



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Sistemas Silvipastoris com frutíferas para recria de bezerras
leiteiras – Implantação e Estabelecimento**

Carolina Della Giustina

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Sinop, Mato Grosso

Fevereiro de 2016

CAROLINA DELLA GIUSTINA

**Sistemas Silvipastoris com frutíferas para recria de bezerras
leiteiras – Implantação e Estabelecimento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso,
Campus Universitário de Sinop, como parte das exigências
para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Orientador: Dr^a. Roberta Aparecida Carnevalli

Co-Orientador: Dr. Marcelo Ribeiro Romano

Sinop, Mato Grosso

Fevereiro de 2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D357s Della Giustina, Carolina.
Sistemas Silvopastoris com frutíferas para recria de bezerras
leiteiras : Implantação e Estabelecimento / Carolina Della Giustina.
-- 2016
47 f. ; 30 cm.

Orientadora: Roberta Aparecida Carnevalli.
Co-orientador: Marcelo Ribeiro Romano.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, Sinop, 2016.
Inclui bibliografia.

1. competição de plantas. 2. consórcio. 3. ambiente luminoso. I.
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35 - Distrito Industrial - Cep: -Sinop/MT
Tel : - Email : ppgzootecnia@ufmt.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Sistemas Silvopastoris com frutíferas - Implantação e estabelecimento."

AUTOR : Mestranda CAROLINA DELLA GIUSTINA

Dissertação defendida e ~~APROVADA~~..... em 24/02/2016.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientadora	Doutora	Roberta Aparecida Carnevalli
Instituição :	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA	
Coorientador	Doutor	Marcelo Ribeiro Romano
Instituição :	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA	
Examinador Externo	Doutor	Carlos Augusto Brandão de Carvalho
Instituição :	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ	

SINOP, 24/02/2016.

DEDICATÓRIA

À minha família. Minha mãe Sirlene Tereza Pupin e meu pai Nivaldo Antonio Della Giustina, aos meus irmãos Camila e Felipe Della Giustina, e a minha pequena sobrinha Livia Rodrigues Della Giustina.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Sinop, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

À Dr^a Roberta Aparecida Carnevalli pela orientação e dedicação, e por ter acreditado e depositado confiança em mim para a execução e cuidados desse experimento.

Ao meu co-orientador Dr. Marcelo Ribeiro Romano pela orientação.

À Embrapa Agrossilvipastoril pelo disponibilidade da área de execução do projeto e apoio na execução de serviços.

À equipe de campo, especialmente o seu Antenor e ao Diego, e aos meninos do laboratório de fisiologia vegetal, João e Fábio.

Aos professores do curso de pós-graduação em zootecnia.

À Leonardo Schiassi, pelo incentivo à realização do mestrado.

À Yuri Jorge, por ter me apoiado e escutado minhas lamúrias em determinados momentos.

À Helisson Santos, por ter tornado o período final do meu mestrado mais divertido.

Às minhas amigas de mestrado Camila Eckstein, Andressa Botin, Jacqueline Jesus, Mirelly Mioranza, Lana Baumgärtner, Suellen Mattiero, Rafaeli Leite e Mariana Takahashi por terem me ajudado durante o mestrado e também fora dele, me apoiando e me distraindo.

Aos colegas embrapianos Mariely, Fagner, Hemython, Madson, Suellen, Leandro e Valéria pela companhia.

EPÍGRAFE

"A persistência é o caminho do êxito."

Charles Chaplin

BIOGRAFIA

Carolina Della Giustina, filha de mais velha de Nivaldo Antonio Della Giustina e Sirlene Tereza Pupin, nasceu em Alta Floresta, Estado de Mato Grosso, em 11 de fevereiro de 1987.

Em 2004, ingressou na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no curso de graduação em Agronomia, graduando-se em 2008.

Em 2009, tornou-se membro do corpo docente da Escola Técnica Estadual de Educação Profissional e Tecnológica de Sinop (SECITEC), atuando nos cursos de Técnico em agronegócio, Técnico em agropecuária e Técnico em meio ambiente. Ainda neste período, atuou também como professora de ensino técnico nas escolas Centro Integrado de Ensino Tecnológico (CIENTEC) e Colégio Alternativo de Educação Tecnológica (CAFTEC), atuando nos cursos de Técnico em agropecuária e Técnico agrícola. Em 2010 assumiu junto ao CIENTEC a coordenação do curso de Técnico em agropecuária e posterior orientação nos estágios. Em 2013 assumiu como professora temporária na Universidade do Estado de Mato Grosso (UFMT), nas disciplinas de Administração Rural e Cooperativismo.

Em março de 2014, iniciou o curso de mestrado no programa de pós-graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Universitário de Sinop, concentrando seus estudos na linha de pesquisa em produção Animal, na área de Pastagem.

Em dezembro de 2015, foi selecionada para ingressar no doutorado na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no Programa de Pós Graduação em Zootecnia, na linha de pesquisa em Forragicultura e Pastagens.

RESUMO

GIUSTINA, Carolina Della. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, fevereiro de 2016, 52 f. Orientador: Dr^a. Roberta Aparecida Carnevalli. Co-orientador: Dr. Marcelo Ribeiro Romano

Uma forma de amenizar o estresse térmico que acomete bezerras leiteiras é por meio do fornecimento de sombra natural. Sistemas silvipastoris podem amenizar essas condições e ainda viabilizar outra atividade rentável ao produtor, como é o caso da produção de frutas. Contudo, a fase de implantação desses sistemas é um dos momentos mais críticos, pois é necessário evitar a competição entre a muda de frutífera e as espécies já estabelecidas na área. Trabalhos sobre a interação entre os componentes vegetais, arbóreo e forrageiro em um sistema silvipastoril são escassos. Quando o componente arbóreo é uma frutífera, estes são praticamente inexistentes na literatura. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre espécies fruteiras e o tifton-85 (*Cynodon spp.*) em sistema silvipastoril, na fase de implantação. O experimento foi realizado na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop - MT, onde foram avaliadas oito espécies de fruteiras consorciadas com Tifton-85, sendo elas: cajazeira (*Spondias mombin*), goiabeira vermelha (*Psidium guajava*) var. Paloma, cajueiro (*Anacardium occidentale*) var. Embrapa 51 (EMB51) e caju var. CCP 76, aceroleira (*Malpighia glabra*) var. Roxinha e acerola var. Sertaneja, coqueiro-verde-anão (*Cocos nucifera L.*) e bananeira (*Musa spp.*) var. Williams. O período experimental foi de janeiro a junho de 2015 em sistemas implantados há 15 meses antes do início das coletas. Foram avaliados as seguintes características: o desempenho agrônômico das fruteiras, o ambiente luminoso e o acúmulo do material vegetal sob as copas. Os dados foram analisados com o SAS 9.2, considerando um nível de probabilidade de erro de 5%. Como todas as espécies foram plantadas na mesma época e com tamanhos semelhantes de mudas, a goiabeira destacou-se por apresentar crescimento mais intenso que as demais espécies, porém, sem apresentar grande capacidade supressiva do crescimento vegetal sob sua copa. A aceroleira Roxinha, por sua vez, apresentou maiores valores de IAF e IL, característica de uma copa densa, com baixa porosidade. Estas características conduziram a uma redução no acúmulo de material vegetal, uma vez que a quantidade e a qualidade da luz foi significativamente alterada. A cajazeira, caducifólia, apresentou limitações no seu uso em sistemas integrados já que não forneceria sombra aos animais nas épocas críticas. As demais espécies apresentaram crescimento e potencial de supressão interessantes ao uso em sistemas integrados.

ABSTRACT

GIUSTINA, Carolina Della. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, 2016, February, 52 p. Adviser: Dr^a. Roberta Aparecida Carnevalli. Co-advisers: Dr. Marcelo Ribeiro Romano

A strategy to reduce the heat stress in dairy calves is providing natural shade. Silvopastoral systems can improve these conditions and also the farm's income by the fruit production. However, the system establishment phase is the most critical moments, it is necessary to avoid competition between the fruit seedlings and species already established in the area that become undesirable under its canopy. Papers on the interaction between plant components, trees and forage in a silvopastoral system are scarce. When the arboreal component is a fruit tree, these are practically non-existent in the literature. Therefore, the objective of this study was to evaluate the interaction between fruit trees and the Tifton-85 (*Cynodon* spp.) in silvopastoral system during the establishment phase. The experiment was conducted at Embrapa Agrosilvopastoral, Sinop - MT, Brazil. The treatments were eight species of fruit trees intercropped with Tifton-85: yellow mombin (*Spondias mombin*), red guava (*Psidium guajava*) cv. Paloma, cashew (*Anacardium occidentale*) cv. Embrapa 51 (EMB51) and cashew cv. CCP 76, acerola fruit (*Malpighia glabra*) cv. Roxinha and acerola fruit var. Sertaneja, green-coconut (*Cocos nucifera* L.) and banana (*Musa* spp.) cv. Williams. The experiment was carried out during the period from January until June 2015. The systems were planted 15 months before the start of sampling. We evaluated: the fruit trees growth, the light environment and the vegetal material production under the canopy. Data were analyzed with SAS 9.2, considering a 5% probability of errors level. The guava fruit trees grew more than other fruit trees, but showed lower LAI and LI values and higher R/Fr relation, allowing more plant under its canopy. Yellow mombin trees had a similar response however, this specie is deciduous, had limited use in integrated system because this kind of tree does not protect the animals against the sun during the dry season. Banana trees and coconut showed a strong dependence of extra water supply during the dry season. The remaining species showed an adequate growth and potential to control plant species growth under their canopy, establishing quickly in integrated systems.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
SISTEMA SILVIPASTORIL.....	3
Componente arbóreo	4
Componente forrageiro	8
COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS	10
Competição por luminosidade.....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
CAPÍTULO 1 - FRUIT TREES SPECIES IN SILVOPASTORAL SYSTEMS DURING ESTABLISHMENT PHASE	19
ABSTRACT	19
RESUMO.....	20
INTRODUCTION	20
MATERIALS AND METHODS	21
Agronomic performance of fruit trees.....	23
Characterization of light environment	23
Plant material accumulation under canopies.....	24
Statistical Analysis	24
RESULTS AND DISCUSSION.....	24
CONCLUSIONS	34
REFERENCES	35

INTRODUÇÃO GERAL

O clima da região Centro-Oeste é caracterizado por altas temperaturas, alta precipitação em seis meses do ano, em média, e alta incidência de radiação diária. Embora a produção vegetal seja estimulada pela alta disponibilidade de fatores de crescimento, a produção animal torna-se prejudicada devido ao estresse pelo calor que acomete os bovinos submetidos em tais condições (Alves et al., 2012).

