



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA, MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**  
**Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical**

**ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO MILHO E  
SOJA EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS**

**ANDRÉIA DA CRUZ QUINTINO**

CUIABÁ-MT  
2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA, MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**  
**Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical**

**ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO MILHO E  
SOJA EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS**

**ANDRÉIA DA CRUZ QUINTINO**  
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. JOADIL GONÇALVES DE ABREU  
Co-orientador: Dr. ROBERTO GIOLO DE ALMEIDA

Tese apresentada à Faculdade de  
Agronomia, Medicina Veterinária e  
Zootecnia da Universidade Federal de  
Mato Grosso, para obtenção do título de  
Doutora em Agricultura Tropical.

CUIABÁ-MT  
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

C957í Cruz Quintino, Andréia da.  
ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA  
PRODUÇÃO DO MILHO E SOJA EM SISTEMAS  
AGROSSILVIPASTORIS / Andréia da Cruz Quintino. -- 2015  
111 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Joadil Gonçalves de Abreu.  
Co-orientador: Roberto Giolo de Almeida  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de  
Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária  
Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical,  
Cuiabá, 2015.  
Inclui bibliografia.

1. Agrossilvipastoril. 2. *Zea mays* L.. 3. *Glycine max*.

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

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA E**  
**ZOOTECNIA**

**Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Título:** ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO  
DO MILHO E SOJA EM SISTEMA AGROSSILVIPASTORIS

**Autora:** ANDRÉIA DA CRUZ QUINTINO

**Orientador:** Dr. JOADIL GONÇALVES DE ABREU

**Co-orientador:** Dr. ROBERTO GIOLO DE ALMEIDA

Aprovada em 08 de outubro de 2015.

Comissão Examinadora:

---

Dr. Joadil Gonçalves de Abreu  
(FAMEVZ/UFMT)  
(Orientador)

---

Dr. Roberto Giolo de Almeida  
(EMBRAPA Gado de Corte)  
(Co-orientador)

---

Dr<sup>a</sup> Virgínia Azevedo  
(Membro Interno - UFMT)

---

Dr<sup>a</sup> Maria Aparecida Braga Caneppele  
(Membro Interno - UFMT)

---

Dr. Manuel Claudio Motta Macedo  
(Membro Externo - EMBRAPA)

---

Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol  
(Membro Externo – UNESP)

Aos meus pais, Mauro e  
Conceição, como  
reconhecimento do amor  
incondicional e aos alicerces  
da minha formação!  
Aos meus irmãos, Wirlei e  
Wanderley, pelo carinho,  
amizade, união e apoio!  
Ao meu grande  
companheiro, Ernesto,  
simplesmente pelo  
sentimento nobre: AMOR!

*Do Dicionário Houaiss, "Orientador":  
profissional que orienta o aluno visando o  
desenvolvimento integral e harmonioso de  
sua personalidade, aconselhando-o nos  
rumos que deve seguir segundo suas  
aptidões e motivações...* Durante a minha  
Graduação, Mestrado e Doutorado tive a  
oportunidade de ter como orientador o  
professor Joadil, assim como define o  
dicionário, você foi um verdadeiro  
ORIENTADOR!

**OFEREÇO:**

*Ao meu Co-orientador, Roberto Giolo de Almeida como um presente e como forma de agradecimento pelos seis anos de convivência e paciência.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção nos momentos mais difíceis e pela transmissão de paz interior e equilíbrio. Sempre acreditando e a certeza, que nas dificuldades, “*Tudo posso naquele que fortalece*”.

Aos meus pais, pelo apoio, carinho e amor. Além disso, pelo exemplo de honestidade, humildade e respeito ao próximo.

Aos meus familiares pelo apoio e amor incondicional, em especial aos meus irmãos Wirlei e Wanderley, porque a irmandade é fundamental na vida do ser humano. Sou abençoada pela presença dos meus irmãos.

Ao meu grande amigo e namorado Ernesto Barbieri, pelo apoio, amor, carinho, companheirismo, otimismo constante e, principalmente paciência pelas as minhas ausências no decorrer dos três anos. Este trabalho, meu amor, é nosso, pois nos momentos de angústias e incertezas, você foi muito amoroso, compreensivo e solidário.

Aos meus sobrinhos, Gustavo e as gêmeas Anny e Maria, que apesar dos poucos momentos de convívio, me abasteciam de muita paz para mais uma jornada de redação da tese.

Ao professor Dr. Joadil Abreu, por mais esta caminhada, muito obrigada! Sua orientação, amizade e ensinamento foram essenciais para meu crescimento pessoal e profissional. Saiba que tenho uma admiração imensa pelo senhor.

Ao pesquisador Dr. Roberto Giolo, pelas orientações e paciência no desenvolvimento do experimento. Durante essa fase, com sua valiosa contribuição e orientação, a tarefa se tornou menos árdua. As palavras aqui são poucas para agradecer a sua importância e a diferença que aconteceu em minha vida após esta experiência.

A Universidade Federal de Mato Grosso, minha universidade, que tanto me orgulho de representar. Sou grata, por ser capacitada por esta instituição. UFMT faz parte da minha vida e história acadêmica, me sinto honrada por ser filha desta Universidade.

Ao Centro de Pesquisa Nacional Gado de Corte, EMBRAPA, a esta conceituada instituição, eu agradeço por todo conhecimento profissional adquirido durante a execução do experimento, pela estrutura física, laboratorial e as atividades de campo. À EMBRAPA, empresa parceira, eu tenho grande gratidão.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, pelo amor à profissão e pelos valiosos ensinamentos de docência e pesquisa, que serão levados para vida profissional. A generosa e imensurável contribuição foi absorvida e, com certeza farão a diferença na minha profissão.

Ao pesquisador Dr. Manuel Macedo, com sua valiosa contribuição nas orientações para implantação do experimento e apoio do Laboratório de Solos nas análises de rotina.

À professora Maria Aparecida Caneppele, pela participação na banca avaliadora, e pelas sugestões e colaboração nas correções. Além disso, as orientações no ensinamento de classificação de grãos.

À professora Virgínia Azevedo, que foi fundamental no início do experimento, repassando sua experiência com culturas agrícolas. Ademais, pela imensa contribuição na correção da Tese.

Ao professor Carlos Crusciol, pelo aceite em participar da Banca de Defesa e colaborando com seus conhecimentos no enriquecimento do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

Aos meus companheiros de mestrado e doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical: Rafael, Patrícia, Karoline e Janaína, pelas conversas, horas de descontração, companhia e amizade.

Aos meus amigos e companheiros de luta de pós-graduação em Campo Grande, Ulisses, Antonio, Patrícia e Joilson: “valeu galera”, pelas horas de conversa e discussão sobre pesquisa e teses, teses, teses... Isso tudo colabora para um olhar mais crítico e seguro no campo da ciência.

Aos os estagiários Adriana, Marcos, Tiago, Edimar, Oguimar e Jeskarlandia, que foram essenciais no auxílio das atividades, muito obrigada.

Em especial à Aline Aranha, minha estagiária, meu braço direito e amiga. Aline sua contribuição não tem preço, Deus atendeu meus pedidos de orações com sua chegada, você superou todas as minhas expectativas, presente dos céus, no momento mais complicado e delicado do experimento, valeu.

## ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO MILHO E SOJA EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS

**RESUMO** - Os sistemas agrossilvipastoris caracterizam-se como uma forma de diversificar a produção utilizando-se de várias atividades e culturas na propriedade, que pode englobar as atividades agrícola, florestal e pecuária na mesma área num só sistema, com vistas à eficiência do uso da terra. Desta forma, objetivou-se avaliar os índices de crescimento e os componentes da produção do milho e soja em sistemas agrossilvipastoris. Realizaram-se dois experimentos a campo em área da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande-MS (20°27' S e 54°37' W, 530 m de altitude), no ano agrícola de 2012/2013. O sistema agrossilvipastoril foi implantado em janeiro de 2009, com o transplântio de mudas de eucalipto em arranjo de linhas simples no espaçamento de 14 x 2 m e 22 x 2 m (sentido leste-oeste). No momento de semeadura das culturas anuais, o eucalipto tinha quatro anos de idade e 21 m de altura. O primeiro experimento com a cultura do milho foi implantado em parcelas de 216 m<sup>2</sup>, composto em quatro piquetes com área total de 864 m<sup>2</sup>, no sistema agrossilvipastoril com arranjo espacial de 22 x 2 m (ILPF<sub>22m</sub>), a cultura do milho foi semeada com espaçamento de 0,90 m entre si, nas entrelinhas do eucalipto em dezembro de 2012. No segundo experimento, com área total de 20 ha, composto de doze piquetes de 16.666 m<sup>2</sup>, a cultura da soja foi semeada em novembro de 2012 nos três sistemas integrados de produção agrícola (ILPF<sub>22m</sub>: lavoura-pecuária-floresta com espaçamento de eucalipto de 22 x 2 m; ILPF<sub>14m</sub>: lavoura-pecuária-floresta com espaçamento de eucalipto de 14 x 2 m; ILP: lavoura-pecuária). Para a cultura do milho utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas sub-subdivididas, considerando como parcela (tratamento principal) os três híbridos de milho (9005 PRO, 390 PRO e 2B707 HX); como subparcelas (tratamento secundário) foram consideradas duas modalidades de cultivo da cultura do milho (milho em monocultivo e consorciado com capim-piatã); como sub-subparcela, os locais de amostragem identificados por letras A, B, C, D e E (sentido norte-sul), com as seguintes distâncias das fileiras de árvores: 3 m, 7 m, 11 m, 7 m e 3 m, respectivamente, sendo o ponto C correspondente ao ponto central entre as fileiras de árvores. Nas duas primeiras distâncias (A, E), o milho ficou completamente sob a copa do eucalipto; a terceira distância era intermediária (B, D); e na quarta (C) as plantas estavam completamente expostas ao sol (fora da

copa), considerando a projeção da copa ao meio-dia. Foram avaliados os índices de crescimento, como a taxa de crescimento relativo e absoluto, a taxa de assimilação líquida e o índice de área foliar nas plantas representativas da parcela. Os componentes de produção da cultura do milho avaliados na linha central da parcela foram: o número de grãos por espiga, a massa total de grãos por espigas, a massa de 1.000 grãos, o rendimento de espigas e a produtividade de grãos. Os índices de crescimento e os componentes da produção do milho foram influenciados pela intensidade da radiação fotossinteticamente ativa nos pontos de amostragem próximos às fileiras de eucalipto. Nesses pontos foram observadas as menores produtividades de grãos dos híbridos avaliados. No segundo experimento, com a cultura da soja, utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, considerando-se como parcela (tratamento principal) os três sistemas de integração de produção (ILPF<sub>22m</sub>, ILPF<sub>14m</sub>, ILP), a subparcela (tratamento secundário) foi considerada nos cinco locais de amostragens dos sistemas agrossilvipastoris nas seguintes distâncias das fileiras de eucalipto para o ILPF<sub>22m</sub>: 3 m, 7 m, 11 m, 7 m, 3 m e no sistema de ILPF<sub>14m</sub>: 2,2 m, 4,6 m, 7 m, 4,6 m, 2,2 m. Os locais de amostragem foram identificados por letras A, B, C, D, E (sentido norte-sul). Utilizou-se cultivar de soja BRS 318RR. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida a cada quinze dias sobre o dossel da soja. Os índices de crescimento foram avaliados, considerando a taxa de crescimento absoluto e relativo, a taxa de assimilação líquida e o índice de área foliar. Ainda foram avaliados os componentes da produção da cultura da soja, como a produtividade de grãos, a quantidade de vagens por planta, a massa de mil grãos e o índice de colheita. Nos locais de amostragens próximos às copas dos eucaliptos houve redução nos componentes de produção da soja devido ao sombreamento exercido pelo eucalipto. O sistema de ILP proporciona maiores índices de crescimento e produtividade de grãos de soja do que os sistemas de ILPF. A cultura da soja demonstrou-se mais promissora nas condições de sombreamento, pois mesmo com a restrição de RFA em determinados locais de amostragem, a produtividade de grãos foi superior à cultura do milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., *Urochloa brizantha*, *Eucalyptus* spp., sistemas consorciados de produção.

