Revista Sinapse Múltipla
v.13, n.1, p.235-247, jan.\jul. 2024.
PUC Minas Betim

CARACTERÍSTICAS DE FORRAGEIRAS TROPICAIS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA

CHARACTERISTICS OF TROPICAL FORAGES IN LIVESTOCK-FOREST INTEGRATION SYSTEMS

Alan Figueiredo de Oliveira
Matheus Anchieta Ramirez
Lúcio Carlos Gonçalves
Frederico Patrus Ananias de Assis Pires
Guilherme Lobato Menezes
Pamella Grossi de Sousa
Ângela Maria Quintão Lana

RESUMO

A integração pecuária-floresta (IPF) é uma alternativa para produção agropecuária sustentável. As forrageiras tropicais cultivadas nesse sistema apresentam modificações no direcionamento dos compostos bioquímicos, fato que gera alterações na morfofisiologia e pode alterar o valor nutritivo das forragens. Objetivou-se avaliar a literatura acerca das características agronômicas e do valor nutricional das forrageiras tropicais em diferentes arranjos de IPF. A menor radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que atinge o pasto é a principal causa das alterações morfológicas. O comportamento agronômico mais observado nas forrageiras em IPF são: aumento na altura das plantas, na área foliar específica, no comprimento da folha e redução na produtividade, na relação folha/colmo, na densidade e no perfilhamento. Já quanto ao valor nutricional das forrageiras observa-se aumentos no teor de proteína bruta (PB) e na digestibilidade em IPF. O melhor valor nutricional nas plantas, sobretudo o maior teor de PB, é considerado uma das grandes vantagens desses sistemas. Entretanto, é preciso considerar esse melhor valor nutricional conjuntamente com a produção de nutrientes por área. Em sistemas muito adensados, a produtividade de nutrientes e a capacidade de suporte dos pastos são menores. Essa alteração pode comprometer a sustentabilidade econômica desses sistemas. Portanto, o conhecimento dessas alterações é fundamental para o estabelecimento de um adequado planejamento dos sistemas produtivos

que buscam sinergismo entre preservação ambiental, maximização produtiva e alta rentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Forragem; Nutrição animal; Ruminantes; Sistemas integrados; Sustentabilidade.

ABSTRACT:

Livestock-forest integration (LFI) is an alternative to the sustainable agricultural production system. The tropical forages grown in this system change the direction of biochemical compounds, fact of generating morphophysiological changes and altering the nutritional value of forages. The objective was to evaluate the literature on the agronomic characteristics and the nutritional value of tropical forages in different LFI arrangements. The lowest photosynthetically active radiation (PAR) that reaches the pasture is the main cause of morphological changes. The most observed agronomic behavior in forages in the LFI is an increase in the height of the plants, in the specified leaf area and in the length of the leaf and reduction in productivity, in the leaf / stem ratio, in the density and in the tillering. In the nutritional value of forages, there is increase in the crude protein (CP) and digestibility. The best nutritional value in plants in LFI systems, especially the highest CP content, is considered one of the great advantages of these systems. However, it is necessary to consider this better nutritional value in conjunction with the production of nutrients by area. In very dense LFI systems, the productivity of nutrients and the stocking rate are lower. This change may compromise the economic sustainability of these systems. Therefore, the knowledge of these changes is fundamental for the establishment of an adequate planning for systems that seek synergism between environmental conservation, productive maximization and high profitability.

KEYWORDS: Forage; Animal nutrition; Ruminants; Integrated systems; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 1960 o Brasil modernizou sua agricultura com a mecanização e quimificação dos processos produtivos, o plantio em monocultivo e a padronização dos produtos (PACIULLO et al., 2014). Essa modernização aumentou expressivamente a produção agropecuária, entretanto, gerou impactos negativos nos âmbitos social, ambiental e econômico. Desta forma, os atuais sistemas integrados de produção agropecuária buscam conciliar desenvolvimento ambientalmente correto, socialmente justo e viável economicamente (LEMAIRE et al., 2013; ALVES; MADARI; BODDEY, 2017).

A integração pecuária-floresta (IPF) é composta pelos componentes arbóreo, animal e forrageiro. Esses componentes podem conter diferentes espécies, arranjos e intensidades de exploração (SALTON et al., 2014; GIL; SIEBOLD; BERGER, 2014). A interação espacial entre esses componentes gera novas relações no ambiente, no solo, na qualidade e quantidade de pasto e nos desempenhos animal e madeireiro (GUENNI et al., 2018). Os sistemas de IPF mais utilizados no Brasil utilizam diferentes arranjos entre clones de eucalipto (Eucalyptus sp.) como componente arbóreo e forrageiras tropicais do gênero Urochloa sp. e Panicum sp..