As propriedades agropecuárias, em geral, necessitam de alternativas que possam, além de amenizar o estresse dos animais, intensificar a produção, otimizar o uso da terra, recuperar a fertilidade do solo, aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção e reduzir a dependência de insumos externos, trazendo melhoria da renda e longevidade produtiva. Entre as possibilidades, os Sistemas silvipastoris, que consorciam gramíneas com espécies arbóreas, tem despertado o interesse crescente do produtor, principalmente devido aos efeitos benéficos desse sistema, sendo diversificada e realizada em uma única área (Pereira et al., 2009).

Uma forma de estimular a adoção da tecnologia é associar a criação de animais à outra atividade que possa ser rentável e possível do produtor executar na sua propriedade como é o caso da fruticultura, bastante interessante para pequenas propriedades, como é o caso de produtores de leite.

Quando o componente arbóreo são fruteiras, além da sombra proporcionada, o produtor poderá gerar uma renda extra ao longo do ano com a comercialização da produção das frutas, frescas ou processadas.

Nesses sistemas, a sombra criada pelo componente arbóreo modifica significativamente o microclima do sob-bosque, propiciando competição por luz entre os componentes arbóreo e forrageiro, podendo influenciar a quantidade e a qualidade da forragem produzida (Paciullo et al., 2007).

Trabalhos científicos avaliando consorciação de gramíneas com espécies fruteiras são raros na literatura, por isso torna-se interessante a avaliação desta interação. Por isso, o Capítulo 1 deste, foi formatado nas normas da Caatinga da UFERSA no idioma inglês, o qual foi submetido.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

SISTEMA SILVIPASTORIL

Diante de um cenário atual da pecuária, muito mais competitivo, torna-se necessária a intensificação dos sistemas de produção animal no Brasil, para torná-los mais eficientes e lucrativos. Além de produtivos, os sistemas devem ser sustentáveis, o que exige investimentos em novas tecnologias e processos de produção ambientalmente viáveis. Uma alternativa considerada bastante promissora, segundo Martuscello et al. (2009), são os sistemas silvipastoris.

Sistemas silvipastoris são considerados, atualmente, inovadores no Brasil, embora vários tipos de plantios associados entre culturas anuais e culturas perenes ou entre fruteiras e árvores madeireiras sejam conhecidos na Europa desde a antiguidade. Autores do século XVI já descreviam sistemas que integravam árvores fruteiras com a produção pecuária. O uso desses Sistemas, no entanto, quase desapareceu em virtude, principalmente, da mecanização e da intensificação dos sistemas agrícolas, da tradição do monocultivo e de questões administrativas (Balbino et al., 2011).

Segundo Castro & Paciullo (2012), o grande interesse por esses sistemas se deve às suas características de melhorar o aproveitamento dos recursos naturais aumentando a diversificação da produção na propriedade rural, com impactos ambientais e sócio-econômicos. A aplicação de sistemas integrados visa, ainda, auxiliar na reconstituição da cobertura florestal, recuperação de áreas degradadas, aperfeiçoar a utilização de agroquímicos, aumentar a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra. Contribui assim, para geração de empregos, renda, melhorar as condições sociais no meio rural, além de reduzir os impactos negativos ao meio ambiente.

Dentre as modificações induzidas pelo sistema silvipastoril, tem-se a sombra, que afeta a luminosidade, interferindo significativamente na quantidade e qualidade da forragem.

O sombreamento também pode influenciar o teor de matéria seca e o acúmulo de material morto nas plantas forrageiras. As gramíneas cultivadas à sombra tendem a ser mais suculentas, com menor teor de matéria seca, devido ao desenvolvimento mais lento das plantas, com reduzida velocidade de perda de água pelos tecidos (Castro & Paciullo, 2012). Em regiões que apresentam altas temperaturas, o sombreamento de pastagens pode amenizar calor e influenciar os hábitos de pastejo e a produção animal (Garcia et al., 2011).

As espécies arbóreas mais utilizadas em Sistema silvipastoril são aquelas que possuem crescimento rápido e valor comercial, como o eucalipto. Mas algumas espécies nativas e exóticas também podem ser utilizadas (Fey et al., 2015), assim como fruteiras.

Quando realizada com fruteiras, a consorciação com gramíneas proporciona ao produtor a intensificação do uso da terra e aumento da sustentabilidade dos sistemas de produção, uso da força de trabalho de maneira mais eficiente, com melhoria da renda, otimizando os ciclos biológicos das plantas, animais, insumos e seus respectivos resíduos (subprodutos das culturas e estrume) como fatores de produção da outra atividade (como alimento para os animais ou fertilizante) (Pereira et al., 2009).

Por ser um conjunto de atividades interligadas, torna-se importante nos Sistemas Silvopastoris focar todos os componentes do sistema (árvores, pastagem e animais) e as possíveis interações entre eles.

Componente arbóreo

Dentro dos Sistemas Silvopastoris, diversos são os cultivos arbóreos que podem ser utilizados, tais como essências florestais, fruteiras, leguminosas arbóreas ou plantas industriais para utilização da madeira.

Melotto et al. (2009) citaram que, nos sistemas silvipastoris, a biomassa das árvores (folhas, frutos, flores e galhos) contribuiu para melhorar a fertilidade do solo por meio da

reciclagem de nutrientes, aumento da disponibilidade de nitrogênio (N) para as forrageiras e aumento da qualidade da forragem, algumas vezes aumentando também sua produção, além de gerar renda extra pela venda e, ou, uso de postes, mourões, lascas e madeira.

O aproveitamento de nutrientes pelas árvores em camadas mais profundas do solo, que estão fora do alcance das raízes das forrageiras é considerado uma grande vantagem do consórcio (Paciullo et al., 2007). Fassbender (1984) descreveu que adição e a decomposição da matéria orgânica, por meio da serapilheira do componente arbóreo, proporciona elevação dos teores de bases e contribui para a redução da acidificação dos solos.

De acordo com Castro & Paciullo (2012), por meio da biomassa do seu sistema radicular, as árvores modificam a porosidade do solo e a taxa de infiltração de água, reduzindo sua erodibilidade. A proteção física exercida pelo componente arbóreo se reflete, principalmente, no controle da erosão. A copa das árvores atua reduzindo a velocidade dos ventos e o impacto da chuva sobre o solo e, o sistema radicular, contribui para a sua sustentação, minimizando deslizamentos de terra em áreas declivosas.

Segundo Paciullo et al. (2008), uma das alterações causadas pela adição do componentes florestal é a sombra, obtendo-se uma redução da temperatura do solo entre 5 a 10°C, a depender de seu movimento durante o dia. Isto é importante no aumento do crescimento das plantas, tanto pela redução do déficit hídrico, quanto pelo favorecimento da atividade microbiana na serapilheira e no solo.

Fassbender (1984) recomendou que na seleção de espécies a serem associadas em um Sistema Silvopastoril deve-se buscar sempre o mutualismo. As espécies devem ser complementares e estar habilitadas a utilizar, simultaneamente, de forma harmônica, os fatores de produção.

Apesar de todas as possíveis vantagens da integração, existem algumas implicações que devem ser consideradas, sendo elas: o detalhamento de práticas agrícolas de manejo das

culturas e animais; o aumento da complexidade do sistema, exigindo maior preparo dos técnicos e produtores envolvidos no sistema, a aceitação da atividade pecuária por agricultores tradicionais e vice e versa e, principalmente, a escolha de combinações de culturas e pastagens ligadas aos interesses dos sistemas de produção em uso.

Para que o componente arbóreo expresse todo seu potencial benéfico ao sistema, cabe ao mesmo atender a alguns objetivos específicos do sistema. Segundo Melo & Zoby (2004) e Montoya et al. (1994), algumas características são consideradas desejáveis nas espécies para arborização de pastagens, tais como: compatibilidade ecológica com o local; ser perenifólia; apresentar crescimento rápido; ser resistente a ventos; propiciar alimento; fixar nitrogênio; possuir troncos altos e copa pouco densa de modo a possibilitar a passagem de luz, permitindo, o desenvolvimento da forrageira embaixo de sua copa. Sendo fruteiras, as espécies não devem ser tóxicas e produzirem compostos alelopáticos que prejudiquem a pastagem; devem ter silvicultura conhecida; facilidade de obtenção de mudas; serem adequadas às condições ecológicas e ambientais; crescimento rápido e, preferencialmente, perenifólias; resistentes a ventos; propiciem alimento para os animais; tenham capacidade de rebrote e de fixação de nitrogênio.

Os espaçamentos para sistemas silvipastoris com fruteiras ainda são desconhecidos, porém os cultivos em sistemas agroflorestais este espaçamento tem variado entre 7,5 e 10 m, para possibilitar o desenvolvimento de cultura intercalar (Silva et al., 2011).

Portanto, as espécies selecionadas devem simultaneamente cumprir o objetivo do plantio e as exigências ecológicas regionais e garantir retornos econômicos e ambientais satisfatórios, optando por um arranjo espacial que minimize a competição por luz, bem como a utilização de plantas com sistemas radiculares caracteristicamente diferentes, que explorem áreas distintas do solo.

Algumas espécies fruteiras apresentaram grande potencial para atender a estes requisitos. Plantas de caju, acerola, coco verde anão, banana, cupuaçu, goiaba e cajá atingem altura da árvore adulta entre 4 e 25 m, são adaptadas a região de cerrados e amazônica, apresentam produção de frutos de fácil comercialização, podendo ser consumidos in natura, processados e/ou castanhas para consumo torradas ou ainda para extração de óleos.