## **GROWTH RATES AND PRODUCTION COMPONENTS OF CORN AND SOYBEAN IN AGROFORESTRY SYSTEMS**

**ABSTRACT** - Agroforestry systems are characterized by the diversification of production comprising several activities and cultures involving agriculture, forestry and cattle-raising activities within the same area and the same system for higher efficiency in land use. Growth indexes and production components of corn and soybean in agroforestry systems were assessed. Two field experiments were undertaken in the area Embrapa Gado de Corte, in Campo Grande MS Brazil (20°27' S; 54°37' W; 530 m altitude) during the 2012-2013 agricultural year. Agroforestry system was implemented in January 2009 by transplanting eucalyptus seedlings in simple rows with spacing 14 x 2m and 22 x 2m (East-West). Eucalyptus plants were 4 years old and 21 m high when the annual crops were planted. In December 2012, the first experiment with corn was conducted in 216 m<sup>2</sup> plots, and was composed of four paddocks totaling 864 m<sup>2</sup> in a 22 x 2m (ILPF<sub>22m</sub>) agroforestry system; corn was sown at a 0.90 m spacing within the eucalyptus spaces. The second experiment had a total area of 20 ha and was composed of twelve 16.666 m<sup>2</sup> paddocks. Soybean was planted in November 2012 in the three integrated systems of agricultural production (ILPF<sub>22m</sub>: agriculture-livestock-forestry, spacing of eucalyptus 22 x 2 m; ILPF<sub>14m</sub>: agriculture-livestock-forestry, spacing of eucalyptus 14 x 2 m; ILP: agriculture-livestock). Randomized block design was employed for corn, with four replications, with sub-subdivided split plots. Each split plot (main treatment) comprised three corn hybrids (9005 PRO, 390 PRO and 2B707 HX); sub-split plots (secondary treatment) comprised two cultivation modes of corn crop (corn in monoculture and intercropped with *piatã* grass); sub-sub split plot comprised the sampling sites A, B, C, D and E (North-South), with distances 3 m, 7 m, 11 m, 7 m and 3 m from tree rows, respectively, with Site C as the central site between the tree rows. At mid-day, corn plants were totally covered under the eucalyptus canopy at distances A and E; covering was intermediate at B and D distance; plants were totally exposed to the sun at C (outside the canopy). Growth indexes, such as relative and absolute growth rates, net assimilation rate and leaf area index of plants in the split plot, were assessed. Number of grains per cob, total mass of grains per cob, mass of 1000 grains, cob yield and grain productivity were the production components of corn evaluated in the central row of the split plot. Growth indexes and production

components of corn were affected by the intensity of photosynthetic radiation at the sampling sites close to the eucalyptus rows. Lowest productivity rates of the hybrids under analysis occurred at these sites. The second experiment (soybean) comprised randomized block designs with four replications. Treatments consisted of subdivided split plots. Each plot (main treatment) comprised the three systems of production integration (ILPF<sub>22m</sub>, ILPF<sub>14m</sub>, ILP), the sub-split plot (secondary treatment) comprised the five sampling sites of the agroforestry systems with 3 m, 7 m, 11 m, 7 m, 3 m as the distances of the eucalyptus rows for ILPF<sub>22m</sub> and distances 2.2 m, 4.6 m, 7 m, 4.6 m, 2.2 m for ILPF<sub>14m</sub>. Sampling sites were identified by A, B, C, D, E (North-South). Soybean cultivar BRS 318RR was used. Photosynthetically active radiation (PAR) was evaluated fortnightly over the soybean canopy. Growth indexes were evaluated taking into account absolute and relative growth, net assimilation rate and leaf area index. Production components of soybean such as grain productivity, amount of pods per plant, mass of one thousand grains and harvest index were evaluated. Corn production components decreased at sampling sites near the eucalyptus canopy due to shade. ILP system provided higher growth and productivity indexes of soybean than ILPF systems. Soybean was more promising under shading. Grain production was higher than corn even with RFA restrictions in certain sampling sites.

**Keywords:** *Zea mays* L., *Urochloa brizantha*, *Eucalyptus* spp., intercrop system of production.

## LISTA DE FIGURAS

### Página

1 Normais climatológicas do entorno da área experimental, com dados de 1973 a 2013.....	37
2 Esquema mostrando os espaçamentos entre linhas e entre plantas de eucalipto do sistema agrossilvipastoril.....	42
3 Locais de amostragem das plantas de milho nas parcelas experimentais em função da distância das plantas de eucalipto.....	44
4 Normais climatológicas do ano de 1973 a 2013.....	79
5 Croqui da área experimental dos sistemas agrossilvipastoris.....	84
6 Amostra de folíolos de soja com diferentes porcentagens de desfolha causada por pragas.....	88

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
1 Dados climáticos durante o período experimental nos meses de dezembro/2012 a abril/2013.....	38
2 Análise química do solo na fase de crescimento da cultura do milho, na profundidade de 0-0,20 m.....	39
3 Estratégia de rotação das culturas no sistema agrossilvipastoril.....	40
4 Limites máximos de tolerância de grãos ardidos, mofados, fermentados, germinados, chochos e imaturos expressos em percentual (%) da cultura do milho.....	47
5 Distribuição da precipitação pluvial durante o ciclo da cultura do milho.....	49
6 Valores médios de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) nos estádios fenológicos do milho em dias após a emergência (DAE) em diferentes locais de amostragem. Média dos três híbridos no monocultivo e em consórcio com o capim-piatã.....	51
7 Valores médios dos três híbridos de milho para a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de assimilação líquida (TAL) em diferentes locais de amostragem.....	53
8 Resultados médios da taxa de assimilação líquida (TAL) e índice de área foliar (IAF) de três híbridos de milho nas condições de sombreamento.....	54
9 Interação das modalidades de cultivo e os cinco locais de amostragem para as variáveis de índice de área foliar (IAF) e produtividade de massa seca total da planta de milho (PMST), média dos três híbridos estudados aos 105 dias após a emergência.....	55
10 Valores médios dos três híbridos de milho para a serrapilheira sobre o solo (SER), diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP) e a altura de inserção da espiga principal (AIPE) em diferentes locais de amostragem.....	57
11 Valores médios dos componentes da produção para os três híbridos de milho 1ª safra, em diferentes locais de amostragem sob condições de sombreamento por plantas de eucaliptos.....	60
12 Valores médios dos componentes da produção dos três híbridos simples de milho 1ª safra nas condições de sombreamento por plantas de eucalipto.....	63
13 Média dos resultados (%) da classificação física de grãos de milho, no sistema agrossilvipastoril.....	65

14	Dados climáticos durante o período experimental nos meses de dezembro/2012 a abril/2013.....	80
15	Análise química do solo em sistemas integrados de produção, na profundidade de 0-0,20 m.....	81
16	Estratégia de rotação das culturas no sistema agrossilvipastoril.....	81
17	Resultados médios da radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) nos estádios fenológicos da soja, em dias após a emergência (DAE) em diferentes locais de amostragem no ILPF <sub>14m</sub> .....	90
18	Resultados médios da radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) nos estádios fenológicos da soja, em dias após a emergência (DAE) em diferentes locais de amostragem, no ILPF <sub>22m</sub> .....	92
19	Valores médios de taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de assimilação líquida (TAL) da cultura da soja, de acordo com o sistema de integração em cinco locais de amostragem.....	95
20	Valores médios dos sistemas de integração para produtividade de grãos da soja (kg ha <sup>-1</sup> ) e o índice de colheita (%) da cultura da soja em cinco posições entre as fileiras de eucalipto.....	98
21	Massa de 1000 grãos (MMG, em gramas) da cultura da soja cultivada em três sistemas de integração em diferentes locais de amostragem.....	101

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Altura de inserção da espiga principal (AIEP)  
Altura de inserção da primeira vagem (AIV)  
Altura de planta (AP)  
Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)  
Diâmetro à altura do peito (DAP)  
Diâmetro de colmo (DC)  
Dias após emergência (DAE)  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)  
Estados Unidos (EUA)  
Food and Agriculture Organization (FAO)  
Índice de área foliar (IAF)  
Índice de colheita (IC)  
Índice de espiga (IE)  
Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)  
Integração lavoura-pecuária (ILP)  
Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)  
Massa de grãos por espiga (MGE)  
Massa de mil grãos (MMG)  
Massa seca (MS)  
Massa seca total (MST)  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)  
Núcleo de Tecnologia em Armazenagem (NTA)  
Número de grãos por espiga (NGE)  
Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)  
Rendimento de espiga (RE)  
Sistemas Agroflorestais (SAFs)  
Taxa de assimilação líquida (TAL)  
Taxa de crescimento absoluto (TCA)  
Taxa de crescimento relativo (TCR)  
Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

## SUMÁRIO

Página

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	21
2.1 Integração lavoura-pecuária-floresta .....	21
2.2 Radiação Solar .....	24
2.3 Índices de crescimento da cultura agrícola .....	25
2.4 Referências bibliográficas .....	27
<b>3 ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO MILHO NAS CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO</b> .....	32
Resumo .....	32
Abstract .....	33
3.1 Introdução .....	34
3.2 Material e Métodos .....	37
3.3 Resultados e Discussão.....	49
3.4 Conclusões .....	67
3.5 Referências Bibliográficas.....	68
<b>4 ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS</b> .....	75
Resumo .....	75
Abstract .....	76
4.1 Introdução .....	77
4.2 Material e Métodos .....	79
4.3 Resultados e Discussão.....	90
4.4 Conclusões .....	104
4.5 Referências Bibliográficas.....	105
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	111

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A integração lavoura-pecuária-floresta pode ser definida como o sistema que integra três atividades com a finalidade de aumentar a eficiência do uso da terra, da infraestrutura e da mão de obra; diversificar e verticalizar a produção; minimizar custos, diluir os riscos e agregar valores aos produtos agropecuários, por meio dos benefícios que uma atividade proporciona à outra. Dentro desse conceito, as áreas de lavouras dão suporte à pecuária por meio da produção de alimento para o animal, seja na forma de grãos e silagem, aumentando a capacidade de suporte da propriedade, de modo a permitir a venda de animais na entressafra e proporcionar melhor distribuição de receita durante o ano (Mello et al., 2004). Além disso, o componente arbóreo proporciona conforto térmico aos animais e venda de madeira, evitando assim o desmatamento de áreas nativas.

Pode-se utilizar o ILPF para implantar um sistema agrícola sustentável, com base nos princípios da rotação de culturas e do consórcio entre culturas de grãos, forrageiras e espécies arbóreas, para produzir, na mesma área, grãos, carne ou leite, produtos madeireiros e não madeireiros ao longo de todo ano (Balbino et al., 2011).

Os sistemas de integração podem ser classificados em quatro modalidades distintas, segundo Balbino et al. (2011): ILP ou agropastoril, sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e no mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos; IPF ou silvipastoril, sistema de produção que integra os componentes pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio; integração lavoura-floresta (ILF) ou silviagrícola, sistema de produção que integra os componentes florestal e agrícola pela consorciação de

espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes); e ILPF ou agrossilvipastoril, sistema de produção que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área.

Em virtude do papel reconhecido do componente arbóreo, para sequestrar carbono e, conseqüentemente, a mitigação da emissão de gases de efeito estufa, os sistemas de ILPF são considerados relevantes para a região do Cerrado. Nas duas últimas décadas, o eucalipto tem sido estabelecido no Cerrado, em combinação com culturas do arroz e da soja nos primeiros dois anos, seguido de pastagens de *Urochloa* e gado de corte, a partir do terceiro ano (Balbino et al., 2011).