A presença das árvores nesses sistemas gera alterações no microclima local como aumento do sombreamento, reduções do vento e da temperatura e aumento da umidade. A produtividade e a morfologia das plantas forrageiras sob sombra podem ser alteradas devido à menor radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que atinge o pasto. Portanto, a densidade e as características das espécies arbóreas são os principais fatores que podem reduzir a produção das forrageiras (PEZZOPANE et al., 2020).

Os sistemas de IPF mais adensados apresentam reduções acentuadas das produtividades das pastagens (GOMES et al., 2019). Em sistemas que utilizam espaçamentos maiores a redução da produtividade geralmente não é significativa (PACIULLO et al., 2011). Dessa forma, o planejamento desse sistema deve considerar as estratégias comerciais do empreendimento rural para definir os arranjos estruturais do sistema para beneficiar a pecuária com maiores espaçamentos ou a silvicultura com menores espaçamentos.

A melhoria do valor nutritivo das pastagens vem sendo considerada como uma das grandes vantagens dos sistemas de IPF. A qualidade nutritiva das forrageiras pode ser influenciada pela maior ciclagem de nutrientes no solo, alteração do microclima local e alterações na morfofisiologia das plantas. Dessa forma, é necessário conhecer como os valores nutritivos das forrageiras se comportam em sistemas sombreados para maximizar o desempenho animal nessas áreas.

A maioria dos trabalhos científicos ressaltam a melhoria do valor nutricional das pastagens em IPF como ponto positivo desses sistemas. Entretanto, a redução da produtividade das pastagens em locais sombreados pode reduzir a produção de nutrientes. Portanto, quando se avalia as produções de matéria seca digestível e de proteína bruta (PB) por área em sistemas de IPF muito adensados observa-se grande redução. A consideração dos aspectos produtivos das pastagens é fundamental no planejamento desses sistemas, haja visto que a menor produtividade do pasto também implica em menores capacidade de suporte e produção animal nessas áreas (LIMA et al., 2019). Nesse contexto, objetivou-se avaliar a

literatura acerca das características agronômicas e do valor nutricional das forrageiras tropicais em diferentes arranjos de integração pecuária-floresta.

2. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

2.1. Produtividade

A produtividade das forrageiras tropicais em IPF é influenciada principalmente pela menor RFA que atinge o pasto e a maior ciclagem de nutrientes. Gómez, Guenni e Guenni (2012) limitaram a radiação que atingia a U. decumbens e encontraram maior taxa de fotossíntese com 100% de radiação em relação a 50 e 30%. As produções médias de forragem foram 34 e 57% menores com 50 e 30% de radiação. A redução da produção entre 100 e 30% de radiação aos 35 dias de crescimento foi de 49% e aos 42 dias de crescimento a redução foi de 57%, o que demonstra a menor produção devido a menor taxa de fotossíntese e acúmulo de forragem.

Paciullo et al. (2011) avaliaram a produção da U. decumbens em diferentes distâncias do renque das árvores (0, 3, 6, 9, 12 e 15 metros) e encontraram maior produção de massa seca de forragem verde, massa seca de forragem morta e massa seca de forragem total em 10,4, 14,8 e 12,9 metros de distância das árvores. Os sombreamentos de 60% sob as árvores e 43% a 3 m de distância das árvores foram considerados excessivos para o adequado crescimento das gramíneas do gênero Urochloa sp.. Segundo os autores é difícil conciliar o máximo benefício do sombreamento em relação ao aumento do teor proteico do pasto e a redução da taxa de acúmulo de forragem. O sombreamento superior a 30% a até 6 m de distância do renque das árvores propiciou maior teor proteico na forragem, mas foi prejudicial ao perfilhamento e ao acúmulo de forragem. Os autores indicaram espaçamentos entre 14 e 18 m entre renques por causa das maiores taxas de acúmulo de PB e de matéria seca (MS) estimadas a, aproximadamente, 7 e 9 m de distância dos renques. Dessa forma, seria possível obter melhores rendimentos pecuários e madeireiros em relação a sistemas com outros espaçamentos.

