/h; 0,05/h). Ambas as equações foram propostas por Orskov e McDonald (1979). Levaram-se em consideração as taxas de passagem de 2 e 5% por hora, as quais correspondem aos níveis de ingestão alimentar baixo e médio, respectivamente, segundo preconizado pelo Agricultural Research Council (1984).

2.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística de verossimilhança restrita, utilizando modelo misto contendo os efeitos de período, sombreamento e a respectiva interação como efeitos fixos e o animal (doador de inóculo) como efeito aleatório. O

nível de probabilidade de 5% foi considerado para as variáveis estudadas e as médias foram comparadas pelo teste ajustado de Tukey-Kramer.

3. Resultados

3.1. Radiação fotossinteticamente ativa

Os dados de RFA ($\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$) estão descritos na Tabela 1. Na transição águas-seca o sombreamento considerado como intenso foi apenas 10% mais sombreado do que o sombreamento moderado. No período de transição observa-se também uma redução da RFA no sistema ILP em relação ao verão, devido o início do outono.

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$) nos diferentes níveis de sombreamento (moderado: SM, intenso: SI e sem sombreamento: pleno sol) dos períodos de águas e transição águas-seca, dos sistemas ILPF e ILP.

Período	Nível de sombreamento		
	pleno sol	SM	SI
Águas	1.506	823 (55%)*	291 (19%)
Águas-Seca	902	405 (45%)	313 (35%)
Média	1.204	614 (51%)	302 (25%)

(*) Números entre parênteses representa a % de RFA nos pontos tendo como referência a RFA a pleno sol do sistema ILP. SM=sombreamento moderado SI=sombreamento intenso

3.2. Análise bromatológica

Houve efeito da interação nível de sombreamento $\times$ período do ano ($P < 0,05$) para os teores de PB e FDN (Tabela 2). No período das águas, o sombreamento intenso apresentou maior %PB do que sem sombra, e o sombreamento moderado foi intermediário. No período de transição não houve diferenças entre os níveis de sombreamento.

Para a %FDN, os maiores valores encontrados foram no sistema sem sombra e no sombreamento moderado em relação ao sombreamento intenso, no período das águas. Estas diferenças não foram encontradas no período de transição.

Tabela 2. Composição bromatológica do capim-piatã nos diferentes níveis de sombreamento nos períodos das águas e transição águas-seca, dos sistemas ILPF e ILP.

Período	Nível de sombreamento		
	pleno sol	SM	SI
	%PB		
Águas	9,2Bb	10,1Bab	12,0Aa
Águas-Seca	12,0Aa	12,8Aa	11,3Aa
	%FDN		
Águas	72,2Aa	72,3Aa	70,2Bb
Águas-Seca	71,2Aa	72,4Aa	72,5Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. SM=sombreamento moderado SI=sombreamento intenso

3.3. Parâmetros de fermentação e degradabilidade ruminal

Não houve efeito da interação nível de sombreamento $\times$ período do ano ($P>0,05$) para alguns parâmetros de degradação, tais como a fração potencialmente degradável (%b), taxa de degradação (c, %/h) e tempo médio de degradação (TMD, horas), cujos resultados apresentam-se na Tabela 3. A fração solúvel (a%) não foi afetada pelos tratamentos, com média de 7,77%. A maior taxa de degradação (c) e o menor tempo médio de degradação foram observados na transição águas-seca.

Tabela 3. Parâmetros da cinética de degradação da MS obtidos pela técnica de produção de gases em amostras do capim-piatã nos períodos das águas e transição águas-seca, nos sistemas ILPF e ILP.

Variável	b (%)*	c (%/hora)*	TMD (horas)*
Águas	66,0A	0,035B	20,31A
Águas-Seca	62,4B	0,041A	17,04B
P-valor	0,0079	0,0029	0,0028
pleno sol	66,7A	0,037	19,50
SM	62,7A	0,038	18,62
SI	63,1B	0,039	17,91
P-valor	0,025	0,3809	0,3316

*b = fração potencialmente degradável; c = taxa de degradação da fração; TMD = tempo médio de degradação. SM=sombreamento moderado SI=sombreamento intenso Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Houve efeito da interação nível de sombreamento $\times$ período do ano ($P<0,05$) para a degradabilidade efetiva do capim-piatã nas diferentes taxas de passagem consideradas (Tabela 4). Assim como a composição de PB (Tabela 2), o SI apresentou maior DE tanto na kp de 2%/h quanto na de 5%/h para o período das águas. No período de transição, foram obtidos os menores valores de DE encontrados para todas as kp estudadas. As amostras colhidas a sol pleno e no SM mostraram maior DE no período de transição em relação às águas.