O cultivo da soja tem sido uma das principais alternativas para a recuperação e renovação de pastagens degradadas, e a rotação da soja com pastagem (dois a três anos) tem propiciado benefícios para ambas às culturas (Silva et al., 2005). Recentemente, em áreas de lavoura com solos devidamente corrigidos foi preconizado o sistema consorciado de culturas graníferas (milho e sorgo) com forrageiras tropicais, principalmente as dos gêneros *Urochloa* e *Panicum* (Pariz et al., 2009).

A soja é uma cultura de grande importância econômica na agricultura brasileira, fazendo-se necessária a busca de conhecimentos sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura e de suas limitações, principalmente, quanto ao uso da radiação solar (Casaroli et al., 2007), considerando a possibilidade de sua inserção em sistemas ILPF. No Brasil, a soja tem expressiva participação na pauta de exportações, na forma de farelo, óleo e grãos. Em termos mundiais, contribui com 29,4% do mercado de óleos vegetais, cuja produção é destinada principalmente ao consumo humano e como matéria prima para a produção de biodiesel (Silva, 2013).

A cultura do milho (*Zea mays*) se destaca no contexto da integração lavoura-pecuária-floresta devido às inúmeras aplicações que esse cereal tem na propriedade agrícola, quer seja na alimentação animal na forma de grãos ou de forragem verde ou conservada (rolão, silagem), na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção excedente (Alvarenga et al., 2006). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial do grão, sendo a área cultivada de 15,6 milhões de ha na safra 2015/2016 (CONAB, 2015).

O sucesso do sistema de ILPF depende diretamente da escolha das espécies que serão consorciadas. Deve existir uma relação harmônica entre as espécies consorciadas, evitando perdas de produtividade por qualquer um dos componentes do

sistema (Braz et al., 2010; Oliveira Neto et al., 2010).

O conhecimento do comportamento das espécies na competição por fatores de produção torna-se de grande importância para o êxito da produtividade satisfatória da cultura de grãos e da formação da pastagem, evitando que competição existente entre as espécies inviabilize o cultivo consorciado (Kluthcouski e Yokoyama, 2003).

Esse cenário agrícola se torna ainda mais complexo com a inserção de fatores sociais. Desta forma, o grande desafio é a produção de bens que a humanidade demanda de forma crescente, devido ao aumento populacional e aumento de renda *per capita*, com reduzido impacto ambiental e, ao mesmo tempo, permitindo que as famílias de agricultores familiares consigam viver com dignidade no meio rural (Balbinot Júnior et al., 2009). Sistemas integrados de produção podem fornecer um meio de responder a estas preocupações, aumentando a sustentabilidade dos sistemas agrícola (Hendrickson et al., 2008).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Integração lavoura-pecuária-floresta**

O Bioma Cerrado abrange cerca de 207 milhões de hectares, representando aproximadamente 4% da região tropical mundial. A degradação das pastagens tem sido um grande problema para a pecuária brasileira, desenvolvida basicamente em pasto. Estima-se que 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil Central encontram-se em algum estado de degradação, ou seja, em processo evolutivo de perda de vigor, sem possibilidade de recuperação natural e incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas daninhas (Peron e Evangelista, 2004).

O processo de degradação de pastagens é considerado um dos maiores problemas da pecuária brasileira, uma vez que esse setor tem o pasto como base de sustentação (Peron e Evangelista, 2004). Entre as várias causas da degradação têm-se a má formação do pasto, a manutenção inadequada e o excesso de lotação animal. A evolução desse processo de deterioração do solo e do pasto pode resultar em compactação do solo, diminuição da infiltração e da capacidade de retenção da

água, favorecendo a ocorrência de erosão e assoreamento dos cursos d'água (Macedo, 2005).

Diante do interesse de recuperar a capacidade produtiva das pastagens, os sistemas agrossilvipastoris surgem como alternativa potencial, principalmente, para pequenos e médios produtores, uma vez que podem elevar e diversificar a renda, adicionando benefícios ambientais às atividades produtivas. Com a utilização dos Sistemas Agroflorestais (SAFs), o uso da terra pode ser otimizado e o impacto causado por práticas agrícolas pode ser reduzido, uma vez que diante do potencial do componente arbóreo, que promove a conservação do solo e da água, favorece a ciclagem de nutrientes por meio do maior aporte de serrapilheira (Lima et al., 2007; Bernardino e Garcia, 2009).

A introdução de árvores em sistemas produtivos com pastagens pode beneficiar a quantidade e a disponibilidade de nutrientes na zona de absorção radicular das pastagens. Isso ocorre porque o sistema radicular das árvores, por ser mais profundo, intercepta os nutrientes localizados em camadas do solo pouco acessíveis às raízes das forrageiras e os disponibiliza na sua superfície à medida que o material vegetal é depositado sob a superfície do solo e decomposto (Castro et al., 1996; Sánchez et al., 2003).

Os sistemas agrossilvipastoris, que integram atividades agrícola, pecuária e florestal, são considerados, atualmente, inovadores no Brasil, embora vários tipos de modalidades de cultivos associados entre culturas anuais e culturas perenes ou entre frutíferas e árvores madeiras sejam conhecidos na Europa desde a antiguidade (Balbino et al., 2011). Dupraz e Liagre (2008) relatam que os romanos do século I d.C. – entre eles, Caio Plínio escreveu a enciclopédia intitulada História Natural (*Naturalis Historia*), composta de 37 livros, e Lucius Junius Moderatus, autor com maior repertório documentado sobre a agricultura romana – fazem referência a sistemas de integração entre árvores como nogueiras, oliveiras e pastagens. Outros autores do século XVI descrevem sistemas que integram árvores frutíferas e produção pecuária. O uso desses sistemas, no entanto, quase desapareceu, em virtude, principalmente, da mecanização e da intensificação dos sistemas agrícolas, da dificuldade da colheita manual das frutas e de questões administrativas.

De acordo com Balbino et al. (2011), historicamente, os imigrantes europeus trouxeram para o Brasil a cultura da associação entre agricultura, pecuária e florestal, que, desde o início, foi adaptada às condições tropicais e subtropicais. No

Rio Grande do Sul, por exemplo, foi praticada a integração da cultura do arroz inundado com pastagens. A inclusão do componente arbóreo aos componentes lavoura e pastagem representa avanço inovador da integração lavoura-pecuária (ILP), com evolução para o conceito de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que é uma estratégia de produção sustentável integrando as três atividades realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação.

Em função dos componentes básicos manejados pelo homem, os SAFs podem ser classificados como sistemas silviagrícolas ou agrossilviculturais, sistemas silvipastoris e sistemas agrossilvipastoris. Nos sistemas agrossilvipastoris, a característica que mais se sobressai, além das árvores, é a presença de animais e de pasto necessário para a alimentação destes (Kruschewsky et al., 2007). Em sistemas agroflorestais, busca-se a otimização das interações biológicas entre árvores e os cultivos agrícolas (Molua, 2005).

Macedo (2009) cita que, recentemente, a implantação de fábricas de papel e celulose em solos de baixa fertilidade, onde preponderava a pecuária de corte no nordeste do estado de Mato Grosso do Sul, e outras iniciativas no Paraná e Minas Gerais, tem incentivado o plantio de árvores em fileiras duplas ou triplas, espaçadas de 8 a 14 m, dependendo do interesse do proprietário, aumentando à possibilidade de integração com a agricultura e pecuária, além da diversificação de renda do produtor rural. O desbaste da madeira pode ser feito em duas etapas (7 e 14 anos), para fins de lenha, celulose, cercas, postes, retirando parte ou todas as linhas externas, e anos mais tarde utilizar as árvores das linhas centrais para serraria e mobiliário.

Os efeitos sinérgicos entre os componentes incluem a adequação ambiental e a viabilidade econômica da atividade agropecuária. Pode-se utilizar a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) para implantar um sistema agrícola sustentável, com base nos princípios da rotação de culturas e do consórcio entre culturas de grãos, forrageiras e espécies arbóreas, para produzir, na mesma área, grãos, carne ou leite e produtos madeireiros e não madeireiros ao longo de todo ano (Balbino et al., 2011).

Tal sistema tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores na região do Cerrado, conforme revisões realizadas por Kluthcouski et al. (2000), Alvarenga et al. (2006), Macedo (2009), Euclides et al. (2010), os quais relatam que, de maneira geral, a presença da forrageira não afetou a produtividade de grãos de milho, bem como a deposição do fertilizante de semeadura, misturado com as sementes da espécie forrageira, em maiores profundidades, permitindo o atraso da emergência,

de maneira a diminuir a competição com a cultura produtora de grãos.

Neste contexto, um dos principais entraves à adoção de sistemas mistos de cultivo (ILPF) é a alta demanda por capital. Sem incentivos, é provável que, em regiões de lavouras produtivas, seja lenta a adoção destes sistemas, os quais dependem de preços favoráveis e disponibilidade de linhas de crédito que se adequem às necessidades do produtor (Salles et al., 2012).

## **2.2. Radiação solar**

A quantidade de energia atingindo uma superfície na Terra é dependente da orientação da superfície relativa à posição do sol e da transmissividade atmosférica. A posição do sol no céu é determinada pela latitude, dia do ano e horas do dia. A transmissividade atmosférica é uma função da altitude, nebulosidade e quantidade de partículas (poluentes, poeira e vapor d' água) no ar (Forseth e Norman, 1991; Alfonsi, 1991).

A radiação solar é praticamente a única fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. Desta maneira, a produção final de massa seca de uma planta depende, em última instância, da eficiência com que as folhas convertem energia radiante em energia química, por meio da fotossíntese (Assis e Mendez, 1989).

O cálculo da energia livre entrando em um sistema planta-ambiente é necessário para se estimar o potencial produtivo de culturas ou comunidade de plantas. A fotossíntese é o processo de transformação de energia nesse complexo sistema, e os modelos correntes de utilização de radiação pelas plantas são baseados na irradiância de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), ao invés da radiação solar total. A amplitude da RFA é determinada de acordo com a banda do espectro de absorção dos pigmentos das plantas. Os comprimentos de onda de radiação entre 400 e 750 nm são normalmente considerados como a faixa de RFA (Romano, 2005).

A mensuração e a determinação dos componentes da radiação solar no dossel de plantas se enquadram sobremaneira nos processos de trocas energéticas da fotossíntese e da evapotranspiração. Logo, a radiação solar é um dos elementos que mais influenciam na determinação das perdas de água e no acúmulo de massa seca vegetal. A produtividade potencial de culturas agrícolas em vários modelos biofísicos tem como fundamento básico, a eficiência no uso da radiação solar

(Sinclair e Muchow, 1999; Lindquist et al., 2005; Lizaso et al., 2005). A radiação solar é a relação entre a fitomassa acumulada no tempo e o acúmulo de radiação solar interceptada neste mesmo período pela vegetação (Monteith, 1977).

Bertomeu (2012) observou queda de 19 a 66% na produção de biomassa aérea e na produtividade de grãos do milho em sistema agroflorestal, de acordo com o espaçamento entre as árvores de gamelina (*Gamelina R. Br.*) e bagras (*Eucalyptus deglupta* Blume). Pesquisas sobre a produtividade do milho, em sistema agroflorestal são comuns (Mathuva et al., 1998; Pérez-Marin et al., 2006; Bertomeu, 2012), mas poucas abordam aspectos fisiológicos da cultura do milho.

Kang et al. (2008), ao avaliar o efeito da poda das árvores sobre os parâmetros fisiológicos do milho, concluíram que essa prática aumenta a incidência da RFA e permite maior transpiração da cultura, o que melhora sua capacidade de competição por água e luz. De acordo com os autores, as plantas mais distantes das árvores são menos afetadas.