Oliveira et al. (2014) encontraram produções de matéria seca na U. brizantha cv. Piatã de 7.274 kg MS ha-1 no pleno sol, de 4.781 kg MS ha-1 na IPF formada com eucalipto com 22 entre renques e de 3.441 kg MS ha-1 na IPF com 14 m entre renques, reduções de 34,3 e 52,7%. Já Santos et al. (2016) encontraram redução de 42,8 kg ha-1 de matéria seca de forragem na U. brizantha cv. Piatã a cada 1% de redução de RFA. O acúmulo de massa seca

de forragem no período chuvoso foi maior (p<0,05) no pleno sol em relação a IPF com 12 (SSP12) e com 22 (SSP22) metros entre renques, as reduções foram de 50,5% no SSP22 e de 67,5% no SSP12. A proximidade dos renques de eucalipto, a disputa por água, a redução da RFA e o plantio no sentido Norte-Sul foram citados como motivos para essa redução.

Soares et al. (2009) avaliaram 11 forrageiras em pleno sol e em IPF com 9 e 15 metros entre renques de Pinus taeda, a produtividade média de todas as espécies foram maiores (p<0,05) no pleno sol com 19.482 kg MS ha-1 em relação a IPF com 15 metros com produção de 11.556 kg MS ha-1. Este arranjo também foi superior (p<0,05) a IPF com 9 metros entre renques com produção de 4.452 kg MS ha-1, reduções de 40,6 e 77,1%.

O comportamento produtivo da forragem na IPF com 9 metros entre renques variou menos entre a copa das árvores e o meio do renque em relação a IPF com 15 metros entre renques. Além disso, as forrageiras tropicais do gênero Panicum sp. e Urochloa sp. alteraram mais a produção entre a copa e o meio do renque na IPF com 15 metros em relação as leguminosas do gênero Arachis. Essa variação entre os sistemas pode ser associada ao maior sombreamento, tanto sob a copa quanto no meio do renque no sistema mais adensado. No sistema de IPF menos adensado o sombreamento é proporcionalmente menor no meio do renque, possibilitando maior resposta das forrageiras tropicais devido a rota metabólica C4.

Em pastagens de Urochloa sp. com sombreamento moderado (redução de 25 a 35% da RFA) têm-se obtido produções de forragem semelhantes ou maiores do que em pleno sol. Nessas condições as plantas apresentam ajustes morfofisiológicos como aumentos da relação parte aérea/raiz, da área foliar específica, da taxa de alongamento foliar (PACIULLO et al., 2008) e dos alongamentos de caules, de pecíolos e de entrenós (GOBBI et al., 2009) que permitem a manutenção da produtividade. Além disso, em locais sombreados o maior teor de umidade no solo associado à temperatura mais moderada, pode aumentar a decomposição da matéria orgânica e a taxa de mineralização e ciclagem de nitrogênio. Essas características podem aumentar a produção de forragem em locais sombreados em regiões onde há rigoroso déficit hídrico.

2.2. Altura, Relação Folha/Colmo e Número de Perfilhos

As forrageiras cultivadas sob sombreamento tendem a aumentar a proporção e o tamanho dos colmos e suas alturas. Esse comportamento foi observado por Geremia et al. (2018) onde a U. brizantha cv. Piatã em pleno sol foi mais baixa e apresentou maior relação folha/colmo em relação a IPF com média e alta densidade de árvores de eucalipto. Além

disso, as alturas pós-pastejo foram maiores nos sistemas de IPF, que junto ao menor volume de folhas possibilitaram pior dinâmica de pastejo para os animais. Essa variação pode ser atribuída ao estiolamento da planta em condições de sombreamento para buscar mais luz. Comportamento semelhante foi encontrado por Gobbi et al. (2009) que encontraram alturas de 37, 55 e 53 cm na U. decumbens cv. Basilisk e 8, 12 e 12 cm no Arachis pintoi cv. Amarillo submetidos a 0, 50 e 70% de sombreamento, respectivamente. Segundo os autores o aumento da altura do dossel das plantas sob sombra foi diretamente relacionado aos maiores comprimentos do pecíolo, do colmo e da lâmina foliar das plantas. A falta de variação entre 50 e 70% de sombreamento pode ser atribuída ao aumento da área e da curvatura das folhas em condições de maior sombreamento.