Tabela 4. Degradabilidade Efetiva (DE) do capim-piatã, com diferentes taxas de passagem, nos diferentes níveis de sombreamento nos períodos das águas e transição águas-seca, dos sistemas ILPF e ILP.

Período	Nível de sombreamento		
	pleno sol	SM	SI
DE (%): kp:2%/h			
Águas	49,81Ba	48,57Aa	50,35Aa
Águas-Seca	51,32Aa	49,44Ab	47,51Bc
DE (%): kp:5%/h			
Águas	34,59Bab	34,14Bb	35,72Aa
Águas-Seca	36,81Aa	35,92Aa	34,10Bb

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. SM=sombreamento moderado SI=sombreamento intenso

A degradabilidade ruminal da MS do capim-piatã nos horários de incubação de 12, 24, 48 e 72 horas variou ($P<0,05$) em função da interação nível de sombreamento vs. período do ano (Tabela 5), todavia os horários de incubação de 3 e 6 horas não apresentaram diferenças significativas. Para os dois sistemas, a degradabilidade da MS às 3 horas foi em média de 17%, e no horário de 6 horas atingiu 20%.

A partir do horário de incubação de 24 horas, o ILPF-SI no período de transição teve uma menor degradabilidade da MS do que o ILP-pleno sol e persistiu até 72 horas. O ponto amostral com SM apresentou semelhança nos valores crescentes de degradabilidade da MS nos horários de 12 até 72 horas tanto no período das águas quanto no de transição.

Tabela 5. Degradabilidade ruminal da MS do capim-piatã em diferentes horários, nos diferentes níveis de sombreamento nos períodos das águas e transição águas-seca dos sistemas ILPF e ILP

Período	Nível de sombreamento		
	pleno sol	SM	SI
3 horas			
Águas	15,73	17,20	17,20
Águas-Seca	16,15	18,85	16,09
6 horas			
Águas	27,63	17,78	19,01
Águas-Seca	20,28	18,78	18,13
12 horas			
Águas	28,01Aa	26,18Ba	29,24Aa
Águas-Seca	31,14Aa	29,80Aa	28,24Aa
24 horas			
Águas	45,02Bb	47,26Aab	47,83Aa
Águas-Seca	51,01Aa	48,58Aab	47,21Ab
48 horas			
Águas	62,32Aab	59,93Ab	63,59Aa
Águas-Seca	62,65Aa	62,31Aa	58,35Bb
72 horas			
Águas	68,16Aa	66,17Aa	67,48Aa
Águas-Seca	67,90Aa	64,79Ab	64,00Bb

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. SM=sombreamento moderado SI=sombreamento intenso

Não houve efeito da interação nível de sombreamento $\times$ período do ano ($P>0,05$) para concentrações de N-NH₃, isobutirato, %butirato, valerato e outros AGV (Tabela 6). As concentrações de N-NH₃ nos sistemas com árvores apresentaram os maiores valores, assim como o sombreamento aumentou a produção de ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (AGVCR), como isobutirato e valerato. Estes AGVCR variaram conforme o período do ano, com maiores concentrações na transição águas-seca.

Tabela 6. Parâmetros da fermentação ruminal do capim-piatã em sistemas ILPF e ILP, nos períodos das águas e transição águas-seca, com 24 horas de incubação.

Variável	N-NH ₃ (mg/dL)	Isobutirato (mmol/L)	%Butirato	Valerato (mmol/L)	OutrosAGV (mmol/L)
pleno sol	16,93B	0,10B	8,97A	0,134AB	0,236B
SM	21,60A	0,11A	8,93AB	0,131B	0,244AB
SI	20,24A	0,12A	8,85B	0,138A	0,254A
P-valor	<0,0001	0,0002	0,0385	0,0217	0,0062
Águas	19,05	0,10B	8,91	0,128B	0,232B
Águas-Seca	20,13	0,12A	8,92	0,140A	0,256A
P-Valor	0,0652	<0,0001	0,8030	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. SM=sombreamento moderado SI=sombreamento intenso

Com exceção do butirato, houve efeito da interação nível de sombreamento $\times$ período do ano ($P<0,05$) para todos AGV's e para as razões entre acetato/propionato e (acetato+butirato)/propionato (Tabela 7).