### **2.3. Índices de crescimento da cultura agrícola**

A grande maioria das culturas agrícolas segue uma curva de crescimento do tipo sigmóide. A inclinação dessa curva é chamada taxa de crescimento absoluto da cultura, que é definida como o aumento de biomassa por unidade de tempo (Radford, 1967). No início do ciclo, o crescimento é lento, aumentando gradativamente até atingir um platô, quando então se estabiliza. A menor taxa de crescimento inicial é verificada porque o número de células que se dividem é pequeno (Almeida et al., 2003). Isto proporciona uma pequena área foliar e, conseqüentemente, menor aproveitamento da RFA (Loomis e Amthor, 1999).

A análise de crescimento é uma técnica que detalha a alocação e partição de fotossintatos, em função da idade da planta (Falqueto et al., 2009; Concenço et al., 2011; Alvarez et al., 2012), por meio de avaliações da quantidade de fitomassa armazenada pelos seus órgãos, como folhas, caules, flores e grãos, além da sua superfície foliar (Benincasa, 2003; Taiz e Zeiger, 2009).

Ensaio de sombreamento artificial durante o crescimento de grãos de milho e condições que limitam a interceptação de radiação e o suprimento de assimilados demonstraram não haver efeito na taxa de crescimento dos grãos, mas sim, uma redução no tempo de crescimento, e, conseqüentemente, grãos mais leves (Tollenaar, 1977; Setter e Flannigan, 1986). Esse efeito do sombreamento artificial

simula, na realidade, uma limitação na produtividade de grãos pela fonte produtora de assimilados (Didonet et al., 2001).

A relação entre crescimento da soja e fotossíntese foi também abordada por Wells (1991), observando que a relação entre interceptação da RFA com a fotossíntese aparente foi positiva e linear nos primeiros 70 dias após a semeadura, correspondente ao estágio reprodutivo R1 e R2 (floração). Essa resposta é justificada pelo vigoroso desenvolvimento inicial das folhas do dossel e por grande parte dessas folhas estarem envolvidas com a atividade fotossintética. No entanto, após esse período, não foi observada relação da interceptação da RFA com a fotossíntese, ocorrendo sombreamento gradual nas folhas inferiores do dossel, com subsequente senescência associada à redução de luz (Casaroli et al., 2007).

Os modelos de crescimento de culturas apresentam potencial de uso para responder questões em pesquisa, manejo de culturas e planejamento, auxiliando no entendimento sobre as interações genéticas, fisiológicas e do ambiente, como também nas decisões de práticas culturais antes e durante o período da cultura no campo, como aplicações de fertilizantes e irrigação (Boote et al., 1996).

Neste contexto, há necessidade de maior conhecimento sobre os efeitos causado pelo sombreamento no desempenho das culturas agrícolas milho e soja em sistemas integrados de produção, ou seja, quanto às potencialidades de implantação de sistemas agrossilvipastoris com rotação de culturas anuais. Desta forma, objetivou-se avaliar os índices de crescimento e componentes da produção do milho e soja em sistemas agrossilvipastoris sob diferentes níveis de RFA.

## 2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R.P. **Agrometeorologia: importância e aplicações**. CPG – Fitotecnia. Piracicaba: ESALQ/USP. 1991. 23p.

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; NAVA, I.C.; GALIO, J.; TRENTIN, P.S.; RAMPAZZO, C. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.189-194, 2003.

ALVARENGA, R.C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F.J.; CRUZ, J.C.; GONTIJO NETO, M.M. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas – MG: EMBRAPA-CNPMS, 2006. 12p. (Circular Técnica 80).

ALVAREZ, R.C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas dos tipos tradicional, intermediário e moderno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.4, p.397-406, 2012.

ASSIS, F.N.; MENDEZ, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.2, n.7, p.797-800, 1989.

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; SILVA, V.P.; MORAES, A.; MARTINEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1-13, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.77-87, 2009.

BERTOMEU, M. Growth and yield of maize and timber trees in smallholder agroforestry systems in Claveria, northern Mindanao, Philippines. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v.84, p.73-87, 2012.

BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; PICKERING, N.B. Potential uses and limitations of crop models. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.704-716, 1996.

BRAZ, A.J.; KLIEMANN, H.J.; SIVEIRA, P.M. Produtividade de palhada de plantas de cobertura. In: SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. (Ed.). **Plantas de cobertura dos solos do cerrado**. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. 2010. p.11-43.

CASAROLI, D.; FAGAN, E.B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S.P.; MANFRON, P.A.; DOURADO NETO, D.; LIER, Q.J.V.; MÜLLER, L.; MARTIN, T.N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de Soja. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.2, p. 102-120. 2007.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, H.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris no Brasil: potencialidades e entraves. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.4, p.575-582, 1996.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2015.

CONCENÇO, G.I.; ASPIAZÚ, I.; GALON, L.; FERREIRA, E.A.; FREITAS, M.A.M.V.; FIALHO, C.M.T.V.; SCHWANKE, A.M.L.V.; FERREIRA, F.A.V.; SILVA, A.A. Photosynthetic characteristics of hybrid and conventional rice plants as a function of plant competition. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.4, p.803-809, 2011.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J.L.; IDE, F.; TISSOT, D. Crescimento e desenvolvimento de milho: acúmulo de massa seca do grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.447-456, 2001.

DUPRAZ, C.; LIAGRE, F. **Agroforesterie: desarbres et des cultures**. Paris: France Agricole, 2008. 413p.

EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M.; ALMEIDA, R.G.; MONTAGNER, D.B.; BARBOSA, R.A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, suplemento especial, p.151-168, 2010.

FALQUETO, A.R.; CASSOL, D.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M.; OLIVEIRA, A.C.; BACARIN, M.A. Partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n.3, p.453-461, 2009.

FORSETH, I.N.; NORMAN, J.M. **Modelling of solar irradiance, leaf energy budget, and canopy photosynthesis**. In: Techniques in Photosynthesis and Productivity Research for a Changing Environment (eds. D.O. Hall, J.M.O. Scurlock, H.R. Bolhar-Nordenkampf, R.C. Leegood and S.P. Long). Chapman & Hall, London, 1991.

HENDRICKSON, J.R.; HANSON, J.D.; TANAKA, D.L.; SASSENATH, G. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. **Renewable Agriculture and Food Systems**, New York, v.23, n.1, p.265-271, 2008.

KANG, H.; SHANNON, D.A.; PRIOR, S.A.; ARRIAGA, F.J. Hedgerow pruning effects on light interception, water relations and yield in alley-cropped maize. **Journal of Sustainable Agriculture**, Abingdon, v.31, p.115-137, 2008.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, J.L.S.; SILVA, J.G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; MAGNABOSCO, C.U. **Sistema Santa Fé -Tecnologia EMBRAPA**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. v.1, cap.4, p.131-141.

KRUSCHEWSKY, G.C.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T.K. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *eucalyptus* spp. em sistema agrossilvipastoril no Cerrado. **Cerne**, Lavras, v.13, n.4, p.360-367, 2007.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F.; COSTA, D.B.; GUALTER, R.M.R. Teores de nutrientes da serapilheira e do solo sob sistema agroflorestal em área de transição no norte do Piauí. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v.2, n.2, p.1034-1037, 2007.

LINDQUIST, J.L.; ARKEBAUER, T.J.; WALTERS, D.T.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, p.72-78, 2005.

LIZASO, J.I.; BATCHELOR, W.D.; BOOTE, K.J.; WESTGATE, M.E. Development of a leaf-level canopy assimilation model for Ceres - Maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, p.722-733, 2005.

LOOMIS, R.J.; AMTHOR, J.S. Yield potential, plant assimilatory capacity and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v.39, n.6, p.1584-1596, 1999.

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.2, n.226, p.36-42, 2005.

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

MATHUVA, M.N.; RAO, M.R.; SMITHSON, P.C.; COE, R. Improving maize (*Zea mays*) yields in semiarid highlands of Kenya: agroforestry or inorganic fertilizers? **Field Crops Research**, Amsterdã, v.55, p.57-72, 1998.

MELLO, L.M.M.; YANO, E.H.; NARIMATSU, K.C.P.; TAKAHASHI, C.M.; BORGHI, E. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.1, p.121-129, 2004.

MOLUA, E.L. The economics of tropical agroforestry systems: the case of agroforestry farms in Cameroon. **Forest Policy and Economics**, Amsterdã, v.7,

p.199-211, 2005.

MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Londres, v.281, p.277-294, 1977.

OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. v.31, n.257, p.47-58, 2010.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M.A.A.; BERGAMASCHINE, A.F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C.A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.4, p.360-370, 2009.

PÉREZ-MARIN, A.M.; MENEZES, R.S.C.; SILVA, E.D.; SAMPAIO, E.V.S.B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestral no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.555-564, 2006.

PERON, A.J.; EVANGELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões de Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.655-661, 2004.

RADFORD, P.J. Growth analysis formulae their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, p.171-175, 1967.

ROMANO, M.R. **Desempenho fisiológico da cultura de milho com plantas de arquitetura contrastante: parâmetros para modelos de crescimento**. 2005. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

SALLES, T.T.; LEITE, H.G.; OLIVEIRA NETO, S.N.; SOARES, C.P.B.; PAIVA, H.N.; SANTOS, F.L. Modelo de Clutter na modelagem de crescimento e produção de eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.2, p.253-260, 2012.

SÁNCHEZ, S.; HERNÁNDEZ, M.; SIMÓN, L. Efecto del sistema silvopastoril en la fertilidad edáfica em unidades lecheras de la empresa Nazareno. **Pastos y Forrajes**, Matanzas, v.26, n.2, p.131-136, 2003.

SETTER, T.L.; FLANNIGAN, B.A. Sugar and starch redistribution in maize in response to shade and ear temperature treatment. **Crop Science**, Madison, v.26, p.575-579, 1986.

SINCLAIR, T.R.; MUCHOW, R.C. Radiation use efficiency. **Advances Agronomy**, Newark, v.65, p.215-265, 1999.

SILVA, A.C.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; FREITAS, R.S.; MAURO, A. Épocas de emergência de *Brachiaria brizantha* no desenvolvimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.769-775, 2005.

SILVA, J.A. Avaliação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel no Brasil – PNPB. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.22, p.18-31, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

TOLLENAAR, M. Sink-source relationships during reproductive development in maize: a review. **Maydica**, Bergamo, v.22, p.49-75, 1977.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v.31, p.755-761, 1991.

### 3. ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO MILHO EM CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO

**RESUMO** - Os sistemas integrados de produção agrícola possuem características ambientais peculiares, tais como o sombreamento e a competição por nutrientes, os quais podem influenciar nos padrões de crescimento de culturas como o milho. Neste contexto, objetivou-se avaliar os índices de crescimento e os componentes da produção do milho em sistema agrossilvipastoril, na safra de 2012/2013. O experimento foi realizado em área pertencente à Embrapa Gado de Corte, localizada no município de Campo Grande-MS. O sistema agrossilvipastoril foi implantado em janeiro de 2009, com o transplântio de mudas de eucalipto em arranjo de linhas simples no espaçamento de 22 x 2m (sentido leste-oeste). Adotando-se o sistema de plantio direto em dezembro de 2012, a cultura do milho foi implantada em parcelas de 216 m<sup>2</sup>, composto em quatro piquetes com área total de 864 m<sup>2</sup>, com espaçamento de 0,90 m entre si nas entrelinhas do eucalipto. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas sub-subdivididas, considerando-se como parcela (tratamento principal), os três híbridos de milho (RB 9005 PRO, 390 PRO e 2B707 HX); como subparcela (tratamento secundário) as duas modalidades de cultivo da cultura do milho (monocultivo e consorciado com o capim-piatã) e como sub-subparcela, os cinco locais de amostragem, que foram identificados por letras A, B, C, D, E (norte-sul), com as seguintes distâncias das fileiras de árvores: 3 m, 7 m, 11 m, 7 m, 3 m, respectivamente, sendo o local C correspondente ao ponto central. Foram avaliados os índices de crescimento, como a taxa de crescimento absoluto e relativo, a taxa de assimilação líquida e o índice de área foliar. Os componentes da produção mensurados foram: o número de grãos por espiga, a massa total de grãos das espigas, a massa de 1.000 grãos e produtividade de grãos. O sombreamento exercido pelas plantas de eucalipto nos locais de amostragem, próximo das árvores, prejudicou todos os parâmetros avaliados da cultura do milho por causa da redução de incidência solar. Os locais de amostragem mais distantes das árvores proporcionaram a penetração de luz às plantas de milho, assim favoreceram o aumento da produtividade de grãos.