Santos et al. (2018) encontraram relações folha/colmo de 1,1, 1,0 e 0,9 no pleno sol e sistemas de IPF formados pela U. brizantha cv. Piatã e eucalipto com 22 e 12 metros entre renques. Os autores explicaram a menor participação da folha na IPF devido ao estiolamento da planta. Essa menor participação da folha na planta pode comprometer a dinâmica de pastejo dos animais nessas áreas.

Paciullo et al. (2008) encontraram mais perfilhos na U. decumbens no pleno sol e submetida a 18% de sombra em relação a 50% de sombra. Dados semelhantes foram encontrados por Gobbi et al. (2009) que obtiveram 1.533, 985 e 647 perfilhos m-2 na U. decumbens cv. Basilisk submetida a 0, 50 e 70% de sombreamento, respectivamente. Paciullo et al. (2016) também observaram redução do perfilhamento com o aumento do sombreamento no P. maximum cv. Massai e cv. Tanzânia. A redução da densidade populacional de perfilhos pode estar relacionada ao direcionamento de fotoassimilados aos perfilhos existentes, em detrimento de novas gemas axilares. Outro fator que reduz o perfilhamento é a menor quantidade de radiação que penetra no dossel forrageiro e promove a ativação de gemas axilares e basais para formação de novos perfilhos.

2.3. Área foliar e Densidade

A maior altura, os maiores comprimentos de caules e de pecíolos e a maior área foliar específica são adaptações da planta para aumentar o acesso à luz. Gobbi et al. (2009) encontraram área foliar específica de 210,1, 280,8 e 293,3 cm2 g-1 na U. decumbens cv. Basilisk e de 227,4, 268,9 e 284,7 cm2 g-1 no Arachis pintoi cv. Amarillo submetidos a 0, 50 e 70% de sombreamento, respectivamente. Essas alterações morfológicas objetivam compensar a deficiência de luz e manter a capacidade fotossintética da planta.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2016) com maior (p<0,05) índice de área foliar na U. brizantha cv. Piatã em pleno sol (2,5) em relação ao sistema com 12 metros entre renques (1,6), provavelmente devido a menor densidade de perfilhos e a produtividade por área. Entretanto, a área foliar específica foi maior (p<0,05) na IPF com 12 metros (184,6 cm2 g-1) em relação a IPF com 22 metros (162,3 cm2 g-1) e ao pleno sol (145,3 cm2 g-1). Em condições de sombreamento as folhas apresentam menos tecido de suporte e menor número de células mesófilas por unidade de área que resulta em folhas mais finas e, consequentemente, maior área foliar específica.

Santos et al. (2018) encontraram densidade de forragem de 96 kg ha−1 cm−1 no pleno sol, de 58 kg ha−1 cm−1 na IPF com 22 metros entre renques e de 38 kg ha−1 cm−1 na IPF com 12 metros entre renques. A densidade no pleno sol foi 65,5% e 152,6% maior (p<0,05) que na IPF com 22 e 12 metros entre renques. A menor densidade de forragem em sistemas sombreados ocorre em função da maior altura, do menor número de perfilhos e da menor produção por área. Essas características podem influenciar o comportamento de pastejo e o desempenho dos animais, uma vez que estes passam mais tempo caminhando a procura de forragem no pasto.

3. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS

3.1. Teor de Matéria Seca

O conhecimento do teor de MS das forrageiras é fundamental para determinar a produção de MS, a capacidade nutritiva e de limitar o consumo. Rodrigues et al. (2014) encontraram teor de MS na U. decumbens de 27,5% no pleno sol, de 26,8% na IPF com 20 m entre renques, de 26,7% na IPF com linhas duplas e nove m entre renques e de 26,6% na IPF com linha simples e nove m entre renques. Nesses trabalhos, houve uma tendência de redução do teor de MS nas forragens sob sombra. Em sistemas de IPF as maiores umidades no solo e no ambiente podem resultar em menores teores de MS nas plantas. Entretanto, em sistemas adensados a competição por água entre a pastagem e as árvores pode reduzir esse efeito.

Em ambientes sombreados há menor evapotranspiração e maior disponibilidade e acúmulo de água nas plantas. Embora a forragem com menor teor de MS contenha menor concentração de nutrientes, geralmente ela apresenta melhor valor nutricional e é preferida pelos animais. Esse fato pode melhorar o desempenho animal individual nessas áreas, desde que se ajuste a oferta de forragem.