O SI nas águas, proporcionou menor concentração de acetato e maior de propionato, expresso tanto em valores absolutos quanto relativo quando comparado ao pleno sol (ILP). Consequentemente as razões acetato/propionato e (acetato+butirato)/propionato foram significativamente menores. No período de transição estas diferenças não ocorreram. O SM no período das águas somente apresentou valor relativo de propionato superior às amostras colhidas em pleno sol que foi suficiente para reduzir significativamente as proporções estudadas. No entanto, na estação de transição as diferenças não persistiram comportando-se de forma semelhante ao período chuvoso.

Tabela 7. Concentração de ácidos graxos voláteis, nos diferentes níveis de sombreamento nos períodos das águas e transição águas-seca, dos sistema ILPF e ILP, com 24 horas de incubação.

Período	Nível de sombreamento		
	pleno sol	SM	SI
%Acetato			
Águas	66,06Aa	65,31Aa	64,15Bb
Águas-Seca	65,38Aa	65,23Aa	65,64Aa
%Propionato			
Águas	24,00Bc	24,91Ab	25,57Aa
Águas-Seca	24,75Aa	24,70Aa	24,46Ba
Propionato (mmol/L)			
Águas	5,93Bb	6,20Aab	6,48Aa
Águas-Seca	6,43Aa	6,12Aa	6,17Aa
Relação Acetato/Propionato			
Águas	2,75Aa	2,62Ab	2,53Bc
Águas-Seca	2,64Ba	2,64Aa	2,69Aa
Relação (Acetato+Butirato)/Propionato			
Águas	3,13Aa	2,98Ab	2,87Bc
Águas-Seca	3,00Ba	3,00Aa	3,00Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. SM=sombreamento moderado SI=sombreamento intenso

Apesar das modificações ocorridas no perfil de ácidos graxos voláteis, não houve efeito dos tratamentos sobre a produção de metano (mL), seja ela expressa em função da MS ingerida ou da MS degradada ($P>0,05$; Tabela 8).

Tabela 8. Produção de metano (CH_4) do capim-piatã nos sistemas ILPF e ILP, nos períodos das águas e transição águas-seca, com 24 horas de incubação.

Variável	CH_4 (ml)	CH_4/MS ingerida (ml)	CH_4/MS degradada (ml)	CH_4/FDN degradada (ml)
pleno sol	5,75	11,39	23,76	0,185
SM	6,62	13,12	27,51	0,222
SI	4,76	9,4	19,76	0,155
P-valor	0,1360	0,1305	0,1487	0,085
Águas	5,79	11,44	24,56	0,193
Águas-Seca	5,63	11,16	22,79	0,181
P-Valor	0,8211	0,8410	0,5599	0,5839

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey. SM=sombreamento moderado SI=sombreamento intenso

4. Discussão

4.1. Radiação fotossinteticamente ativa

Em razão do arranjo espacial das árvores nos sistemas e das coordenadas geográficas locais (sentido Norte-Sul), a intensidade de radiação no verão se concentrou na região central do sistema de ILPF e, no outono, houve maior distribuição de radiação entre o ponto central e a região mais próxima às árvores. A menor radiação verificada no ILP no período de transição resultou na melhor qualidade da forrageira, como pode ser visto pelos dados apresentados nas Tabelas 1 e 2.

4.2. Valor nutricional

O sombreamento pode aumentar o teor de PB, pois na aclimação as plantas sombreadas tem como prioridade a síntese dos compostos envolvidos como as enzimas da fotossíntese, que são de natureza protéica (Gobbi et al., 2010), por isso o maior teor de PB no SI em relação ao sistema ILP-pleno sol nas águas. O aumento da PB também está relacionado ao microclima do sistema, em que teores elevados de umidade associados à menor temperatura do solo favorecem o crescimento de bactérias e fungos resultando em maior quantidade de matéria orgânica e consequente reciclagem de N para absorção das plantas (Wilson, 1996).