**Palavras-chave:** consorciação, *Eucalyptus*, integração, taxa de crescimento.

### 3. GROWTH INDEXES AND PRODUCTION COMPONENTS OF CORN UNDER SHADE SYSTEM

**ABSTRACT** - Integrated systems of agricultural production has specific environmental traits such as shading and nutrient competition which may affect crop growth standards. Growth indexes and corn production components in agroforestry systems for the 2012-2013 harvest were evaluated. Experiment was conducted at Embrapa Gado de Corte, in Campo Grande MS Brazil. The agroforestry system was implanted in January 2009 by transplanting eucalyptus seedlings in simple rows with spacing 22 x 2m (East-West). Tillage system was undertaken in December 2012 and corn was arranged in 216 m<sup>2</sup> paddock with four split plots with total area 864 m<sup>2</sup>, spacing 0.90 m within the eucalyptus interrows. Randomized block design was undertaken, with four repetitions, within a sub-subsplit plots scheme. Each split plot (main treatment) comprised three corn hybrids (RB9005 PRO, 390 PRO and 2B707 HX); subsplit plot (secondary treatment) comprised the two corn crops modes (monoculture and intercrop with *piatã* grass); sub-subsplit plot comprised five sampling sites, A, B, C, D, E (North-South), with distances from tree rows at 3 m, 7 m, 11 m, 7 m, 3 m, respectively, with C as the central site. Absolute and relative growth rate, net assimilation rate and leaf area index were evaluated. Number of grains per cob, total mass of grains in cobs, mass of 1000 grains and grain productivity were the production components measured. Shade of eucalyptus trees on the sampling sites, close to the trees, impaired all parameters of corn under analysis due to decrease in sunshine on. More distant sites provided the penetration of light to corn and increased grain production.

**Keywords:** integration, *Eucalyptus*, intercropping, growth rate.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) possibilitam à recuperação de áreas degradadas. O aumento da eficiência do uso da terra, a potencialização dos efeitos complementares ou sinérgicos existentes, entre as diversas espécies vegetais e a criação de animais, proporciona de forma sustentável uma maior produção por área (Azevedo et al., 2010a). Todavia falta ainda uma visão da real dimensão dos efeitos que o componente arbóreo pode causar nas culturas agrícolas.

Segundo Viana et al. (2014), no sistema ILPF à medida que as árvores crescem ocorre redução na radiação que incide sob o sub-bosque causando sombreamento do componente lavoura e/ou pasto, influenciando na produção do sistema como um todo. Portanto, a definição do arranjo espacial do eucalipto para compor um sistema de ILPF é de fundamental importância, uma vez que o sombreamento pode restringir a penetração de luz no sub-bosque, interferindo na incidência da radiação fotossinteticamente ativa, refletindo na fotossíntese (Paciullo et al., 2011, Oliveira et al., 2007) e especialmente, nas características de crescimento da cultura agrícola.

A inclusão do componente agrícola consorciado com o componente arbóreo representa avanço inovador na integração lavoura-pecuária (ILP), com evolução para o conceito de Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação. Pode-se utilizar a ILPF para implantar um sistema agrícola sustentável, com base nos princípios da rotação de culturas e do consórcio entre culturas de grãos, forrageiras

e espécies arbóreas, para produzir, na mesma área, grãos, carne ou leite, produtos madeireiros e não madeireiros ao longo de todo ano (Balbino et al., 2010).

Segundo Mendes et al. (2013), é possível avaliar o efeito das árvores de pau branco (*Cordia oncocalyx*) sobre parâmetros fisiológicos, altura e biomassa do milho, em diferentes distâncias das árvores. No sistema agrossilvipastoril, concluíram que as plantas de milho sob a copa são afetadas negativamente pelo sombreamento das árvores, enquanto as plantas fora da copa podem se beneficiar da presença das árvores no sistema.

Perin et al. (2010) avaliando quanto a cultura do milho em sistema agrossilvipastoril com Mogno (*Swietenia macrophylla*), disposto em duas linhas centrais espaçadas de 25 m, demonstraram que a produtividade média no experimento foi de 2.200 kg ha<sup>-1</sup>. Este resultado foi inferior aos 3.500 e 3.000 kg ha<sup>-1</sup> obtidos respectivamente por Azevedo et al. (2010a) com Teca (*Tectonia grandis* L.) e Azevedo et al (2010b) com Mogno Africano (*Khaya ivorensis*) em Terra Alta - PA, mas provavelmente em decorrência do maior espaçamento entre as linhas de árvores que era de 50 m, o que permitiu maior penetração de luz solar.

Neste contexto, sendo o milho (*Zea mays* L.) o cereal mais cultivado no mundo, torna-se uma cultura promissora para implantação nos sistemas agrossilvipastoris, visando à eficiência do uso da terra. A produção da cultura do milho é estimada a 989,8 milhões de toneladas (safra 2015/2016), sendo os Estados Unidos o maior produtor mundial, seguido de China e Brasil (FAO, 2015). No Brasil, a área cultivada foi de 15,6 milhões de ha (safra 2015/2016), correspondendo à produção de 83,6 milhões de toneladas, com produtividade média de 5.368 kg ha<sup>-1</sup>, considerando milho de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> safra (CONAB, 2015).

Os sistemas agrossilvipastoris possuem condições ambientais peculiares, como o sombreamento e a competição pelos recursos abióticos entre as culturas realizadas na mesma área. Sendo assim, a observação do comportamento da cultura do milho consorciada com árvores, torna-se importante forma de analisar a adaptação e a produtividade da cultura do milho em sistemas agrossilvipastoris, uma vez que a produtividade de grãos é fundamental para a sustentabilidade do sistema e manutenção da atividade agropecuária.

Neste sentido, faz-se essencial o desenvolvimento de estudos de avaliações periódicas sobre o efeito do componente arbóreo no desempenho das culturas agrícolas, para que sejam conduzidos a fim de gerar conhecimentos básicos para

definição de estratégias adequadas de manejo agrícola em sistemas integrados de produção.

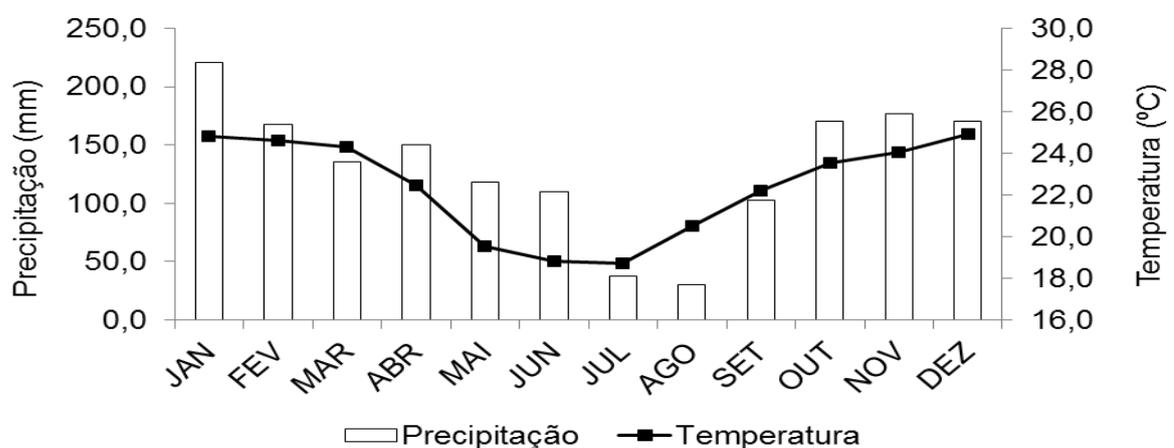
Dentro deste contexto, objetivou-se avaliar os índices de crescimento e os componentes da produção da cultura do milho em condições de sombreamento na safra de 2012/2013.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

#### Caracterização da área experimental: clima e solo

O experimento foi realizado em área pertencente à Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande-MS (20° 27' S e 54° 37' W; 530 m de altitude). O clima, segundo Köppen, encontra-se na faixa de transição entre sub-tipo Cfa – mesotérmico úmido sem estiagem (temperatura do mês mais quente superior a 25°C; mês mais seco com mais de 30 mm de precipitação) e o sub-tipo Aw – tropical úmido (estação chuvosa no verão e seca no inverno).

As normais climatológicas apresentadas referem-se ao ano de 1973 a 2013 (Figura 1), os dados de precipitação e temperatura média foram coletados diariamente, por meio de uma estação meteorológica (A702 – INMET), distante cerca de 3 km da área experimental.



**FIGURA 1.** Normais climatológicas do entorno da área experimental, com dados de 1973 a 2013.

A precipitação média dos últimos 40 anos foi de 1.592 mm anuais, sendo que 75% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro a abril, quando a temperatura média anual é de 22,4°C. Os meses de menor precipitação são junho, julho e agosto. Os déficits hídricos ocorrem com maior intensidade nesses meses, onde a média das temperaturas mínimas é abaixo de 15°C (INMET, 2013).

Durante o período experimental, a precipitação e temperatura foram medidas na estação meteorológica da Embrapa Gado de Corte (Tabela 1).

**TABELA 1.** Dados climáticos durante o período experimental nos meses de dezembro/2012 a abril/2013.

Elementos climáticos	Mês/Ano					Total
	dez/12	jan/13	fev/13	mar/13	abr/13	
Temperatura média (°C)	26,78	26,32	25,85	25,71	23,40	25,61
Precipitação (mm)	193,04	218,33	201,47	187,16	210,75	1.010,75
Fotoperíodo (horas)	14,10	14,01	13,74	13,37	12,99	13,64
Graus-dia acumulado	520,34	816,16	723,84	797,02	704,84	3.562,18

O fotoperíodo (N) ou duração do dia foi estimado, desprezando-se os efeitos de refração da atmosfera, sendo N a duração do fotoperíodo em horas; H, o ângulo horário do pôr-do-Sol ( $N = 2H/15$ ). Para o cálculo dos graus-dia acumulados (GDA) utilizou o método proposto por Lindsey e Newman (1956), e adaptado por Villa Nova et al. (1972). Para cada dia, calculou-se o valor de GD, pelas seguintes equações 1 e 2:

$$GD = \frac{(T_{max} - T_{min})}{2} + (T_{min} + T_b) \quad (1)$$

quando  $T_m > T_b$  e  $T_M < T_B$ , e

$$GD = \frac{(T_{max} - T_b)^2}{2(T_{max} - T_{min})} \quad (2)$$

quando  $T_m < T_b$  e  $T_M < T_B$ .

Utilizou-se como temperatura-base inferior ( $T_b$ ), 10°C (Manfron et al. 1993), citada com frequência na literatura para a maioria das culturas.

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura argilosa (Santos et al., 2013), em uso anterior com *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. BRS Piatã.

As amostras de solo para fins de fertilidade foram coletadas na profundidade de 0-0,20 m, por meio do trado holandês. Essas amostras foram colocadas em baldes plásticos limpos, homogeneizadas e retiradas aproximadamente 500 g para enviar ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS. .