3.2. Teor de Proteína Bruta

A PB é um dos principais indicadores de qualidade nutricional das forragens para ruminantes. Rodrigues et al. (2014) encontraram teores de PB de 11,5% na U. decumbens em pleno sol, de 10,8% na IPF com linhas duplas espaçadas de dois m entre renques, três m entre plantas e 20 m entre renques, de 14,5% em IPF com linhas duplas espaçadas de dois m entre renques, dois m entre plantas e nove m entre renques e de 12,7% em IPF com linha simples e nove m entre renques. O teor de PB foi maior ($p<0,05$) nos sistemas com nove m em relação ao sistema com 20 m entre renques. Embora os autores não tenham analisado estatisticamente o teor de PB no pleno sol, numericamente a produção de PB foi maior no pleno sol (381,8 kg ha-1) em relação ao sistema com 20 m (137,4 kg ha-1), ao sistema com nove m e linha simples (99,7 kg ha-1) e ao sistema com nove m e linhas duplas (67,1 kg ha-1), reduções de 64,0, 73,9 e 82,4%, respectivamente.

Oliveira et al. (2014), Geremia et al. (2018), Lima et al. (2018) e Santos et al. (2018) também observaram maior teor de PB em forrageiras do gênero Urochloa em IPF em relação ao pleno sol, porém com maior produção de PB por área em pleno sol. Essa redução da produção de proteína bruta demonstra que mesmo com maiores teores nos sistemas sombreados a capacidade produtiva de nutrientes por área do pasto é maior no pleno sol.

A inserção de leguminosas em pastagens tem o objetivo de aumentar a fixação biológica de nitrogênio e aumentar o teor de PB. Paciullo et al. (2014) avaliaram a U. decumbens consorciada com Stylosanthes guianensis em pleno sol e em IPF com 30 m entre renques e consorciada com Stylosanthes guianensis, Pueraria phaseoloides e Calopogonium mucunoides e encontraram maior ($p>0,05$) teor de PB na pastagem em IPF. Entretanto, devido à baixa persistência das leguminosas nas pastagens e a possível presença de taninos que podem reduzir a digestibilidade da proteína, não houve melhoria no desempenho animal na IPF.

Paciullo et al. (2009) encontraram teores semelhantes ($p>0,05$) de PB na U. decumbens em pleno sol e em um sistema de IPF formado pela U. decumbens cv. Basilisk, pela leguminosa Stylosanthes guianensis cv. Mineirão e quatro espécies de árvores em quatro linhas com espaçamento de três m entre linhas, três m entre plantas e 30 m entre renques. A semelhança no teor de PB se deve ao maior distanciamento entre os renques, fato que dilui o aumento na concentração de nitrogênio nas plantas sob sombra. A inclusão de leguminosas em pastagens objetiva aumentar o teor de PB do pasto, principalmente no inverno. Nesse trabalho a inclusão da leguminosa não surtiu efeito porque a leguminosa foi pouco persistente.

Paciullo et al. (2016) encontraram maiores teores de PB no P. maximum cv. Massai e cv. Tanzânia submetidos a 58% de sombra em comparação ao pleno sol. Além disso, o aumento da dose de nitrogênio de 50 para 150 kg ha-1 também aumentou o teor de PB da planta. Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDA) foram maiores no P. maximum cv. Massai com 58% de sombra. Dessa forma, os maiores teores de PB em plantas sombreadas podem não resultar em maiores teores de PB utilizadas pelo animal.

O maior teor de PB nas forragens sob sombra pode ser explicado pela teoria da diluição de nitrogênio. Segundo essa teoria, as forrageiras em um nível similar de produção extraem uma porcentagem parecida de nitrogênio do solo. Assim, com a maior produção de biomassa das plantas no pleno sol há uma diluição no nitrogênio absorvido e translocado para as partes aéreas em comparação com as plantas cultivadas em áreas sombreadas. As plantas sob sombra não metabolizam e convertem todo o nitrogênio absorvido em acúmulo de MS e dessa forma o nitrogênio fica concentrado e aumenta o teor de PB da planta.

Os acréscimos nos teores de PB nas plantas em sombreamento natural também podem estar ligados ao aumento da degradação da matéria orgânica e da reciclagem de nitrogênio no solo, principalmente se os componentes arbóreo e forrageiro forem constituídos por leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico (PACIULLO et al., 2014). Além disso, o atraso no desenvolvimento ontogenético das plantas cultivadas à sombra mantém as plantas mais jovens fisiologicamente, fato que mantém a alta taxa metabólica da célula e menor acúmulo de fibra. Outro fator associado ao aumento do teor de PB em plantas sob sombra, é a redução do tamanho da célula vegetal causado pelo sombreamento (PACIULLO et al., 2011).