Na transição águas-seca observou-se menor temperatura em relação à média das águas (22,7°C vs. 25,2°C na figura 2), além de uma menor RFA. Também a precipitação pluviométrica esteve acima da observada nos últimos 30 anos, com média de 123,4 mm/período. Estes dados evidenciam presença de umidade no solo, que beneficia o crescimento e desenvolvimento da forrageira. Estas observações simultâneas (temperatura e umidade) podem justificar o maior teor de PB deste período em relação às águas. O maior grau de sombreamento no ponto de SM, no período de transição, contribuiu para seu maior teor de PB do que nas águas.

O menor teor de FDN foi observado quando o sombreamento foi mais intenso nas águas do ILPF-SI, possivelmente devido ao direcionamento dos fotossintatos para aumentar a capacidade fotossintética, em detrimento do desenvolvimento da parede celular (Deinum et al., 1996).

4.3. Parâmetros de fermentação e degradabilidade ruminal

Em relação a fração potencialmente digestível (a), o valor baixo quando comparado a forrageiras temperadas, provavelmente é devido à baixa concentração de carboidratos não fibrosos das gramíneas tropicais, que variam entre 1 a 5%, conforme registrado por Kozloski (2011).

A maior taxa de fermentação e o menor tempo médio de degradação no período de transição, possivelmente em razão das águas com temperatura mais elevada haver maior produção de tecidos de sustentação como xilema e esclerênquima (Larcher, 2000) associados com o crescimento, que por serem mais indigestíveis e com menor taxa de degradação resultam em maior tempo de permanência no rúmen-retículo. Estes tecidos possuem parede celular espessada e mais lignificada estando frequentemente associados à fração lentamente digestível (Gomes et al., 2011).

Esta relação é observada mais intensamente em gramíneas tropicais, com o avanço da maturidade fisiológica, normalmente no período das águas, época em que as forrageiras acumulam maior quantidade de matéria seca, o que pode ocorrer maior espessamento da parede celular, e consequente aumento de tecido vascular lignificado (Deschamps, 1999).

Possivelmente os menores valores de DE no SI no período de transição seja devido à baixa qualidade do material coletado pela técnica manual de pastejo simulado, onde as amostras se apresentavam com maiores proporções de colmos, material senescente e até pequenas raízes. Portanto estas amostras com menor proporção de folha e baixa relação folha:colmo desenvolveram o estiolamento, onde ocorre alongamento do colmo em busca da pouca RFA na altura do dossel conforme observado por Paciullo et al., (2008) que registraram maior facilidade de desprendimento radicular dos perfilhos e presença de material senescente.

Os resultados da degradabilidade ruminal da MS do capim-piatã nos horários de 3 e 6 horas podem ser atribuídos à semelhança na fração solúvel (a%), a qual seria degradada nestes primeiros horários. A partir do horário de incubação de 24 horas, os resultados apresentados permitem inferir que o SM não alterou a degradabilidade ruminal da MS que se comportou de modo semelhante ao pleno sol nas estações do ano e que o SI reduziu esta variável a partir de 24 horas no período de transição por apresentar menor fração “b” potencialmente degradável.

As maiores concentrações de N-NH_3 nos sistemas com árvores está relacionado ao teor de PB mais elevado sobretudo das proteínas solúveis envolvidas na fotossíntese (Gobbi et al., 2010), que são mais amplamente degradadas do que aquelas presentes na parede celular (Kozloski, 2011). Com o aumento da PB houve provavelmente aumento na população de bactérias aminolíticas, as quais utilizam os aminoácidos liberados pelas espécies proteolíticas, e produzem amônia e AGVCR, substratos fundamentais para o crescimento das bactérias que degradam fibra (Kozloski, 2011). Vale ressaltar que as concentrações de N-NH_3 em todos os sistemas, permaneceram adequadas para garantir o crescimento bacteriano conforme preconizado por Van Soest (1994), que definiu como crítico ao crescimento microbiano e digestibilidade da fração fibrosa valores inferiores a 13 mg/dL no ambiente ruminal.