Espécies fruteiras

A grande importância da fruticultura tanto no mercado nacional quanto na agricultura familiar são as principais premissas para inserção de espécies fruteiras no sistema silvipastoril.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma produção de 40 milhões de toneladas ao ano, exportando pouco mais de 1% da sua produção in natura, ocupando o 20º lugar entre os países exportadores, segundo dados do Ministério da Agricultura, o que demonstra o forte consumo interno (Anuário Brasileiro De Fruticultura, 2010).

Um aspecto de grande relevância na fruticultura é sua importância no caráter econômico-social, uma vez que está presente em todos os estados brasileiros. Como se trata de cultivo extensivo ou intensivo, a atividade exige a presença constante do agricultor e requer mão-de-obra intensa; além de se tratar de um fator de fixação do homem no campo, eleva o seu padrão de vida, cuja função se estende além dos campos, pela integração de mão-de-obra na comercialização, distribuição, venda e industrialização dos produtos. O setor de fruticultura está entre os principais geradores de renda, emprego e de desenvolvimento rural do agronegócio nacional (Fachinello et al., 2011).

Por serem adaptadas a região de cerrados e amazônica, apresentarem produção de frutos de fácil comercialização, facilidade na obtenção de mudas e fitotecnia conhecida, a

acerola, banana, cajá, caju, coco e goiaba podem ser espécies potenciais para uso em sistemas integrados no estado do Mato Grosso.

Trabalhos com essas fruteiras são escassos. Existem alguns relatos do consórcio de coqueiros e goiabeira com o componente animal, como os de Guimarães Filho & Soares (2003); Guimarães Filho et al. (2000) e Castro & Neiva (2003), porém sem avaliação de seu crescimento e interação com o componente forrageiro.

Guimarães Filho & Soares (2003) relataram o consórcio com bovinos, ovinos e outras espécies em várias regiões do mundo, inclusive no Brasil, de forma rudimentar, onde os animais ficavam amarrados aos coqueiros ou soltos, manejados por um empregado. Nesses sistemas, os animais eram utilizados como “roçadores”, mantendo a vegetação sob controle. Carvalho Filho et al. (1989), em um estudo da Embrapa no litoral sergipano, utilizou ovinos em lotação contínua, mostrando ser possível a obtenção de ganhos diários da ordem de 40g/animal e a redução no número de roçadas na vegetação predominante de capim gengibre (*Paspalum maritimum*, Trind.), sem afetar a produção de cocos (30 frutos/planta), desde que mantido o coroamento dos coqueiros.

Em consórcio com forrageiras e o componente animal, Guimarães Filho & Soares (2003) relataram que a goiabeira pode ser utilizada para o sistema silvipastoril com ovinos, porém são mais restritivas e exigem um manejo bem mais cuidadoso para não causar danos às fruteiras, pois, embora não constituíam sua dieta preferida, suas folhagens eram muito consumidas pelos ovinos.

Componente forrageiro

Em Sistemas Silvopastoris, o crescimento das forrageiras pode ser prejudicado ou favorecido, dependendo da sua tolerância à sombra, ao grau de sombreamento e à competição entre plantas por água e nutrientes. Por isso, o interesse pelo estabelecimento e

comportamento de espécies forrageiras nesse sistema tem crescido nos últimos anos (Castro et al., 1999).

Cada espécie forrageira apresenta características próprias e interage de forma única em um Sistema Silvipastoril. Basicamente, as forrageiras, para serem utilizadas em Sistemas Silvipastoris, além de serem tolerantes ao sombreamento, devem atender a alguns requisitos básicos, que incluem: serem produtivas, adaptadas ao manejo e adaptadas às condições edafoclimáticas da região onde seriam implantadas (Garcia et al., 2003), por isso a escolha da espécie a ser utilizada deve ser criteriosa e contemplar aspectos relacionados ao sistema.

Normalmente, o sombreamento causado pelas árvores conduz a uma redução e alteração da radiação incidente, causando mudanças significativas na morfofisiologia de muitas forrageiras, mudanças essas que são relacionadas à quantidade e qualidade da forragem produzida. Entre as alterações causadas pelo sombreamento, tem-se modificações morfológicas nas folhas e colmos; alterações fisiológicas e impactos na produção (Castro et al., 1999).

As gramíneas do gênero *Cynodon*, por apresentarem espécies e cultivares de ampla adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, flexibilidade de uso por possuírem satisfatório potencial de produção, vigor de rebrota, valor nutritivo satisfatório, tolerância ao sombreamento, além de serem adaptadas às mais variadas condições de clima e solo podem ser indicadas. São gramíneas cosmopolitas, invasoras e de caráter colonizador, freqüentemente encontradas nas regiões tropicais e subtropicais, sendo originárias do continente africano (Quênia, Tanzânia, Uganda e África Ocidental), e introduzida no Brasil por produtores de leite. Muito usada na alimentação animal, tanto na forma de feno, quanto sob pastejo. Entre os diversos híbridos oriundos de cruzamentos intra ou interespecíficos, destaca-se o cultivar Tifton-85 (*Cynodon* spp.). Essa cultivar foi desenvolvida na Coastal Plain Experiment Station (USDA –University of Georgia), em Tifton, sul do Estado da

Geórgia, a partir do cruzamento entre a grama sul-africana (PI 290884) e do Tifton-68 e destaca-se por sua elevada produção de matéria seca e boa digestibilidade em comparação à maioria das gramas bermudas híbridas (Castro et al., 2008; Oliveira et al., 2000).

Por constituir uma gramíneas do gênero *Cynodon*, aparentemente o Tifton-85 poderia ser uma espécie forrageira passível de ser utilizada em sistemas silvipastoris. Entretanto, existem alguns trabalhos encontrados na literatura demonstrando o oposto.

Soares et al. (2009) avaliando 11 espécies forrageiras, entre elas o Tifton-85, submetidas a diferentes níveis de luminosidade produzidos por árvores de *Pinus taeda* (céu aberto; 9 m entre linhas e 3 m entre árvores; e 15 m entre linhas e 3 m entre árvores), obtiveram redução de 79% na produção de Tifton-85 sob sombreamento intenso quando comparado a pleno sol.

Avaliando cinco diferentes gramíneas além do Tifton 85 sob duas densidades de Pinho (*Pinus elliottis*); 200 e 400 plantas/ha e pleno sol, Gutmanis et al. (2001) verificaram que para todas as espécies, a produção foi maior sob pleno sol. O Tifton-85 foi uma das mais afetadas pelo sombreamento. Gutmanis et al. (2001) e Soares et al. (2009), apesar de quantificar a densidade de árvores, não tinham como objetivo deste estudo avaliar o ambiente luminoso sob as copas das árvores.

COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS

A compreensão sobre competição entre espécies de plantas é de fundamental importância nos sistemas agropecuários, quando são feitas associações entre plantas com diferentes características e habilidades competitivas. Essa competição pode ser intra-específicas (competição dentro da mesma espécie) e/ou interespecíficas (competição entre espécies), pelos recursos do meio (luz, água, nutrientes, CO₂, etc.), ocorrendo tanto abaixo como acima do solo (Zanine & Santos, 2004).

Castro & Garcia (1996) afirmaram que a competição entre as plantas depende de várias características, como morfologia da planta; sua capacidade de extrair água e nutrientes do solo; resposta à temperatura; exigência por luz e outros. Quando as plantas receberam adequado suprimento de água e nutrientes, a produção de matéria seca foi controlada pela radiação solar disponível, sendo, a quantidade de luminosidade solar disponível um dos fatores que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas (Taiz & Zeiger, 2004).

Competição por luminosidade

A vida na Terra depende da luz emitida pelo sol. Esta luz está como um dos principais fatores associados a fotossíntese, processo biológico que pode aproveitar esta energia, transformando o CO₂ atmosférico em energia metabólica, levando ao acúmulo de matéria seca, contribuindo assim para o crescimento vegetal (Campos & Uchida, 2002) e fenômenos morfogenéticos (Taiz & Zeiger, 2004).

Cerca de 50% da radiação solar total, que chega ao topo da atmosfera, atinge a superfície da terra, devido aos processos de espalhamento e absorção de radiação pela atmosfera terrestre. A radiação utilizada pelas plantas pela fotossíntese está na faixa da luz visível, composta por ondas eletromagnéticas de diversos comprimentos, cujo conjunto dessas ondas é dado o nome de espectro luminoso, que correspondem à faixa da luz azul até a vermelha (390 nm – 760 nm), totalizando de 45% à 50% do total de radiação incidente. Entretanto, apenas uma parte dessa radiação incidente é aproveitada pelas plantas, cerca de 5%, sendo dependente de parâmetros físicos, biológicos e geométricos da planta. O restante é emitido em comprimentos de ondas maiores, perdido na forma de calor e refletido (Taiz & Zeiger, 2004).

Organismos fotossintéticos utilizam a luz solar para sintetizar compostos de carbono pelos cloroplastos, que contém pigmentos verdes especializados em absorver a luz radiante do

sol, denominadas clorofilas. Esses pigmentos absorvem os comprimentos de onda que vão do azul (390–500nm) ao vermelho (600–700 nm), refletindo o verde (500–600 nm). A radiação vermelha e a azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas, pois são as faixas do espectro utilizadas nas etapas fotoquímica da fotossíntese. A radiação com comprimento de onda na faixa da luz vermelha extrema (730 - 740 nm) é pouco absorvida pelas plantas, sendo dissipada na forma de reflexão (Taiz & Zeiger, 2004; Zanine & Santos, 2004).

A sombra, independentemente da fonte, reduz essa radiação e altera a qualidade do espectro fotossintético, afetando a fotossíntese e fotomorfogênese das plantas. O primeiro efeito do sombreamento para uma planta é uma redução na taxa de assimilação C, proveniente da fotossíntese, iniciada pela absorção de luz (Lemaire, 2001). Por tal, sob o dossel do componente arbóreo, em Sistemas Silvopastoris, pode ocorrer redução na produção de matéria seca de forragem pelo efeito da redução da radiação solar (Castro et al., 1999).