3.3. Teor de Fibras

Os teores de fibras nas forrageiras tropicais têm papel importante na regulação do consumo animal e na digestibilidade do alimento. Paciullo et al. (2009); Paciullo et al. (2011); Paciullo et al., (2014); Geremia et al. (2018) e Santos et al. (2018) não encontraram diferenças ($p>0,05$) nos teores de fibras em forrageiras do gênero Urochloa em IPF.

Rodrigues et al. (2014) encontraram maior ($p<0,05$) teor de FDN na U. decumbens no pleno sol (64,7%) e na IPF com 20 m entre renques (62,9%) em relação a IPF com linhas duplas e nove m entre renques (60,3%) e na IPF com linhas simples e nove m entre renques (60,4%). Os teores de FDA não variaram entre os tratamentos com valor médio de 30,8%. Lima et al. (2018) também encontraram menor teor de FDN na U. decumbens em IPF (65,8%) em comparação ao pleno sol (67,7%). Segundo os autores os maiores teores de fibra no pleno sol devem-se a maior altura e maior acúmulo de componentes da parede celular

vegetal. Além disso, plantas em sombreamento apresentam menos tecido de esclerênquima e células do mesófilo, fato que gera parede celular mais fina em condições de sombreamento. As reduções nos teores de fibras também podem estar relacionadas com a menor disponibilidade de fotoassimilados para o desenvolvimento da parede celular secundária.

Paciullo et al. (2016) avaliaram o P. Maximum cv. Massai e cv. Tanzânia em diferentes intensidades do sombreamento e doses de nitrogênio e encontraram menores ($p<0,05$) teores de FDN com os aumentos de sombreamento e doses de nitrogênio. Segundo os autores, os menoses teores de FDN podem estar ligados ao fato das células da parede esclerênquimal serem mais finas em plantas sob sombra.

As plantas em sombreamento tendem a estiolar com o avanço da maturidade como estratégia para aumentar a altura e buscar luminosidade, o que pode resultar em alongamento do colmo e aumento nos teores de fibra da forrageira (PACIULLO et al., 2009; PACIULLO et al., 2011; SANTOS et al., 2016). Entretanto, outros fatores como o aumento do teor de PB, a alteração no desenvolvimento ontogenético e a redução da espessura da parede celular podem reduzir os teores de fibras das forragens que, geralmente, não apresentam alterações consistentes desses componentes (GOBBI et al., 2009; SOARES et al., 2009). Gómez, Guenni e Guenni (2012) citaram que as folhas das forragens sob baixa incidência de luz apresentam menos tecido de sustentação e menor número de células mesófilas por unidade de área, fato que pode levar a produção de folhas mais finas e menores teores de fibras.

3.4. Digestibilidades

As digestibilidades das forrageiras é um parâmetro que indica a capacidade do animal aproveitar a forragem ingerida. Paciullo et al. (2009) não encontraram diferença na digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) da U. decumbens em pleno sol e em um sistema de IPF formado por árvores espaçadas de 30 m entre renques. Nesse trabalho o maior espaçamento entre renques não causou variação na composição do pasto, fato que pode explicar a falta de variação na digestibilidade entre os sistemas. Esse resultado é importante por mostrar que em maiores espaçamentos o efeito da sombra da árvore não é suficiente para influenciar a composição do pasto.

Também Paciullo et al. (2014) não encontraram diferença da DIVMS na U. decumbens consorciada com Stylosanthes guianensis em pleno sol e em IPF com 30 m entre renques e consorciada com Stylosanthes guianensis, Pueraria phaseoloides e Calopogonium mucunoides. Os aumentos nos teores de PB nas pastagens consorciadas em IPF não geraram melhorias na DIVMS e no desempenho animal. As leguminosas contêm altas concentrações

de taninos que podem reduzir a digestibilidade da proteína, fato que torna necessário a avaliação da fração proteica insolúvel no rúmen nesses experimentos.