Estes resultados reforçam os maiores teores de PB encontrado nas águas e corroboram com os melhores resultados para degradação ruminal da MS, sobretudo no horário de incubação de 24 horas, pois a população microbiana ruminal aminolítica interagindo com as proteolíticas, contribuem para maior produção de propionato (Barbosa et al., 2001). Em condições de menores quantidades de substratos nitrogenados ocorre o predomínio de bactérias fibrolíticas maiores produtoras de acetato (Rivera et al., 2010).

De forma geral, independente da proporção volumoso:concentrado da dieta o acetato é o AGV produzido em maior quantidade e os valores relativos entre eles encontrados neste estudo caracterizam uma dieta com mais volumoso (maior acetato e menor propionato) do que de concentrado (aumento proporcional de propionato e diminuição do acetato), resultando numa estequiometria que beneficia maior produção de moles de metano, e consequentemente maior disponibilização de energia para as bactérias ruminais em detrimento do metabolismo energético do animal (Kozloski, 2011).

Estes resultados associados à maior produção ruminal de propionato induzida pelo SM ou SI nas águas pode favorecer maior desempenho animal pois poderia disponibilizar mais energia ao metabolismo visceral do animal, via propionato, o que poderia compensar, até certo ponto, as baixas produções de massa de forragem geralmente obtidas nos sistemas de ILPF.

Apesar das concentrações de metano não terem apresentado diferenças entre os níveis de sombreamento, o melhor valor nutritivo do pasto nos sistemas de ILPF, tende a melhorar a eficiência de conversão alimentar, consequentemente, reduzindo a idade de abate dos animais mantidos nestes sistemas em comparação a outros sistemas de produção a pasto. Portanto, a produção de metano foi equivalente entre os sistemas, no entanto, há indícios que se calculada em kg de carbono emitido/kg de peso corporal no final do ciclo de vida dos animais poderia ser menor nos sistemas de ILPF, o que contribui para a sustentabilidade da produção de carne bovina em sistemas de pastejo. Tais achados, corroboram o exposto por Mazzeto et al. (2015), de que a intensificação da produção pecuária por meio da melhoria na qualidade do pasto tem potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa por kg de carne bovina, por diminuir o tempo de abate devido ao melhor desempenho animal.

5. Conclusões

O sombreamento mais intenso dos sistema de ILPF melhora os parâmetros da cinética de degradação e dos produtos da fermentação conforme a estação do ano, em decorrência do aumento do valor nutritivo da forragem disponível.

Apesar da produção de metano, expressa em função da matéria seca consumida, não ter sido alterada pelos diferentes níveis de sombreamento, as maiores produções de propionato podem contribuir para melhorar o desempenho animal nos sistemas de ILPF, quando comparados a sistemas de ILP com a mesma oferta de forragem.

Conflitos de interesse

Nenhum

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pela Embrapa Gado de Corte em parceria com a Universidade Nacional da Colômbia e à “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior” (CAPES).

Referências

- Agricultural Research Council (Londres, Inglaterra), 1984. **The nutrient requirements of ruminant livestock**, London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 45p.
- Barbosa, N.G.S., Lana, R.P., Jham, G.N., Borges, A.C., Mâncio, A.B., Pereira, J.C., Oliveira, J.S., 2001. Consumo e fermentação ruminal de proteínas em função de suplementação alimentar energética e protéica em novilhos. **Rev. Bras. Zootec.** 30, p.1558-1565.
- Bungenstab, D.J., Almeida, R.G., 2014. **Integrated crop-livestock-forestry systems: A Brazilian experience for sustainable farming**, first ed. Embrapa, Brasília.
- Carvalho, M.M., Freitas, V.P., Xavier, D.F., 2002. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesq. Agropec. Bras.** 37, p.717-722.
- Carvalho, N.O.S., Pelacani, C.R., Rodrigues, M.O.S., Crepaldi, I.A., 2006. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Rev. Árvore**, 30, p.351-357.
- Deinum, B., Sulastri, R.D., Zeinab, M.H.J., Maassen, A., 1996. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. trichoglume). **Neth. J. Agric. Sci.** 44, p.111-124.
- Deschamps, F.C., 1999. Implicações do Período de Crescimento na Composição Química e Digestão dos Tecidos de Cultivares de Capim-Ellefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Rev. Bras. Zootec.** 28, p.1358-1369.
- EPA 350.3, 1983. Nitrogen, ammonia (Potentiometric, ion selective electrode). US Environmental Protection Agency.
- Gamarra, E.L., 2015. **Produção de bovinos em sistemas de integração estabelecidos**. Brasil. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, MS.
- Giraldo, L.A., Gutiérrez, L.A., Rúa, C., 2007. Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. **Rev. Colomb. Cienc. Pec.** 20, p.269-79.
- Gobbi, K.F., Garcia, R., Garcez Neto, A.F., Pereira, O.G., Rocha, G.C., 2010. Valor nutritivo do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos ao sombreamento. **Arch. Zootec.** 59, p.379-390.
- Gobbi, K.F., Garcia, R., Ventrella, M.C., Garcez Neto, A.F., Rocha, G.C., 2011. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Rev. Bras. Zootec.** 40, p.1436-1444.