Em gramíneas em Sistemas Silvopastoris, além da redução da produção de matéria seca, essa alteração na luminosidade afeta também sua morfologia, como resposta a evitar a sombra e aumentar a captação de luz pelos órgãos assimiladores. Entre as principais modificações, tem-se o aumento da relação parte aérea:raiz, o alongamento de caules, pecíolos e entrenós, o alongamento da lâmina foliar em gramíneas, a redução da ramificação e do perfilhamento, o aumento da área foliar específica e as alterações na relação folha:caule e no ângulo de inclinação das folhas (Gobbi et al., 2009), assim como relatado pela bibliografia, em grande parte dos casos, queda na produção de matéria seca (Castro & Paciullo, 2012; Gobbi et al., 2009). Portanto, um dos fatores determinantes para o crescimento e desenvolvimento da forrageira é o nível de radiação que atravessa a copa do componente arbóreo e atinge o estrato inferior (Soares et al., 2009).

Em estudos onde o sombreamento é analisado e quantificado, ocorrem normalmente sob sombreamento artificial, como citado por Castro et al. (1999) avaliando seis espécies de gramíneas forrageiras tropicais (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *B. decumbens*; *Melinis minutiflora*; *Andropogon gayanus* cv. Planatina; *Panicum maximum* Jacq., cv. Vencedor; *Setaria anceps* cv. Kazungula) sob três níveis de sombreamento (0, 30 e 60% de sombra, respectivamente, luz plena, sombra moderada e sombra intensa), verificaram que o sombreamento influenciou a produção de MS, a concentração de N e as características morfológicas das espécies avaliadas, e ainda, que influenciou de forma diferente a produção de biomassa das espécies, ou seja, o impacto do sombreamento provocou variações diferentes na produção das espécies forrageiras pesquisadas, impossibilitando generalizações.

Para Gobbi et al. (2009) avaliando o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) sob diferentes níveis de sombreamento artificial, a produção de matéria seca apresentou redução na produção de 15 e 35% no primeiro corte e, de 41 e 69% no segundo, respectivamente, para os níveis de 50 e 70% de sombreamento artificial em relação ao tratamento a pleno sol. Castro et al. (1999) encontraram redução de 31 e 46% na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* sob 30 e 60% de sombra artificial, concluindo que as gramíneas sob sombreamento tornaram-se mais suculentas, com menor teor de matéria seca. Paciullo et al. (2007), avaliando as características morfológicas de *Brachiaria decumbens* em um sistema silvipastoril, observaram redução de 53% na produção de forragem do sub-bosque sob 65% de sombra e de 8% sob 35% de sombra.

Grande parte dos trabalhos avaliando luz como fonte de variação da competição entre plantas relacionam-se com incremento ou restrição desse fator, referindo-se apenas à variação da quantidade da luz às plantas. Contudo, não é somente a quantidade de luz que afeta o desenvolvimento das plantas, mas também a qualidade tem sido apontada como um dos fatores dessa alteração. Essa alteração da qualidade da luz pode ocorrer pela absorção

diferencial dos comprimentos de onda do espectro da luz que chegam até as plantas (Merotto et al., 2002).

Quando a luz penetra o dossel superior, composto pela copa do componente florestal, atenua-se o espectro de luz vermelha, restando o espectro de luz vermelho extremo em grande quantidade e, espectros azul e vermelho, em pequenas quantidades. Esta alteração ocorre em função da absorção preferencial destes comprimentos de onda pelas folhas superiores. A intensidade desta alteração, ocasionada pela absorção da luz que chega a copas das árvores, depende da altura da árvore; de sua estrutura vertical; número e distribuição de ramos; densidade de folhas; área e ângulo das folhas e da refletância folha (Fey et al., 2015). Como a luz vermelha extrema (Ve) não é absorvida, a relação luz vermelha/luz vermelha extrema (V/V_e) é modificada sob o dossel das plantas superiores, composto pelo componente forrageiro (Taiz & Zeiger, 2004; Lemaire, 2001), sendo esta, predominantemente vermelha extrema. Esta alteração na relação vermelho:vermelho extremo pode causar mudanças significativas na produção e morfologia de muitas forrageiras em Sistemas Silvopastoris.

Trabalhando em duas situações de luminosidade em trigo, onde ocasionava em uma, melhoria da qualidade da luz, e outra, diminuição da qualidade da luz, obtidas pela adição de luz vermelha e adição de luz vermelha extrema ou uso de filtro verde, respectivamente, Almeida & Mundstock (2001) encontraram maior emissão de perfilhos e distribuição mais equilibrada de massa seca entre perfilhos e o colmo principal na primeira situação e, o acúmulo de massa seca no colmo principal, o que resultou em menor emissão de perfilhos mais leves para a segunda situação.

As plantas têm habilidade para modificar o seu modo de crescimento em resposta ao ambiente luminoso a que estão expostas. A magnitude desta resposta pode variar consideravelmente entre espécies de acordo com a capacidade de aclimação e a dependência da quantidade ou qualidade da luz. A eficiência do crescimento pode estar relacionada à

habilidade de adaptação das mudas às condições luminosas do ambiente, sendo o crescimento satisfatório de algumas espécies em ambientes com baixa ou alta luminosidade, atribuído à capacidade da espécie em ajustar rapidamente seu modelo de alocação de biomassa e comportamento fisiológico (Dias-Filho, 1997; Streit et al., 2005).

Em sistemas silvipastoris, a competição por luz, devido à interferência da parte área do componente arbóreo, torna-se mais importante que a competição por fatores presentes no substrato.

Trabalhos quantificando a luz que penetra do dossel arbóreo são escassos. Trabalhos qualificando essa luz, raros. A literatura torna-se inexistente quando a fruticultura é associada à esses fatores em sistemas silvipastoris. Assim, avaliação da interação entre os componentes vegetais baseada na competição por fatores de crescimento torna-se crucial para que o produtor possa utilizar a tecnologia com segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.401-408, 2001.
- ALVES, F.V.; ALMEIDA, R.G.; LAURA, V.A. et al. Ambiente y bienestar de bovinos de carne en sistemas integrados Cultivos-Ganadería-Foretal en Brasil. IN: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SILVOPASTOREO. REFLORESTACION CONGANADERIA, PROPUESTA INNOVADORA Y SOSTENIBLE, 2012. Universidade Nacional de Colombia, 2012.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. De norte a sul. In: **ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2010. 129 p.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.10, 0-0, 2011.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.
- CARVALHO FILHO, O.; FONTES, H.R.; LANGUIDEY, P.H. Avaliação de pastagens nativas sob coqueiros na Baixada Litorânea de Sergipe com ovinos Santa Inês, sob diferentes taxas de lotação. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, Aracajú, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 1989. 13p. (não publicado)
- CASTRO, A.B.; NEIVA, J.N.M. Desempenho produtivo de ovinos mantidos em sistemas silvipastoril (coqueiro) no litoral cearense. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., Santa Maria, 2003. **Anais...** Santa Maria, 2003. p.1-4.
- CASTRO, A.C.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A. et al. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p. 2395-2402, 2008.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999
- CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C. Forrageiras tropicais tolerantes ao sombreamento. **Embrapa Caprinos e Ovinos** - Capítulo em livro técnico-científico (ALICE), 2012.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência rural**, v.26, n.1, p. 167-174, 1996.
- DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 8, p. 789-796, 1997.

- FACHINELLO, J.C.; PASA, M.D.S.; SCHMTIZ, J.D. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. S1, p. 109-120, 2011.
- FASSBENDER, H.W.; Bases edafológicas de los sistemas de producción agroforestales. **Bib. Orton IICA/CATIE**, n. 21, 1984.
- FEY, R.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Silvopastoral system: a review regarding the family agriculture. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 2, p. 26-41, 2015.
- GARCIA, A.R.; MATOS, L.B.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B. et al. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1409-1414, 2011.
- GARCIA, R.; ANDRADE, C.M.S.; TSUKAMOTO FILHO, A.A. Sistemas Silvopastoris na Região Sudeste: a experiência da CMM. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Campo Grande, 2003. **Anais...** Campo Grande: Embrapa, 2003.
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F. 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, 2009.
- GUIMARAES FILHO, C.; SOARES, J.G.G.; ALBUQUERQUE, J.A.S. **Frutivocultura: consorciação de fruteiras com ovinos**. Petrolina, PE : Embrapa Semi-Árido, 2000, 20p.
- GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J.G.G. Fruti-ovinocultura: limitações e possibilidades de consorciar ovinos com fruteiras. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AGRONEGÓCIO DA CAPRINOCULTURA LEITEIRA, 1, 2003, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: EMEPA-PB, 2003.
- GUTMANIS, D.; ALCÂNTARA, V.B.G.; COLOZZA, M.T. et al. Production and mineral composition of tropical grasses sown under a pine plantation. IN 19° INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, São Pedro. **Proceedings...** Grassland Society. p.663-664.
- LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...** p.29-37, 2001
- MARTUSCELLO, J.A.; JANK L.; NETO M.M.G.; Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.
- MELO, J.T.; ZOBY, J.L.F.; **Espécies para arborização de pastagens**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 4p. Circular Técnica 113, 2004.

- MELOTTO, A.; NICODEMO, M.L.; BOCCHESI, R.A.; Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para Sistemas Silvopastoris. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.
- MEROTTO JUNIOR, A.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. et al. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta daninha**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 2002.
- MONTOYA, L.J.; MEDRADO, M.J.S.; MASCHIO, L.D.A.; Aspectos de arborização de pastagens e de viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril. IN: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO SUL, 1., Colombo. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, p.157-170, 1994.
- OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GOMIDE, J.A. et al. Análise de crescimento do capim-bermuda 'Tifton 85' (*Cynodon spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1930-1938, 2000.
- PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M. 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, 2008.
- PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.D.; AROEIRA, L.J.M. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.
- PEREIRA, L.G.R.; VOLTOLINI, T.V.; MORAES, S.A. de; ARAGÃO, A. dos S.L.; BRANDÃO, L.G.N.; CHIZZOTTI, M.L. Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): sistema de integração fruticultura pecuária. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2., 2009, Petrolina. **Anais**. Petrolina: Universidade Federal do Vale do São Francisco: Embrapa Semi-Árido, 2009. 11p.
- SILVA, A.P.; DIAS, P.F.; GASPARINI, K.A.C. et al. **Modelos agroflorestais implantados no projeto replanta guandu**. <http://www.sct.embrapa.br/cdagro/tema01/01tema26.pdf>. 2011.
- SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.
- STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.D. et al. The chlorophylls. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fotossistemas: Reações luminosas. In: **Fisiologia Vegetal**, 3. ed. Artmed, Porto Alegre. 2004. p.111-141.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**, v.11, n.1, p.10-30, 2004.