A metodologia utilizada para as análises dos atributos químicos do solo para a extração do cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) foi feita com uma solução de KCl na concentração de 1N e a determinação foi feita por titulometria. Na quantificação do fósforo (P) e potássio (K) disponíveis adotaram-se o procedimento de extração do solo, realizada com extrator North Carolina ou Mehlich1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N + HCl 0,05 N). Os demais atributos químicos do solo foram determinados por meio dos cálculos realizados a partir dos resultados analíticos obtidos: soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC a pH 7 (T), porcentagem de saturação por bases (V%), porcentagem de saturação por Al (m%) e porcentagem de carbono no solo (C). Os resultados da análise química do solo constam na Tabela 2.

**TABELA 2.** Análise química do solo na fase de crescimento da cultura do milho, na profundidade de 0-0,20 m.

pH	Ca	Mg	K	Al	H+Al	S	T	t	V	m	C	P-Mehlich1
	-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----								-----%-----		mg dm <sup>-3</sup>	
5,00	1,72	1,05	0,22	0,12	4,72	2,98	7,71	3,11	38,86	3,99	2,17	3,38

### Histórico do manejo da área experimental

O sistema agrossilvipastoril foi implantado numa área de 20 ha em julho de 2008, nesta época a pastagem era formada por *U. decumbens*, *U. humidicola* e *U. ruziziensis*. O experimento da cultura do milho foi implantado em dezembro de 2012, composto por 12 parcelas experimentais com área total de 864 m<sup>2</sup> no sistema agrossilvipastoril. Antes da implantação do experimento com o milho, esta área foi utilizada por soja e pasto consorciado com eucalipto (Tabela 3), conforme esquema de rotação entre os componentes agrícolas e forrageiros.

**TABELA 3.** Estratégia de rotação das culturas no sistema agrossilvipastoril.

Estação do ano	Estratégia de rotação					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Verão	soja	Eucalipto	pasto	pasto	milho	pasto
Inverno	pasto degradado	Pasto	pasto	pasto	pasto	pasto

A pastagem encontrava-se degradada, com baixa produtividade e alta ocorrência de grama-batatais (*Paspalum notatum*), brotação da vegetação natural do Cerrado e cupinzeiros. A análise química do solo em julho de 2008, revelou que a área era uniforme, com teores de argila de  $41 \pm 5\%$ ; P (Mehlich-1) de 0,29 a 0,42 mg dm<sup>-3</sup>; saturação por bases (V%) de 26 a 34%; saturação por alumínio (m%) de 10 a 23%.

Em agosto e setembro de 2008 foi efetuada a calagem e gessagem, aplicando-se 3,0 e 1,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente em área total e, incorporada até 20-30 cm. Em setembro e outubro de 2008, as plantas daninhas foram dessecadas com herbicidas, incorporadas com subsolagem e duas gradagens pesadas, sendo a subsolagem na profundidade de 40-60 cm realizada somente nas linhas do eucalipto. No primeiro decêndio de novembro de 2008 foi realizada adubação a lanço, em área total, com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-25-15, e posterior gradagem niveladora.

A partir deste manejo do solo, a semeadura da soja foi realizada no terceiro decêndio de novembro de 2008. O transplântio das mudas de eucalipto ocorreu em janeiro e fevereiro de 2009 durante o desenvolvimento da cultura da soja. A colheita da mesma foi realizada no primeiro decêndio de abril de 2009, obtendo-se produtividade média de 2.100 kg ha<sup>-1</sup>. No segundo decêndio de abril de 2009, foi realizada a semeadura do capim-piatã.

Com a adoção do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) foram alocadas nos piquetes, em abril de 2010, as novilhas anelradas com peso vivo médio de 214 kg. O sistema agrossilvipastoril recebeu as novilhas a partir de julho de 2010, permanecendo com os mesmos animais na área até agosto de 2012.

Em outubro de 2012 novamente a cultura agrícola foi inserida no sistema, ocorrendo o preparo da área com dessecação do capim-piatã e a posterior adubação corretiva, de acordo com a análise de solo. O experimento da cultura do milho foi implantado em dezembro do mesmo ano.

Depois da colheita da cultura do milho em abril de 2013, foi implantado o capim-piatã novamente, sendo que a forrageira permanecerá na área experimental por três anos. Desta maneira, seguindo a estratégia, nota-se que após três anos de pastagem na área, ocorre à rotação com a cultura agrícola no sistema agrossilvipastoril.

### **Descrição do experimento com a cultura do milho**

O experimento foi implantado no ano agrícola de 2012/2013, composto por 12 parcelas experimentais, com área total de 864 m<sup>2</sup>. Cada parcela experimental apresentava área de 72 m<sup>2</sup>, sendo constituídas por quatro linhas espaçadas em 0,90 m; sendo 20 m de comprimento para cada híbrido avaliado. A área útil da subparcela foi de 3,6 m<sup>2</sup>.

De acordo com análise de solo, no mês de outubro de 2012 foram realizadas a calagem e adubação. Foram aplicados 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico a lanço de forma mecânica, utilizando o distribuidor de calcário.

O experimento foi implantado em sistema de plantio direto. Após a dessecação do capim-piatã no mês de outubro 2012, foi utilizando o herbicida glyphosate (1,44 kg ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo), com volume de pulverização de 200 L ha<sup>-1</sup>.

A adubação corretiva da cultura do milho foi realizada com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 0-20-20, dividida em duas etapas, sendo aplicado da seguinte forma: 80% da dosagem foram inseridos na adubação em outubro de 2012, aplicada a lanço de forma mecanizada em área total, que correspondeu a 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 0-20-20. O restante da dosagem, ou seja, 20% foram lançados no momento da semeadura, que ocorreu em dezembro de 2012. Esta adubação foi aplicada manualmente na linha de semeadura do milho, com 100 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 0-20-20.

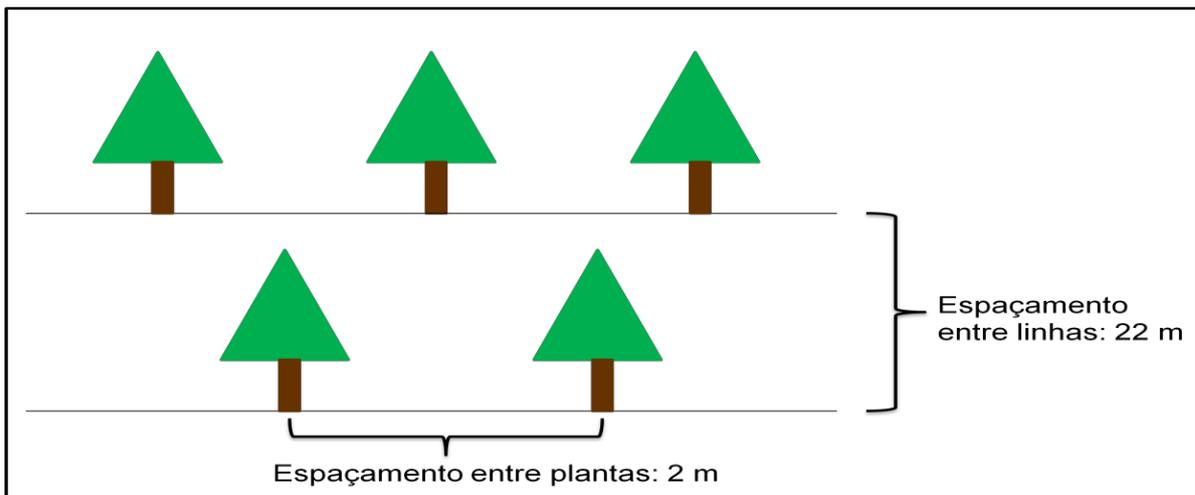
O critério de escolha dos híbridos de milho foi baseado na adaptabilidade das condições de Campo Grande-MS, que possui alto potencial produtivo e a recomendação para o plantio se dá na 1ª e 2ª safra. Foram avaliados três híbridos simples de milho de ciclo precoce (120-130 dias de ciclo) e transgênicos: Riber Sementes 9005 PRO, Dekalb 390 PRO e Dow Agrociences 2B707 Herculex.

Utilizaram-se sementes de milho com 90% de germinação e 99% de pureza. As sementes de milho foram adquiridas com os seguintes tratamentos de

micronutrientes: CMZ (23,6% Cu + 5,9% Mo + 47,2% Zn na dose de 200 mL 100 kg sementes<sup>-1</sup>) e hormônio vegetal Booster (extrato de algas + 2,3% Mo + 3,5% Zn na dose de 100 mL 100 kg sementes<sup>-1</sup>).

As sementes dos híbridos DKB 390 e 2B707 foram adquiridas com tratamento de inseticida imidacloprido (250 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes do ingrediente ativo). Enquanto no híbrido RB 9005 PRO foi utilizado o inseticida clotianidina (300 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes do ingrediente ativo).

As parcelas experimentais da cultura do milho foram implantadas manualmente, no sistema agrossilvipastoril consorciado com *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (clone H13) em arranjo de linhas simples, com espaçamento de 22 m entre linhas e 2 m entre plantas, totalizando 227 árvores ha<sup>-1</sup> (Figura 2).



**FIGURA 2.** Esquema mostrando os espaçamentos entre linhas e entre plantas de eucalipto do sistema agrossilvipastoril.

Os híbridos de milho foram semeados manualmente no mês de dezembro de 2012. As linhas de semeadura foram abertas com as hastes do escarificador e semeadas de 7 a 8 sementes m<sup>-1</sup> de sulco com espaçamento entre linhas de 0,90 m, totalizando cerca de 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A profundidade de semeadura foi de 3 a 5 cm. Foi adotado o espaçamento de 0,90 m para evitar o auto-sombreamento e também, para proporcionar uma maior penetração de luz solar, pois o experimento foi implantado em condições de sombreamento. A cultura do milho foi implantada em duas modalidades de cultivo (monocultivo e em consórcio com o capim-piatã).

Simultaneamente ao plantio dos híbridos de milho, o capim-piatã também foi semeado manualmente na linha e entrelinha da cultura do milho, no mês de dezembro/2012. A densidade de semeadura para o capim-piatã com 70% de valor

cultural (VC) foi de 3 kg de sementes puras viáveis. A profundidade de semeadura do capim-piatã foi de 3 a 5 cm.

No momento da semeadura da cultura do milho, foi aplicado manualmente 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia e 100 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 0-20-20 na linha de plantio (20% restante da adubação corretiva).

A adubação de cobertura em linha foi parcelada em duas vezes, aplicando-se 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Foi utilizada, também, a uréia quando o milho atingiu a fase vegetativa V4 e V7 (4 e 7 folhas expandidas), aos 20 e 40 dias após emergência, respectivamente. O trato fitossanitário durante o ciclo da cultura foi a reaplicação de glyphosate (1,44 kg ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo) para controle de ervas daninhas, no mês de dezembro de 2012;

Os principais estágios fenológicos da cultura foram observados regularmente a cada quinze dias após a emergência, segundo a escala proposta por Ritchie et al. (2003). A emergência do milho ocorreu aos cinco dias após a semeadura, na data de 10/12/2012. As fases de desenvolvimento foram estabelecidas de acordo com a recomendação de Allen et al. (1998), em que o ciclo da cultura de 120 dias, foi dividido nas seguintes fases: inicial (10/12/12 a 02/01/13), crescimento (03/01/13 a 06/02/13), intermediária (07/02/13 a 17/02/13) e final (18/02/13 a 12/04/13).