Santos et al. (2018) encontraram maior ($p<0,05$) DIVMS na U. brizantha cv. Piatã no pleno sol com 65,8% quando comparada com o sistema de IPF espaçado de 12 m entre renques com 62,3%. Os autores atribuíram a maior digestibilidade da forrageira no pleno sol em relação a IPF pelo fato da forrageira ter apresentado maior relação folha/colmo e fibra de melhor qualidade. Nessa mesma área experimental (Santos et al., 2016) encontraram produção de matéria seca digestível no capim-Piatã no pleno sol de 9.019 kg ha-1 ano-1, no SSP22 de 4.858 kg ha-1 ano-1 e no SSP12 de 3.103 kg ha-1 ano-1. Essa redução acentuada na produção de matéria seca digestível nos sistemas de IPF com árvores mais adensadas também foi responsável pelo menor ganho de peso animal por área devido a menor oferta de forragem. Geremia et al. (2018) também não encontraram diferença na DIVMS da U. brizantha cv. Piatã em pleno sol, em IPF com média e alta densidade de árvores. Entretanto, a produção de matéria seca digestível foi 56,1% maior no pleno sol em comparação a IPF com alta densidade de árvores.

4. CONCLUSÃO

Os arranjos, as espécies arbóreas e as forrageiras influenciam diretamente a qualidade e a produtividade das forrageiras em IPF. Observa-se reduções na radiação que atinge o pasto e na produtividade do pasto em sistemas de IPF com arranjos adensados. A melhoria do valor nutritivo das forrageiras em IPF vem sendo considerado um fator positivo desses sistemas. Embora haja melhoria do valor nutritivo da forragem é necessário considerar a produção de nutrientes nesses sistemas. A redução da produtividade dos pastos em ambientes sombreados gera menor produção de nutrientes e pode reduzir a produção animal por área. O conhecimento dessas variações produtivas é importante para embasar o planejamento e a implementação desses sistemas. Em situações onde o objetivo principal é a produção de madeira pode-se utilizar arranjos mais adensados, entretanto, quando o objetivo for a produção animal deve-se utilizar espaçamentos maiores.

REFERÊNCIAS

ALVES, Bruno J. R.; MADARI, Beata E.; BODDEY, Robert M. Integrated crop–livestock–forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 1, n. 108, p. 1-4, mai. 2017.

GEREMIA, Eliana Vera et al. Sward structure and herbage intake of Brachiaria brizantha cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, mar. 2018.

GIL, Juliana.; SIEBOLD, Matthias.; BERGER, Thomas. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 199, p. 394-406, nov. 2014.

GOBBI, Kátia Fernanda et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1645-1654, set. 2009.

GOMES, Fagner J. et al. Shading effects on Marandu palisadegrass in a silvopastoral system: Plant morphological and physiological responses. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 5, p. 2332-2340, jun. 2019.

GÓMEZ, Sebastian.; GUENNI, Orlando.; GUENNI, Lelys Bravo de. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass and Forage Science**, v. 68, n. 3, p. 395-407, jul. 2012.

GUENNI, Orlando et al. Influence of low light intensity on growth and biomass allocation, leaf photosynthesis and canopy radiation interception and use in two forage species of Centrosema (DC.) Benth. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 4, p. 967-978, abr. 2018.

LEMAIRE, Gilles et al. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 4-8, set. 2013.

LIMA, Marina Aparecida et al. Evaluation of a long-established silvopastoral *Brachiaria decumbens* system: plant characteristics and feeding value for cattle. **Crop & Pasture Science**, v. 70, p. 814–825, out. 2019.

LIMA, Marina Aparecida et al. Productivity and nutritive value of Brachiaria decumbens and performance of dairy heifers in a long‐term silvopastoral system. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 1, p. 160-170, out. 2018.

OLIVEIRA, Caroline Carvalho de et al. 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, set. 2014.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. Características 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, out. 2009.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1176-1183, out. 2011.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 917-923, jul. 2008.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v.72, n.3, p.590-600, ago. 2016.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass–legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1264-1271, abr. 2014.

PEZZOPANE, José Ricardo Macedo et al. Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: shading and management effects. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 2, set. 2020.

RODRIGUES, Cynara Oliveira Diniz et al. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n. 2, p. 129-136, abr./jun. 2014.

SALTON, Júlio Cézar et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, out. 2014.

SANTOS, Darliane de Castro et al. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with Eucalyptus urograndis and Brachiaria brizantha: productivity of forage and an exploratory test of the animal response. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 266, p. 174-180, jul. 2018.

SANTOS, Darliane de Castro et al. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, set. 2016.

SOARES, André Brugnara et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, jul. 2009.