CAPÍTULO 1

FRUIT TREES SPECIES IN SILVOPASTORAL SYSTEMS DURING ESTABLISHMENT PHASE

CAROLINA DELLA GIUSTINA¹, ROBERTA APARECIDA CARNEVALLI^{* 2},
MARCELO RIBEIRO ROMANO², CAMILA ECKSTEIN¹, DIEGO BARBOSA ALVES
ANTONIO²

⁽¹⁾UFMT- Universidade do Estado de Mato Grosso, 1200, Alexandre Ferronato Street, Sinop
– MT, Brazil

⁽²⁾ 10 Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2.5-km, MT 222 Road Sinop -
MT, Brazil

* Corresponding Author: roberta.carnevalli@embrapa.br

ABSTRACT - The benefits of integrating agricultural components in silvopastoral systems are already known, but the knowledge about ecological process of plant competition is a barrier for this technology. The objective of this study was to evaluate combinations and interactions between pasture and fruit tree species in the establishment phase of silvopastoral systems in Mato Grosso, Brazil. The experiment was implemented in October 2013 and the evaluation period was from January to July 2015. These systems were composed of eight fruit trees intercropped with Tifton-85. A completely randomized block design was adopted, with two replications of area per treatment. In this study, we evaluated the agronomic performance of the fruit trees, categorization of the light environment, and plant accumulation under the canopies. The *acerola* fruit trees Roxinha had higher LAI and LI values, showing a denser canopy with small porosity and worst light quality available to under tree canopy plants (lower Red/Far red relation), conditioning a reduction in plant accumulation under trees. The guava fruit trees grew more than other fruit trees, but showed lower LAI and LI values and higher R/Fr relation, allowing more plant under its canopy. *Cajá* trees had a similar response however, this specie is deciduous, had potential limited use in integrated system. Banana trees and coconut showed a strong dependence of extra water supply during the dry season. The remaining species showed an adequate growth and potential to control plant species growth under their canopy, establishing quickly in integrated systems.

Keywords: Plant competition, Intercropping, Light environment

ESPÉCIES DE ÁRVORES FRUTÍFERAS EM SISTEMAS SILVIPASTORIL DURANTE A FASE DE ESTABELECIMENTO

RESUMO – Os benefícios de integrar os componentes agrícolas já são bastante conhecidos, porém o conhecimento sobre os processos ecológicos da competição das plantas ainda é uma barreira para essa tecnologia. O objetivo deste estudo foi avaliar combinações e interações entre pastagem e espécies fruteiras na fase de estabelecimento de sistemas silvipastoris no Mato Grosso, Brasil. O experimento foi implantado em 2013 e avaliado em 2015. Estes sistemas foram compostos por oito espécies de fruteiras consorciadas com Tifton-85. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com duas repetições de área por tratamento. Foi avaliado o desempenho agrônômico das espécies fruteiras, caracterização do ambiente luminoso e o acúmulo de material vegetal sob as copas. A aceroleira Roxinha apresentou os maiores valores de índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) devido a um dossel mais denso com baixa porosidade e pior qualidade de luz disponível sob as copas das árvores (menor relação vermelho/vermelho distante – V/Vd), condicionando a uma redução no acúmulo de material vegetal sob as copas. As goiabeiras cresceram mais do que as outras espécies, contudo apresentaram os menores valores de IAF e IL e alta relação V/Vd, permitindo a presença de mais plantas sob sua copa. Cajazeira demonstrou resposta similar, contudo esta espécie é decídua, apresentando potencial mais limitado em sistemas integrados. Bananeira e coqueiro mostraram uma grande dependência de irrigação durante a estação seca. As demais espécies apresentaram um crescimento adequado e potencial para controlar o crescimento das plantas sob suas copas, estabelecendo-se rapidamente em sistemas integrados.

Palavras-chaves: Competição, Consórcio, Ambiente luminoso

INTRODUCTION

The benefits of integrating agricultural components in silvopastoral systems are already known and agreed upon publically. In addition to providing and/or increasing the shaded area available to animals, silvopastoral systems allow a reduction of heat stress on animals, improving their welfare and contributing to an improvement in the environment (TUCKER; ROGERS; SCHÜTZ, 2008; BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011).

Further, the presence of the tree component may act by improving the soil chemical, physical, and biological attributes, through an increase in organic matter, nutrient cycling, and protection against erosion, making silvopastoral systems more efficient in the use of water, light, and nutrients (MELOTTO; NICODEMO; BOCCHESI, 2009; FEY; MALAVASI; MALAVASI, 2015). These improvements may result in deceleration or even interruption of the pasture degradation process (PACIULLO et al, 2011).

Silvopastoral systems also participate in the mitigation of greenhouse gases as a result of the greater carbon-sequestration ability of the tree component due to its ability to accumulate organic matter in the wood and produce a plant litter more resistant to decomposition, which makes them more efficient in the carbon-fixation process than single systems. Because of the combination of more than one component, silvopastoral systems typically increase and diversify the income of the producer through the generation of at least one more marketable product (wood, fruits, seeds, etc.), providing greater economic stability and sustainability.

Despite the advances achieved in research related to integrated systems in the last few years, the scientific knowledge of integrated production and operation of the system still falls short of the demanded quantity. The success of an integrated system depends strongly on planning and good establishment. Proper implementation depends, among several factors, on the combination of plants, adaptability of the integration, initial growth rate of the trees, and their ability to dominate the area, reducing the time spent on the manual control of the forage and allowing their coexistence with animals.

Therefore, the objective of this study was to evaluate combinations and interactions between Tifton 85 (*Cynodon spp*) pasture and fruit tree species in the establishment phase of silvopastoral systems intended for the post-weaning stage of dairy heifers in Mato Grosso State, Brazil.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out at Embrapa Agrosilvopastoral, located in Sinop-MT, Brazil (11°51'43" S, 55°35'27" W, 384 m asl). The climate of the region is classified as a tropical humid or sub-humid Am type (Köppen), with an average annual temperature of 25 °C, air relative humidity of 76%, and precipitation of 2,020 mm (INMET, 2014). The soil was

classified as a Typic Hapludox, clay, caulinitic, isothermic (SOIL TAXONOMY, 1999) of flat relief.

The experiment was implemented in October 2013, by planting the fruit trees and the Tifton 85 grass. The evaluation period was from January 2015 to July 2015.

Average precipitation during the experimental period varied largely in relation to the historical average of the last 30 days, and so this year can be classified as atypical. February had the greatest accumulated precipitation of the year (430 mm), followed by March (355 mm), whereas in the other months, precipitation was below 150 mm, ceasing completely in June. January had 172 mm less than the historical average, whereas in the period of February to March, values higher than the average obtained in the last 30 years were observed.

The experimental area measured 3.75 ha, where the eight silvopastoral systems were distributed. These systems were composed of eight fruit trees intercropped with Tifton-85 (*Cynodon spp*), as follows: *cajá* (*Spondias mombin*); red guava (*Psidium guajava*) cv. Paluma; cashew (*Anacardium occidentale*) var. Embrapa 51 (EMB51) and var. CCP 76; *acerola* (*Malpighia glabra*) var. Roxinha and var. Sertaneja; dwarf green coconut (*Cocos nucifera L.*); and banana (*Musa spp.*) var. Williams.

A completely randomized block design was adopted, with two replications of area per treatment. Each 1,650-m² experimental unit received different numbers of fruit tree seedlings, according to the canopy architecture and the spacing recommended for single cultivation. The plots with *cajá*, coconut, and guava trees and the two cashew varieties received 27 plants spaced 4 × 10 m. The plots with banana tree and with the two *acerola* cultivars received 36 plants distributed in a double center row with 4 × 4 × 10 m spacing. Only the central plants in the inter-rows were evaluated in each plot disregarding the borders. Plants were at 15 months of age at the beginning of data collection.

The forage was planted using seedlings after allocation, correction, furrowing, fertilization, and planting of the fruit species. In the first year, the pasture was managed by mechanical cuts whenever the pasture reached a height of 50 cm, which was necessary because animals could not enter the area with young trees in the establishment phase. Both the forage plant and the fruit tree were fertilized following basic recommendations for the species.

In this study, we evaluated the agronomic performance of the fruit trees, categorization of the light environment, and plant accumulation under the canopies.

Agronomic performance of fruit trees

The agronomic performance of the fruit trees was evaluated by monitoring plant height and canopy diameter every two months.

A 3-m graduated ruler was used to evaluate height, by measuring the distance from the base (soil level) to the top of the canopy. In the case of banana trees, the reference was the point of origin of the last emerged leaf.

To evaluate the canopy diameter, measurements were taken from the beginning to the end of the canopy of the trees, following the orientation of the row and another of the inter-row (except for the coconut and banana trees), and the average was calculated (SOUZA et al., 2006). The coconut and banana trees had more regular canopies. For these, an adapted methodology was adopted, in which the measurement of the 3rd completely expanded leaf was obtained with a measuring tape, calculating the diameter from the radius. With the canopy diameter values, we calculated the canopy perimeter, by the following formula:

Canopy perimeter (cm): $D \cdot \pi$

where: D = canopy diameter (cm)

To calculate the canopy volume, besides the canopy diameter, the proportion of canopy height was determined by using the trunk height, taken from the neck of the plant to the beginning of the canopy. Having the plant height and trunk height data, a canopy height proportion of 1/3 was adjusted for the banana tree, and 2/3 for the other species. With the canopy diameter and canopy proportion data, we calculated the canopy volume, using the following formula:

For the banana tree: Volume (m^3) = $1/3 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h$

For the other species: Volume (m^3) = $2/3 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h$,

where D = canopy diameter (cm), and h = plant height (cm).

Characterization of light environment

Light interception (LI) and its corresponding leaf area index (LAI) under the tree canopies were measured monthly with a sward analyzer (LAI-2200, Licor[®]). The first reading was taken in a point in the open air near the tree to be evaluated, to characterize the incident light on it, and then eight points beneath the canopy were evaluated, divided into imaginary quadrants — four points near the trunk, and another four between the trunk and the end of the canopy. Evaluations were undertaken in the early morning or late afternoon, when the sun was approaching the horizon line.