Goering, H.K., Van Soest, P.J., 1970. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA. (Agricultural Handbook, 379).

Gomes, R.A., Lempp, B., Jank, L., Carpejani, G.C., Morais, M.G., 2011. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesq. Agropec. Bras.** 46, p.205-211.

Kozloski, G.V., 2011. **Bioquímica dos Ruminantes** (3ª ed). Santa Maria: UFSM, 216p.

Larcher, W., 2000. As influências do ambiente sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento. In: LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. RiMa Artes e Textos, p.295-338.

López, S., Carro, M.D., González, J.S., Ovejero, F.J., 1998. Comparison of different *in vitro* and *in situ* methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen. **Anim. Feed Sci. Tech.** 73, p.99-113.

López, S., Newbold, C.J., 2007. Measuring methane emission of ruminants by *in vitro* and *in vivo* techniques. Pp. 1-13 in **Measuring Methane Production from Ruminants**, edited by Harinder P.S.; Vercoe Makkar, Philip E. (Eds.). Vienna, Austria: Springer.

Marín, A., Giraldo, L.A., Correa, G., 2014. Parámetros de fermentación ruminal *in vitro* del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). **Livest. Res. Rural Dev.** 26.

Mazzeto, A.M., Feigl, B.J., Schils, R.L.M., Cerri, C.E.P., Cerri, C.C., 2015. Improved pasture and herd management to reduce greenhouse gas emissions from a Brazilian beef production system. **Livest. Sci.** 175, p.101-112.

NTC - NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4657, 1999. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá.

Ørskov, E.R., McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agric. Sci.** 92, p.499-503.

Paciullo, D.S.C., Campos, N.R., Gomide, C.A.M., Castro, C.R.T., Tavela, R.C., Rossiello, R.O.P., 2008. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesq. Agropec. Bras.** 43, p.917-923.

Pedreira, B.C., Pedreira, C.G.S., 2007. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Rev. Bras. Zootec.** 36, p.773-779.

Pires, A.J.V., Reis, R.A., Carvalho, G.G.P., Siqueira, G.R., Bernardes, T.F., Ruggieri, A.C., Almeida, E.O., Roth, M.T.P., 2006. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras. **Pesq. Agropec. Bras.** 41, p.643-648.

Rivera, A.R., Berchielli, T.T., Messana, J.D., Velasquez, P.T., Franco, A.V.M., Fernandes, L.B., 2010. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Rev. Bras. Zootec.** 39, p.617-624.

Sampaio, C.B., Detmann, E., Lazzarini, I., Souza, M.A., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C., 2009. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **R. Bras. Zootec.** 38, 560-569.

Soares, A.B., Sartor, L.R., Adami, P.F., Varella, A.C., Fonseca, L., Mezzalira, J.C., 2009. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **R. Bras. Zootec.** 38, p.443-451.

Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., 1994. A simple gas production using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Anim. Feed Sci. Tech.** 48, p.185-197.

Van Soest, P.J., 1994. **Nutritional ecology of the ruminant.** Ithaca: Cornell University Press, 476p.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74, p.3583-3597.

Wilson, J.R., 1996. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pastures grasses in a subtropical environment. **Aust. J. Agr. Res.** 47, p.1075-1093.