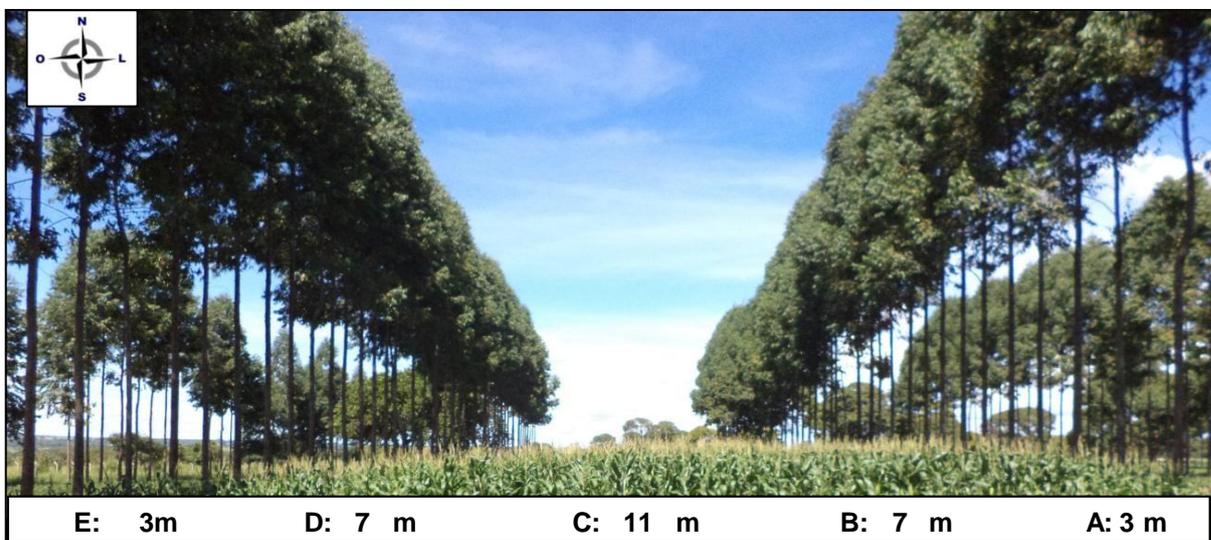
### **Delineamento experimental**

Foram utilizados os delineamentos de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas, considerando-se como parcela (tratamento principal) os três híbridos de milho (RB 9005 PRO, DKB 390 PRO e DOW 2B707 HX). Como subparcela (tratamento secundário), duas modalidades de cultivo do milho (monocultivo e consorciado com capim-piatã); como sub-subparcela, os cinco locais de amostragem, ou seja, os pontos equidistantes entre as fileiras de árvores de eucalipto conforme Equação 3 (Behling Neto, 2012).

$$P.E = \left[ \frac{(EF-DL)^2}{n^\circ \text{ pontos}} \right] + 1 \quad (3)$$

Sendo: P.E. pontos equidistantes, EF espaçamento entre as fileiras de árvores, DL distância da linha de eucalipto (m).

Estes pontos (sub-subparcela) foram marcados em um transecto perpendicular as fileiras de árvores (sentido leste-oeste). Os pontos de amostragem (sentido norte-sul) foram identificados por letras A; B; C; D e E, com as seguintes distâncias das fileiras de árvores: 3 m; 7 m; 11 m; 7 m; 3 m, respectivamente, sendo que os pontos A e E ficavam próximos das fileiras de árvores; o ponto C correspondia ao ponto central entre as fileiras de árvores; os pontos B e D, intermediários entre A-C e C-E, respectivamente. Foram respeitados 1 m de distância das linhas de eucaliptos na implantação da cultura do milho (Figura 3).



**FIGURA 3.** Locais de amostragem das plantas de milho nas parcelas experimentais em função da distância das plantas de eucalipto.

### **Características agronômicas da cultura do milho**

Foram escolhidas, aleatoriamente, quatro plantas de milho representativas por sub-subparcela sendo avaliadas as seguintes variáveis: a altura média de plantas (medindo-se do colo da planta até o ponto de inserção da última folha completamente desenvolvida); a altura média de espiga (medida do nível do solo até a inserção da espiga principal mais alta). Utilizando uma trena; o diâmetro do colmo foi determinado a 0,20 m de altura do solo com uso de um paquímetro digital.

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida com ceptômetro portátil (modelo AccuPAR- LP 80) em cinco locais de amostragens no sistema agrossilvipastoril, nas seguintes distâncias das fileiras dos eucaliptos para o ILPF<sub>22m</sub>: 3 m; 7 m; 11 m; 7 m; 3 m. As leituras foram realizadas sob céu claro, medindo-se a intensidade luminosa acima do dossel do milho, a cada quinze dias regularmente,

em dois horários, a partir das 09h00 e às 14h00.

### Índices de crescimento da cultura do milho

Os indicadores de crescimento calculados foram: índice de área foliar e taxa de crescimento da cultura dos 90 a 105 dias após a emergência (DAE). A área foliar ( $\text{cm}^2$ ) foi medida em integrador de área foliar (Model 3.100 area meter, Licor), cujos valores foram divididos pela área do terreno para obtenção do índice de área foliar (IAF), conforme equação 4 (Benincasa, 2003).

$$\text{IAF} = \frac{\text{AF}}{\text{S}} \quad (4)$$

Sendo: AF a área foliar verde ( $\text{cm}^2$ ) e S a área do terreno ( $\text{cm}^2$ ).

Após computar o valor de área foliar, o material foi separado entre folhas e colmos de milho. Posteriormente, o material foi levado para secagem em estufa de ventilação forçada, a uma temperatura de 55 a 60°C por 72 h (peso constante). A biomassa seca foi pesada em balança de precisão para obtenção da massa seca total (MST) das plantas de milho.

Avaliou-se a taxa de crescimento absoluto da cultura do milho, calculando-se a relação entre massa seca da parte aérea em função do tempo entre coletas, conforme a equação (Benincasa, 2003):

$$\text{TCA} = \frac{\Delta \text{MSa}}{\Delta t} \quad (5)$$

Em que, TCA é a taxa de crescimento absoluto ( $\text{g dia}^{-1}$ );  $\Delta \text{MSa}$  corresponde a incremento diário de massa seca aérea ( $\text{g m}^{-2}$ );  $\Delta t$  a variação do tempo (em dias) incremento de massa dos 90 aos 105 dias após a emergência.

A taxa de crescimento relativo foi obtida de acordo com a equação (Benincasa, 2003):

$$\text{TCR} = \frac{\ln \cdot \Delta \text{MSa}}{\Delta t} \quad (6)$$

Em que TCR é a taxa de crescimento relativo ( $\text{g g dia}^{-1}$ );  $\ln$ , logaritmo neperiano de  $\Delta \text{MSa}$  que corresponde a incremento diário de massa seca aérea ( $\text{g m}^{-2}$ );  $\Delta t$  a variação do tempo (em dias) incremento de massa dos 90 aos 105 dias após a emergência.

A taxa de assimilação líquida foi obtida pela equação (Benincasa, 2003):

$$TAL = \frac{\Delta MSa}{\Delta t} \times \frac{\ln AF}{\Delta AF} \quad (7)$$

em que: TAL é a taxa de assimilação líquida ( $\text{g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $\Delta MSa$  corresponde a incrementos de massa seca aérea ( $\text{g m}^{-2}$ );  $\Delta t$  a variação do tempo (em dias) incremento de massa dos 90 aos 105 dias após a emergência;  $\ln$ , logaritmo neperiano de área foliar;  $\Delta AF$  a variação do tempo em dias decorrido entre as amostragens de 90 a 105 dias após a emergência.

### Componentes da produção da cultura do milho

No ponto de maturação fisiológica (R6) foi feita a colheita manual do milho em cada local amostral. A colheita e a avaliação do estande final de plantas foram realizadas em abril de 2013, em duas linhas centrais com 2 m de comprimento, em cada local de amostragem, colhendo-se todas as plantas com espiga.

A derrça do milho foi efetuada 120 dias após a emergência. Os componentes da produção analisados foram o número de grãos por espiga (obtidos a partir da relação média entre o número de 10 espigas); a massa de grãos por espiga (debulha manual das 10 espigas); o rendimento de espiga (relação entre a média da massa de grãos de 10 espigas e a média da massa de 10 espigas com a palha); e por fim, a massa de 1000 grãos (determinada pela média de cinco sub-amostras de mil grãos, tomadas da amostra dos grãos das espigas debulhadas manualmente dentro da área útil de cada unidade experimental, sendo os dados expressos em gramas, corrigidos para 13% de umidade), índice de colheita (estimado com dados de massa seca dos grãos dividido pela massa seca total da planta).

Para a estimativa da produtividade de grãos da cultura do milho, foi determinado com a utilização das variáveis de número de plantas no metro quadrado, o número de espiga por planta e o número de grãos por espiga de acordo com a Equação 8, sendo a massa de grãos corrigidos para 13% de umidade.

$$\text{Produtividade} = 10 \cdot \frac{\text{n}^\circ \text{ planta}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{n}^\circ \text{ espiga}}{\text{planta}} \cdot \frac{\text{n}^\circ \text{ grãos}}{\text{espiga}} \quad (8)$$

Na ocasião desta colheita de milho foi coletada a serrapilheira sobre o solo em área de  $0,5 \text{ m}^2$ , colocando o quadro de metal no ponto central de cada local de

amostragem. A serrapilheira coletada foi encaminhada à estufa de circulação forçada a 55°C, até atingir massa constante. Em seguida, a massa seca foi extrapolada para g m<sup>-2</sup>.

### Qualidade física dos grãos de milho

As amostras foram separadas no momento da debulha manual, os quais foram recolhidos 1,0 kg de grãos de milho e encaminhadas ao Núcleo de Tecnologia em Armazenagem (NTA) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

No Laboratório, essas amostras foram homogeneizadas, divididas em três subamostras de 250 g e submetidas ao teste de umidade e classificação física dos grãos. A umidade foi determinada em três repetições de 100 g de produto, pelo método indireto de capacitância, por meio do aparelho Gehaka G650.

Quantificou-se o percentual de grãos avariados (ardidos, mofados, fermentados, germinados, chochos, imaturos e gessados); carunchados, quebrados, matérias estranhas e impurezas (Tabela 4), com base no Padrão de Qualidade do Milho estabelecido pela Instrução Normativa nº 60/2011 (BRASIL, 2011).

**TABELA 4.** Limites máximos de tolerância de grãos ardidos, mofados, fermentados, germinados, chochos e imaturos expressos em percentual (%) da cultura do milho.

Enquadramento	Grãos avariados		Grãos quebrados	Matérias Estranhas e Impurezas	Carunchados
	Ardidos	Total			
Tipo 1	1,00	6,00	3,00	1,00	2,00
Tipo 2	2,00	10,00	4,00	1,50	3,00
Tipo 3	3,00	15,00	5,00	2,00	4,00
Fora de Tipo	5,00	20,00	> 5,00	> 2,00	8,00

Fonte: BRASIL (2011). \*Total de avariados (ardidos, mofados, fermentados, germinados, chochos e imaturos, gessados).

### Peso hectolítro

O peso hectolítro foi determinado em balança específica (hectolítrica) com capacidade de ¼ L . A análise foi realizada em três repetições e o resultado

expresso  $\text{kg hL}^{-1}$  (BRASIL, 2009). Os resultados foram corrigidos para a umidade comercial dos grãos (14% de base úmida), utilizando-se a seguinte equação:

$$p = \frac{Pf (100 - Uf)}{100 - Ui} \quad (9)$$

Onde: p = peso da amostra corrigida à umidade inicial (g); Pf = peso da amostra (g); Ui = umidade inicial da amostra (%bu) e Uf = umidade final da amostra (%bu).

### **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott e teste de médias de Tukey, adotando-se o nível de probabilidade de 5%, por meio do aplicativo estatístico SISVAR versão 5.3 (Ferreira, 2008).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Radiação fotossinteticamente ativa

A precipitação acumulada durante o ciclo da cultura foi de 800 mm, superior a exigência hídrica da cultura do milho (Tabela 5). A quantidade de dias com chuva foi de 66 (52,38% do período), sendo distribuídos a cada 15-18 dias durante o ciclo. Vale ressaltar que a chuva de maior magnitude durante o ciclo ocorreu na fase final e totalizaram 331,21 mm, ou seja, cerca de 40% da precipitação do período.