The quality of the light under the canopies was measured monthly with a portable spectrophotometer (SpectraPen SP-100). Two pre-selected representative trees were used for

this evaluation. The device was positioned in the vertical position, at the trunk under the canopy, on the projection of the shadow. The evaluation period was concentrated between 08h00 and 10h00.

Plant material accumulation under canopies

The accumulation of plant material was measured monthly by cutting the entire plant material in a previously defined radius using a buried grass delimiter that allowed only one centimeter to remain above the soil surface. The delimited area was one meter from the trunk of center trees, totaling an area of 3.14 m² under each canopy. The cut was made monthly, 1 to 2 cm above the soil level; the material was collected and weighed on a portable digital scale to determine total fresh matter production. Still in the field, the material was subsampled, weighed, and taken to the Plant Physiology Laboratory of Embrapa Agrosilvopastoral, where the dry weight was determined after the material was dried in a forced-air oven at 55 °C for three days. Based on the fresh and dry weights of the sub-sample, we obtained the total dry matter yield data.

Statistical Analysis

The data were subjected to Kolmogoroff-Smirnoff-based normality tests to evaluate data distribution via a normal PROC univariate procedure. The analysis of variance was performed using the PROC Mixed procedure. Means were compared using PDIFF at 5% probability. The software utilized for statistical analysis was SAS 9.2 (SAS Institute, 2008).

RESULTS AND DISCUSSION

The guava tree showed the greatest height ($p=0.0003$), perimeter, and canopy volume ($p<0.0001$) in July 2015, the final month of assessments, compared with the other species established. The coconut tree, however, had the lowest height and canopy volume during the experimental period. The coconut tree canopy volume did not differ from the banana and *cajá* trees at the end of the evaluated period. The *cajá* tree, despite having an intermediate plant height, showed to be the species with the lowest canopy perimeter at the end of the experiment for losing most part of its leaves (Table 1).

Table 1. Canopy height, canopy diameter and canopy volume of fruit tree species in silvopastoral systems during the experimental period.

	January	March	May	July
--	---------	-------	-----	------

Canopy height (cm)				
A. Roxinha	131 Aa	137 Ba	148 Ba	150 BCa
A. Sertaneja	129 Ab	128 Bb	144 Ba	152 BCa
Banana	84* Bc	115 Bb	145 Ba	147 BCa
<i>Cajá</i>	130 Ab	151 ABab	169 Ba	151 BCab
C. CCP76	94 Bb	105 Bb	140 Ba	155 BCa
C. EMB51	129 Ab	148 Bb	192 ABa	180 Ba
Coconut	112 Bb	133 Bb	171 Ba	132 Cb
Red Guava	165 Ab	185 Ab	226 Aa	231 Aa
Canopy perimeter (cm)				
A. Roxinha	600 ABb	638 ABab	688 Ba	665 Bab
A. Sertaneja	450 Bb	521 Bab	572 Ba	525 Cab
Banana	613 ABc	713 Ab	878 Aa	407 CDd
<i>Cajá</i>	313 Ca	345 Ca	281 Da	39 Eb
C. CCP76	280 Cb	331 Cb	444 Ca	491 Ca
C. EMB51	412 BCc	495 Bb	579 BCa	587 BCa
Coconut	482 Bb	533 Bb	616 Ba	356 Dc
Red Guava	650 Ac	746 Ab	863 Aa	830 Aab
Canopy Volume (cm ³)				
A. Roxinha	2,53 Cb	3,10 BCab	4,00 Ca	3,77 Ba
A. Sertaneja	1,48 CDB	1,95 Cab	2,84 CDa	2,55 Ba
Banana	2,68 Bb	1,73 Cc	3,28 CDa	0,81 Cc
<i>Cajá</i>	0,80 Dab	1,31 Ca	1,32 Da	0,14 Cb
C. CCP76	0,73 Db	1,11 Cb	2,44 Da	2,95 Ba
C. EMB51	1,45 CDb	2,28 BCb	3,80 Ca	3,72 Ba
Coconut	2,27 Cc	3,50 Bb	6,61 Ba	1,24 Cc
Red Guava	4,20 Ac	5,77 Ab	9,16 Aa	8,70 Aa

Lowcase letters compare the variables in the rows and uppercase letters compare values in the columns, by PDIFF.

Canopy height: $p_{\text{fruit}} = 0.0003$ and $\text{MSE}_{\text{fruit}} = 12.00$; $p_{\text{period}} < 0.0001$ e $\text{MSE}_{\text{period}} = 4.80$; $p_{\text{fruit} \times \text{period}} = 0.0003$ and $\text{MSE}_{\text{fruit} \times \text{period}} = 13.70$

Canopy perimeter: $p_{\text{fruit}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit}} = 45.8$; $p_{\text{period}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{period}} = 18.27$; $p_{\text{fruit} \times \text{period}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit} \times \text{period}} = 51.7$

Canopy volume: $p_{\text{fruit}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit}} = 0.3989$; $p_{\text{period}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{period}} = 0.1940$; $p_{\text{fruit} \times \text{period}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit} \times \text{period}} = 0.5966$

The guava tree showed the greatest growth when intercropped with Tifton 85, although it might have been impaired in its establishment phase by the grass. Paiva et al. (2005) evaluated the polyculture of guava cv. Paluma with nine other species and found that, at 12 months, the guava had a height of 229 cm, whereas at 15 months, intercropped, in this experiment, the guava tree had 165 cm in height, which may be a result of soil fertility or competition among plants. Cashew CCP76 showed a less expressive difference (94 cm) in plant height when compared with the study of Paiva et al. (2005) (109 cm).

Despite showing a higher canopy perimeter than the other species in January (Table 1), the banana tree had an intermediate height, which caused the low canopy-volume values. This low canopy volume characteristic is also due to the architecture of the plant, since the banana pseudostem occupies around 2/3 of the total plant height, whereas in the other species the trunk corresponds to 1/3 of the total height. In spite of the expressive increase in the banana tree height in the period from January (84 cm) to July (147 cm) ($p<0.0001$) and in canopy perimeter from January (613 cm) to May (878 cm) ($p<0.0001$), there was a sharp decrease to 407 cm at the end of the evaluation period (Table 1). Thus, the banana, *cajá*, and coconut trees in July showed the lowest canopy volumes, i.e., the lowest shading ability and competition (Table 1). In the case of the banana tree, the reduction of canopy perimeter and consequent reduction of volume can be explained by the low maintenance of leaves at the plant, and only one live leaf per plant is frequently observed. This decrease in the number of live leaves might have been caused by three factors: by the water deficit, since, because the root system of the banana tree is relatively more superficial (clayey soils, where roots concentrate at a depth of 0.50 m and approximately 50% at 0.60 m from the pseudostem (SILVA et al., 2009a)), it would suffer the effects of drought in relation to the other species; by the Sigatoka, a leaf disease to which this variety Willians is susceptible, caused by the pathogen *Mycosphaerella fijiensis*, which reduces the leaf area index; and/or by the increased maximum wind speed in July (8.28 m s^{-1}), which might have caused irreversible effects on the leaves, given that, in this case, they were not planted at a high density.

The coconut tree, despite having shown intermediate growth, had a marked drop in canopy volume between the assessments performed in May and July, from 6.61 m^3 to 1.24 m^3 ($p<0.0001$), mainly due to the reduction of canopy perimeter (616 to 356 cm, from May to July) (Table 1). Among the factors that interfere with the development of the coconut tree, water deficiency is a frequently mentioned factor, mostly because of its root system being close to the soil surface, usually highly vulnerable to water stress. According to Azevedo et al.

(2006), during the production phase, was observed that 100% of the coconut palms roots were concentrated at the one meter soil layer with the following distribution: 8% at 0–0.2 m; 32% at 0.2–0.4 m; 24% at 0.4–0.6 m; 15% at 0.6–0.8 m and 8% at 0.8–1.0 m. During the development phase, these values were even lower. This fact may explain the response from the coconut being similarly to that of the banana tree, reducing the canopy perimeter and height between May and July, from 171 to 134 cm, which culminated in a reduction of canopy volume (Table 1). The banana and coconut trees demonstrated great dependence on the presence of irrigation in the off season, especially in the establishment phase, since they showed a dramatic decrease in growth as the dry season approached.

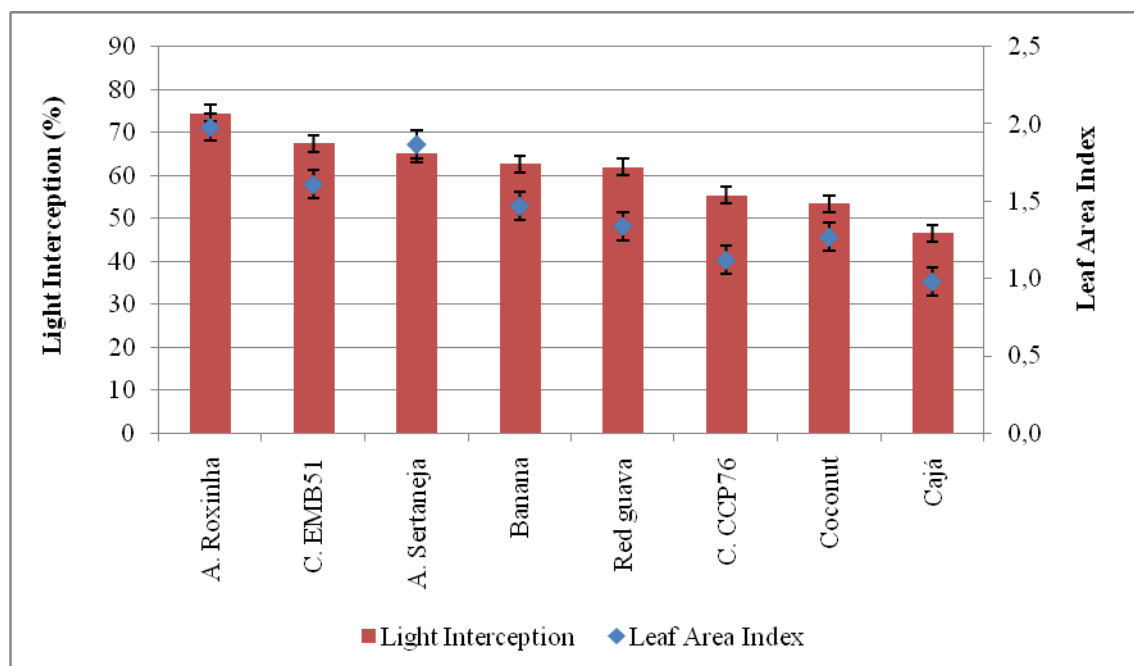
Cashew CCP76 had shorter plants with a smaller canopy diameter and consequently smaller canopy volume as compared with the other species. This response may be related to the plant genetics; however, it may have been affected by the high need for initial replantation, due to the high mortality, reducing the mean values. This need for replantation of seedlings during the second experimental year, both by cashew CCP76 and EMB51, might result in delayed entry of animals in the area and fruit production. Cashew CCP76 demonstrated a potential need for monitoring and labor when implemented in integrated systems compared with the other fruit trees.

Despite being a tall tree and having a wide canopy when in the reproductive stage, the *cajá* is a deciduous species that, besides the abscission of leaves, flower, and fruits, has some branches that also senesce, remaining completely or partially canopy-less, as reported by Silva, Martins and Oliveira (2009b). Precisely because of this characteristic, the *cajá* tree showed one of the smallest canopies among the species, both in volume and diameter (Table 1). In the months of best climatic conditions for plant growth (January to May), when all species displayed evolution for the canopy perimeter trait, the *cajá* tree did not evolve as the other species did (313 cm in January and 281 cm in May). In July, there was an intense leaf fall and a dramatic reduction of canopy perimeter and volume (39 cm and 0.14 m³, respectively).

Cashew EMB51 and *acerolas* Roxinha and Sertaneja also displayed interesting growth traits for the composition of silvopastoral systems.

Although the guava tree stood out for its size, it did not express the best results for leaf area index (LAI) (1.34) ($p<0.0001$) or light interception (%LI) (62.0%) ($p<0.0001$), for which remarkable species were the *acerola* cultivars (Figure 1). *Acerolas* Roxinha and Sertaneja (1.92) had the highest LAI values, whereas the LI of *acerola* Roxinha (74.6%) stood out as superior to the others. This fact demonstrates that light interception is more

277 closely related to the porosity of the canopy than to its volume. *Cajá* and cashew CCP76, in
 278 addition to presenting the smallest growth among the species, also displayed the lowest values
 279 for LAI (1.05). The *cajá* tree also showed one of the lowest LI values (46.5%), due to the
 280 smaller number of leaves distributed across its canopy. For this last variable, the coconut palm
 281 did not differ from cashew CCP76 (54.4%), and, along with the *cajá* tree, they were the
 282 species with the lowest LI values or, indirectly, the most porous canopies.



283
 284 Figure 1. Leaf area index and light interception in 21 months old fruit trees in silvopastoral
 285 systems.

286
 287 Leaf area index and light interception values obtained in January (1.16 and 56.5%,
 288 respectively) ($p < 0.0001$) were lower than those found in February, March, April, and May
 289 (1.51 and 57.91%; 1.62 and 67.09%; 1.62 and 63.56%; and 1.52, and 61.08%, respectively).
 290 The LAI decreased again in June (59.19%), and LI, in May (1.52).

291 A dramatic reduction of LI and LAI was obtained in March due to the occurrence of
 292 maintenance pruning of *acerola* and guava trees. *Acerola* Roxinha had a proportional
 293 reduction of LAI of the order of 20% and of 9% in LAI. *Acerola* Sertaneja had an even
 294 greater decrease, of 26.5% for LAI and 5% for LI. The guava tree had a 20% decrease in its
 295 LAI, but its LI was apparently not strongly affected, increasing by 12%. The other species did
 296 not require pruning, and thus there was a gradual progression in LI and LAI in this period.

297 In March, the highest LAI were found ($P < 0.0001$) in most of the species that were not
 298 pruned, due mainly to the greater accumulated precipitation from the previous month.

However, as the dry season drew near, beginning in May/June, these rates decreased, until the rains ceased completely.

At the end of the collection period, *acerola* Roxinha displayed the highest LAI and LI values (Figure 1), indicating that it is a plant with a denser canopy, with lower porosity, due to the high amount of light intercepted by its canopy and the reduced luminosity on the forages sward. This high canopy density was coupled with a low plant height and difficulty to increase canopy skirt. This canopy-architecture characteristic may compromise the viability of this species for use in integration with animals, and such difficulty may be related both to the non-use of the shade by the animal, because it is too close to the soil level, and by the potential vulnerability of the canopy to animal attack.

A large number of studies addressing light as a source of competition among plants relate it to an increase or restriction, analyzing only the variation in its amount to plants. However, not only the amount of light affects the development of plants under the canopy, but quality has also been pointed out as one of the factors of this alteration. This alteration in the quality of incident light over forage sward may occur through the differential absorption of the wavelengths of light that reach the tree component (BALLARÉ; CASAL, 2000). Photosynthetic organisms contain chlorophyll, which absorbs the wavelengths that range from blue (400-500nm) to red (600-700 nm), reflecting green (500-600 nm). The red and blue radiations are the most efficient to optimize several desirable physiological responses in plants, because these are the spectral ranges utilized in this photochemical stage of photosynthesis, whereas the wavelength of the far-red light (730-740 nm) is little absorbed by plants, dissipating by reflection (TAIZ; ZEIGER, 2010).

The guava tree allowed a larger amount of the blue wavelength, of 464 nm, to reach the forage sward ($p<0.0001$) (Table 2). Cashews CCP67 and EMB51, *cajá*, and *acerola* Sertaneja were the species that most significantly filtrated this wavelength, preventing it from penetrating their canopies and reducing its availability to lower plants. The other species allowed an intermediate quantity of this wavelength to reach the lower sward. February and March were the months that provided the greatest incidence of this wavelength ($p<0.0001$) for most species, decreasing gradually until June, and then increasing its availability again in July. There were peaks in the March assessment for the guava and coconut trees, with values stabilizing in April. The banana tree showed similar responses in July. There was no difference in availability for the blue wavelength under the *cajá* tree canopy during the evaluated period (Table 2).

Table 2. Blue wavelength (464nm) under canopy fruit tree species in silvopastoral systems during the experimental period.

	Blue wavelength (waves s ⁻¹)											
	Feb		March		April		May		June		July	
A. Roxinha	37,800	Aa	24,134	Cb	3,477	Ac	3,981	Ac	2,448	Bc	11,290	Bc
A.Sertaneja	25,442	Ba	15,345	Cab	8,133	Ab	3,660	Ab	5,152	ABb	5,204	Bb
Banana	16,243	BCb	18,477	CDb	3,402	Ac	4,729	Ac	11,993	Abc	33,789	Aa
Cajá	12,599	Ca	6,649	Da	11,495	Aa	6,475	Aa	8,640	ABa	6,341	Ba
C. CCP76	32,555	ABa	21,432	Ca	6,142	Ab	4,821	Ab	4,599	ABb	6,070	Bb
C. EMB51	18,565	BCa	14,083	Dab	6,820	Ab	2,908	Ab	5,691	ABb	3,664	Bb
Coconut	12,841	Cb	33,801	Ba	4,007	Ab	4,878	Ab	5,276	ABb	8,843	Bb
Red guava	34,488	Ab	63,119	Aa	7,935	Ac	4,679	Ac	7,271	ABc	10,767	Bc

Lowcase letters compare the variables in the rows and uppercase letters compare values in the columns, by PDIFF.

$p_{\text{fruit}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit}} = 1660$; $p_{\text{period}} < 0.0001$ e $\text{MSE}_{\text{period}} = 1784$; $p_{\text{fruit} \times \text{period}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit} \times \text{period}} = 7408$

Because of its low LAI, the guava tree canopy could intercept a small amount of the blue wavelength (464 nm) (Table 1), thus becoming the species that allowed the largest amount of this length to reach the forage sward.

February and March, the months during which the tree component still showed growth, allowed a greater passage of the blue wavelength, thereby providing a larger amount to the lower sward (Table 2). As the fruit trees grew, the filtration of blue light increased. Because of its reduced canopy, the banana tree allowed, in July, greater passage of blue light.

When the light penetrates the upper sward, composed of the canopy of the forest component, the light red spectrum is reduced, leaving the far-red light spectrum in a large quantity and red spectrum in low quantities. This alteration occurs as a result of the preferential absorption of these wavelengths by the upper leaves. Because the far-red light (FR) is not absorbed, the red:far-red light (R:FR) ratio under the forage sward is modified (TAIZ; ZEIGER, 2010), with far-red prevailing.

Plants under the canopies of the trees perceive this alteration in R:FR ratio and can adjust their physiology and morphology through a response from the phytochrome to this alteration. Under a low R:FR ratio, plants display a rapid increase in stem and petiole elongation rates (BATSCHAUER, 1998). The higher the R:FR ratio, the better the light quality will be, since it will be richer in red wavelengths.

The red:far-red (R:FR) ratio varied according to the species ($p= 0.0001$) and month of assessment ($p<0.0001$) (Table 3). Guava, *cajá*, and banana trees were the species that showed the highest average R:FR ratios (0.9216), i.e., better light quality was available to stimulate the growth of the plants under their canopy. The lowest values were found in cashew EMB51 and *acerola* Sertaneja (0.7356), which impaired plant growth under their canopy. The other species had intermediate values (0.7995). July was the month that provided the highest results for this variable, due to the drought and reduction of leaves. Cashew CCP76 and *acerola* Sertaneja did not change the light quality over the months, whereas the other species presented an improvement between January and July. This variable was notably increased in the banana tree between May and July, allowing plant growth under the canopies in this period as long as water was not a limiting factor. It must be considered that greater plant growth under the canopies has two sides: a favorable one, if the plant material is grass and if it can be harvested; and a downside, if plant growth consists of weeds, requiring maintenance and weeding at a higher frequency.

Table 3. Red/far red relation under canopy fruit tree species in silvopastoral systems during the experimental period.

	Red/Far Red relation									
	Feb		March		April		May		June	
A. Roxinha	0.83	Abab	0.82	Bab	0.71	Bb	0.65	ABb	0.69	Bb
A. Sertaneja	0.76	Aba	0.64	BCa	0.87	ABa	0.64	ABa	0.72	Ba
Banana	0.72	Abc	0.91	ABbc	0.44	Cd	0.50	Bcd	1.08	Ab
<i>Cajá</i>	0.67	Bb	1.00	ABab	1.06	Aa	0.83	Aab	1.04	Aa
C. CCP76	1.00	Aa	0.80	Ba	0.89	ABa	0.79	Aa	0.72	Ba
C. EMB51	0.83	ABa	0.53	Cb	0.85	ABa	0.73	ABab	0.78	Bab
Coconut	0.82	ABab	0.92	ABab	0.57	BCb	0.62	ABb	0.75	Bb
Red guava	0.88	ABb	1.16	Aa	0.89	ABab	0.81	Ab	0.91	ABab

Lowcase letters compare the variables in the rows and uppercase letters compare values in the columns, by PDIFF.

$p_{\text{fruit}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit}} = 0.037$; $p_{\text{period}} < 0.0001$ e $\text{MSE}_{\text{period}} = 0.046$; $p_{\text{fruit} \times \text{period}} = 0.0003$ and $\text{MSE}_{\text{fruit} \times \text{period}} = 0.186$

July, a month characterized by intense drought and strong solar radiation in this region of Brazil, had the highest R:FR ratio during the experimental period (Table 3). The extremely

low availability of water in the soil to the plats paralyzed their growth, increasing senescence and loss of leaves and allowing the passage of light of better quality through the tree canopy.

As regards the drop in LAI and LI of the banana tree between May and June, due to the dry season, there was an increase in availability of blue light (Table 2) under the canopy, in addition to an improvement in the R:FR ratio (Table 3), providing better plant growth conditions under the canopies. However, this growth would only be effectively accomplished in the presence of the other growth factors. Several factors are related to this increase in the quality of light under the tree canopy, such as the tree height, its vertical structure, the number and distribution of branches, the leaf density, area, leaf angle, and their reflectance (FEY; MALAVASI; MALAVASI, 2015), all of which are severely affected by the dry season.

The guava tree had its peak of R:FR ratio (Table 3) and blue light availability (Table 2) in March, possibly as a result of the formative pruning performed in this period before assessment. The pruning led to a sharp decrease in the LAI of the fruit tree, allowing the light reaching the forage sward to be of better quality, at times even causing saturation of the reading device, i.e., presenting the a complete sunlight profile, without any filtering.

The amount of available sunlight and the R:FR ratio are the factors that most limit the growth and development of plants (TAIZ; ZEIGER, 2010). Under intense shading conditions, many authors have reported a drop in plant production, in which competition for light is a limiting factor to forage production under the tree canopy in silvopastoral systems (PACIULLO et al, 2011).

Cajá, cashew EMB51, coconut, and guava trees were the species that allowed greatest total dry matter accumulation under their canopies (89.5 g m⁻²). *Acerola* Sertaneja, banana, and cashew CCP76 fitted the category of intermediate species (80 g m⁻²), whereas *acerola* Roxinha resulted in the species with the lowest total dry matter accumulation under its canopy (70 g m⁻²) (Table 4).

Table 4. Total dry matter accumulation under canopy fruit tree species in silvopastoral systems during experimental period.

	Total dry matter accumulation (g m ⁻²)					
	Jan		March	April	May	Mean
C. EMB51	134	ABa	90 Bb	68 ABb	77 Ab	92 A
<i>Cajá</i>	78	BCb	141 Aa	81 ABb	36 Bc	86 A
Red guava	145	ABa	140 Aa	47 Bb	29 Bb	90 A

Coconut	127	ABa	135	Aa	59	ABb	39	Bb	90	A
C. CCP76	105	Ba	90	Ba	90	Aa	36	Bb	80	AB
A. Sertaneja	172	Aa	97	Bb	40	Bc	19	Bc	83	AB
Banana	79	BCa	94	Ba	85	Aa	56	ABa	78	AB
A. Roxinha	62	Cab	92	Ba	97	Aa	32	Bb	70	B

Lowcase letters compare the variables in the rows and uppercase letters compare values in the columns, by PDIFF.

$p_{\text{fruit}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit}} = 27.05$; $p_{\text{period}} < 0.0001$ e $\text{MSE}_{\text{period}} = 16.71$; $p_{\text{fruit} \times \text{period}} < 0.0001$ and $\text{MSE}_{\text{fruit} \times \text{period}} = 47.26$

The capacity of fruit trees to suppress plant growth can be explained by architectonic differences in the canopy of each fruit-tree species. Denser canopies intercept larger amounts of light and change its quality with a greater intensity, leading to less light availability to the forage sward, as was the case of *acerola* Roxinha, a species with one of the largest canopies and highest LAI and LI, which resulted in one of the lowest R:FR ratios; this, in turn, provided greater suppression of forage growth under its canopy. This fact demonstrates that one of the decisive factors to the growth and development of a forage plant in a silvopastoral system is the radiation that manages to penetrate the canopy of the tree component and reaches the lower stratum (FEY; MALAVASI; MALAVASI, 2015).

In the beginning of the experimental period, all plants allowed plant growth under their canopies, as they were small-sized trees. In the period from January to March, plant growth was intense due to the high availability of growth factors (Table 4), mainly water. In the months of April and May, as the dry period drew near, a reduction was observed in precipitation and available water to plants, and consequently the plant dry matter accumulation decreased, even though the quantity and quality of light had had a positive influence as the months passed, demonstrating a great impact of seasonality on plant production. The exception was the banana tree, which did not show this effect, with its dry matter accumulation not affected during the experimental period, possibly because, in the beginning of the experimental period, it did not pose great competition for water with the lower plant stratum because of its superficial roots, and as the dry season approached, with a reduction of canopy diameter and volume, it would not constitute great competition for the light factor.

Cajá, cashew EMB51, coconut, and guava were the species that provided greatest total dry matter accumulation under their canopies (Table 4), demonstrating lower forage-growth

suppression capacity than the other species. Except for cashew EMB51, these species allowed a larger quantity and better quality of light to reach the forage sward — light that contained a higher R:FR ratio (Table 3) than the other species. Rozados-Lorenzo, González-Hernández and Silva-Pando, (2007) also detected this inverse relationship between the LAI of trees and pasture production in a silvopastoral system.

Acerola Sertaneja, banana, and cashew CCP76 showed intermediate suppression of plant growth (Table 4), due to alteration at times in the quantity of light (*acerola* Sertaneja, banana, and cashew CCP76), and at other times in the quality of light (*acerola* Sertaneja).

Another factor that led to greater dry matter accumulation under the canopy of cashews EMB51 and CCP76, coconut, *acerola* Sertaneja, and *cajá* was the lower canopy diameter that made the fruit tree not occupy a large portion of the collected plant area (3.14 m²), which was mostly under full sun or under lower influence of the canopy shade that allowed its free growth.

Given the limiting climatic conditions in the month of July, there was no more forage left for collection under the canopy of the trees, indicating closure of the evaluation period of this experiment.

CONCLUSIONS

The guava tree has great potential to be used in integrated system, with a fast initial phase and good canopy architecture, providing shade and adequate plant growth under its canopy.

Acerola Roxinha has adequate initial growth, with interesting control of plant growth. However, it does not present a favorable architecture to the integration with animals. *Acerola* Sertaneja, on the other hand, appears to be the most interesting plant, as it features the same characteristics and better canopy architecture.

The *cajá* tree showed fast initial establishment and good canopy architecture, but its deciduousness should be taken into account during the hottest times of the year, in the first years of implementation.

Because of their superficial root system, the coconut and banana trees require greater care during the dry season, needing more irrigation.

Cashew CCP76 shows to be an option for integrated systems due to its fast initial growth and good canopy architecture. However, its high initial mortality must be considered,

as it may delay the access of animals to the area and fruit production, requiring greater attention in this regard. Variety EMB51, in turn, is a more interesting cashew option for intercropping, with rapid establishment and good canopy architecture.

REFERENCES

- AZEVEDO, P.V. et al. Water-use efficiency of dwarf-green coconut (*Cocos nucifera* L.) orchards in northeast Brazil. **Agricultural water management**, v. 84, n. 3, p. 259-264, 2006.
- BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L.F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Brasília: Embrapa, 2011. 130p.
- BALLARÉ, C.L.; CASAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, v. 67, n. 2, p. 149-160, 2000.
- BATSCHAUER, A. Photoreceptors of higher plants. **Planta**, v. 206, n. 4, p. 479-492, 1998.
- FEY, R.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Silvopastoral system: a review regarding the family agriculture. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 2, p. 26-41, 2015.
- INMET., 2014. **Banco de dados meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Available in <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>, acesso em 20 de setembro de 2014.
- MELOTTO, A.; NICODEMO, M.L.; BOCCHESI, R.A. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para Sistemas Silvopastoris. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 141, n. 2, p. 166-172, 2011.
- PAIVA, J.R. et al. Polyculture with different fruit species of economic value. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2005.
- ROZADOS-LORENZO, M.J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; SILVA-PANDO, F.J. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 70, n. 1, p. 53-62, 2007.
- SILVA, A.J.P.D. et al. 2009a. Estimating water application efficiency for drip irrigation emitter patterns on banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 730-737, 2009a.
- SILVA, E.F.D.; MARTINS, L.S.S.; OLIVEIRA, V.R.D. Diversity and genetic structure in cajá tree (*spondias mombin* L.) populations in northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 171-181, 2009b.

519
520 SOIL SURVEY STAFF. **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making**
521 **and interpreting soil surveys.** 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S.
522 Department of Agriculture Handbook 436, 1999.
523
524 SOUZA, F.X. et al. Crescimento e desenvolvimento de clones de cajazeira cultivados na
525 Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 414-420, 2006.
526
527 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology.** 6th Edition, Sinauer Associates, Sunderland, 2010.
528
529 TUCKER, C.B.; ROGERS, A.R.; SCHÜTZ, K.E. Effect of solar radiation on dairy cattle
530 behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Applied Animal**
531 **Behaviour Science**, v. 109, n. 2, p. 141-154, 2008.