**TABELA 5.** Distribuição da precipitação pluvial durante o ciclo da cultura do milho.

Fases do milho	Precipitação (mm)	Precipitação (%)	Dias com chuva
Inicial (23 dias)	193,04	24,13	18
Crescimento (34 dias)	218,33	27,29	16
Intermediária (10 dias)	57,42	7,18	17
Final (53 dias)	331,21	41,4	15
Total	800	100	66

A precipitação acumulada durante o cultivo do milho ficou acima da quantidade mínima exigida de acordo em Doorenbos e Kassam (1979), que é de 500 mm para atender a demanda hídrica da cultura. Segundo Fancelli e Dourado Neto (2004), quando as condições edafoclimáticas da região possibilitam à cultura de se desenvolver, é possível uma menor quantidade de chuva ajustando-se o mínimo para 350 mm. No presente estudo, a precipitação pluviométrica foi suficiente para atender as exigências hídricas da cultura do milho (Tabela 1). A deficiência hídrica reduz a interceptação fotossintética e densidade de fluxo de

fótons pela cultura do milho, independentemente do sistema de plantio (Bergamaschi et al., 2010).

A temperatura média diária variou de 20,6 a 31,9°C, durante o ciclo da cultura (Tabela 1). Assim, não ocorreu limitação térmica para o desenvolvimento do milho, cuja faixa térmica adequada ao seu crescimento e desenvolvimento está entre 10 e 30°C (Warrington e Kanemasu, 1983).

Verificaram-se diferentes intensidades de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) nos estágios fenológicos do milho, de acordo com o local de amostragem e condição de sombreamento (Tabela 6). Segundo Taiz e Zeiger (2004), a energia luminosa dirige a síntese de carboidratos a partir de dióxido de carbono e água com liberação de oxigênio. Neste sentido, a incidência luminosa torna-se essencial para os sistemas de produção agrícola, principalmente, para incrementar a produtividade das culturas. Observou-se que na Tabela 6, ocorreram diferenças na RFA nos pontos de amostragem na seguinte sequência: C>B>A>D>E.

De acordo com o local de amostragem ocorreu variação da RFA, observando-se que nos pontos B e C foram concentrados os maiores níveis de radiação. Isso por que, provavelmente, nestes pontos o acréscimo na RFA favoreceu o aumento nos índices de crescimento. O ponto E que estava próximo das plantas de eucalipto, recebeu a menor RFA que refletiu na fotossíntese. Desta forma, constatou-se que neste local, foram registrados os menores incrementos nos índices de desenvolvimento das plantas. Isso indica que ocorreu redução no crescimento do milho, resultando em menor produtividade de grãos nas proximidades da copa do eucalipto.

Vale ressaltar que, nos locais de amostragem A e E, ocorreu inversão nas porcentagens de RFA, fato explicado pelo movimento da Terra em torno do sol, ao longo de um ano (à mesma hora do dia), a sombra é mínima no solstício de verão e máxima no solstício de inverno.

As plantas sob a copa mantêm seus estômatos fechados, em razão da baixa intensidade luminosa o que promove a redução na transpiração e na fixação de CO<sub>2</sub>. Quando isso acontece, há um aumento da razão entre a concentração interna de CO<sub>2</sub> e do ar, que em função da baixa RFA, até que o CO<sub>2</sub> possa ser incorporado à PEPcase, se fará necessário abrir os estômatos para que ocorram novas captações de carbono da atmosfera, conforme demonstraram Fuentes e King

(1989). A reduzida absorção de luz também prejudica a etapa fotoquímica da fotossíntese, a cadeia de transporte de elétrons e parte da produção de energia necessária à etapa bioquímica, na qual há conversão de CO<sub>2</sub> em açúcares (Mendes et al., 2013).

**TABELA 6.** Valores médios de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) nos estádios fenológicos do milho em dias após a emergência (DAE) em diferentes locais de amostragem. Média dos três híbridos no monocultivo e em consórcio com o capim-piatã.

Estádio fenológico <sup>1</sup>	DAE	RFA		Local de amostragem <sup>2</sup>					C.V. <sup>3</sup>
		$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	A	B	C	D	E		
<i>Estádio vegetativo</i>		<i>RFA (%)</i>							
V1 - Primeira folha	15	1.769,56	13,34b	96,95a	97,87a	97,13a	96,34a	4,3	
V3 - Terceira folha	30	939,96	19,73b	91,14a	91,79a	93,10a	95,51b	8,16	
V5 - Quinta folha	45	1.850,21	18,71c	96,25a	97,52a	94,37b	93,59b	5,53	
<i>Estádio reprodutivo</i>		<i>RFA (%)</i>							
R1 - Florescimento	60	1.368,97	91,60a	86,01b	92,55a	91,69a	15,05c	9,10	
R2 – Grão leitoso	75	1.537,67	93,62a	90,36a	94,07a	91,09a	9,05b	10,04	
R4 – Grão pastoso	90	1.307,25	95,60a	91,65a	92,87a	9,23c	18,13c	10,40	
R6 – Maturidade	105	1.350,36	98,72a	90,72a	91,01a	5,00b	8,40b	17,11	
Média	----	1.446,28	61,61	91,86	93,95	68,80	48,01	----	

<sup>1</sup>Cada estágio, Vegetativo ou Reprodutivo, é definido quando 50% ou mais das plantas no campo atingiram tal condição. <sup>2</sup>Letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>3</sup>CV: coeficiente de variação.

As plantas sob a copa mantêm seus estômatos fechados, em razão da baixa intensidade luminosa o que promove a redução na transpiração e na fixação de CO<sub>2</sub>. Quando isso acontece, há um aumento da razão entre a concentração interna de CO<sub>2</sub> e do ar, que em função da baixa RFA, até que o CO<sub>2</sub> possa ser incorporado à PEPcase, se fará necessário abrir os estômatos para que ocorram novas captações de carbono da atmosfera, conforme demonstraram Fuentes e King

(1989). A reduzida absorção de luz também prejudica a etapa fotoquímica da fotossíntese, a cadeia de transporte de elétrons e parte da produção de energia necessária à etapa bioquímica, na qual há conversão de CO<sub>2</sub> em açúcares (Mendes et al., 2013).

Kang et al. (2008) estudaram o efeito das árvores no desenvolvimento do milho, que em sistema agroflorestal, notaram reduções na RFA quando as plantas estavam mais próximas das árvores, especialmente aos 60 DAS, o que segundo os autores, acarretou queda na produtividade do milho. Com a diminuição na taxa de radiação, a absorção de fótons é reduzida, o transporte químico é afetado e a etapa fotoquímica, bem como a fotossíntese, é alterada.

Reynolds et al. (2007), ao avaliar o milho semeado a 2 e 6 m de distância do bordo-açucareiro (*Acer saccharinum*), obtiveram a menor incidência de RFA a 2 m (481  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) do que a 6 m (1.420  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), com redução na fotossíntese de 26,9 para 12  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e, na produtividade de grãos de 7.000 para 3.790 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### **Índices de crescimento da cultura do milho**

Não houve efeito da interação híbrido de milho × modalidade de cultivo × local de amostragem. A TCA foi superior nos pontos de amostragem B e C, onde ocorreram maiores RFA, sendo que os demais pontos estudados não diferiram entre si (Tabela 7). Pelos resultados observados de TCA, fica evidente a dependência da cultura do milho por RFA para expressar o seu potencial produtivo. Oliveira et al. (2013), estudando o desempenho agrônômico de milho cultivado sobre palhada de feijão comum, milheto e *Urochloa brizantha* a pleno sol, constataram valores nas taxas de crescimento de 45,90 g dia<sup>-1</sup>; 36,40 g dia<sup>-1</sup>; 31,70 g dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

A análise de crescimento permite também acompanhar o padrão de distribuição dos produtos fotossintetizados durante o desenvolvimento da cultura (Hume e Campbell, 1972). Em milho, praticamente todo produto fotossintetizado é originário das folhas (Allison e Watson, 1966; Duncan, 1975; Magalhães e Silva, 1978), sendo que parte é utilizada para o crescimento das mesmas e, parte exportada para outros órgãos. A capacidade fotossintética das folhas e a forma de distribuição dos produtos para os diversos órgãos condicionam a produtividade das

culturas.

**TABELA 7.** Valores médios dos três híbridos de milho para a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de assimilação líquida (TAL) em diferentes locais de amostragem.

Índices Crescimento <sup>/1</sup>	Locais de amostragem					CV <sup>/2</sup>
	A	B	C	D	E	
TCA (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>/3</sup>	33,58 B	39,12 A	41,12 A	29,46 B	25,50 B	38,80
TCR (g g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,41 A	0,42 A	0,43 A	0,40 B	0,39 B	7,04
TAL (g dm <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )	236,60 B	276,33 A	296,00 A	203,66 B	176,46 B	43,19

<sup>/1</sup>Dados referentes ao final do ciclo da cultura, 105 dias após a emergência. <sup>/2</sup>Coefficiente de variação.

<sup>/3</sup>Letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Da mesma maneira, a TCR foi reduzida nos locais de amostragem com menor RFA (A, D, E), resultando posteriormente em menores índices de crescimento. Além disso, pode-se observar que os pontos mais distantes das copas dos eucaliptos obtiveram resultados superiores aos demais locais de amostragens estudados, pois ocorreu maior penetração de luz no sub-bosque.

A TAL mede a eficiência fotossintética de uma planta (Fitter e Hay, 1981) e, segundo Magalhães (1985) é uma estimativa da fotossíntese. Essa taxa representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido por meio da respiração (Pereira e Machado, 1987).

Desta maneira, considerando a TAL como a estimativa da eficiência fotossintética, pode-se inferir que a RFA também interferiu nesta variável. A TAL foi maior nos locais de amostragem B e C. Nos demais pontos de amostragem, a diminuição de RFA proporcionou evidente redução na TAL. Os resultados demonstraram a extrema necessidade de RFA pela cultura do milho, com finalidade de aumentar a eficiência fotossintética, proporcionando ganhos de crescimento e aumento na produtividade de grãos.

O híbrido 9005 PRO obteve os melhores resultados de TAL e IAF, sendo que os demais híbridos não diferiram entre si (Tabela 8). Percebeu-se que o híbrido 9005 PRO, visualmente, apresentou-se mais vigoroso que os demais híbridos estudados, sendo possível observar as lâminas foliares mais largas e compridas. Considerando as variáveis de TAL e IAF, notamos que este híbrido é um material

promissor ou alternativo de rotação de culturas no sistema de ILPF, considerando a região, época de semeadura e condições de condução do experimento.

A TAL é influenciada diretamente pelo IAF, pois durante o crescimento, os fotoassimilados das folhas (fonte) são, em parte, utilizados no crescimento. De acordo com Camacho et al. (1995), o IAF é um importante parâmetro biofísico para analisar a quantidade de RFA absorvida. O aumento no IAF proporciona aumento de produção de biomassa pela planta, mas devido ao autosombreamento, a taxa fotossintética por unidade de área foliar diminui (Lucchesi, 1987).

**TABELA 8.** Resultados médios da taxa de assimilação líquida (TAL) e índice de área foliar (IAF) de três híbridos de milho nas condições de sombreamento.

Índices de crescimento <sup>1</sup>	Híbrido			CV <sup>2</sup>
	<i>390 PRO</i>	<i>9005 PRO</i>	<i>2B707 HX</i>	
TAL (g dm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	219,53 B	273,00 A	221,00 B	43,19
IAF	2,38 AB	2,86 A	2,35 B	37,54

<sup>1</sup>Letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação.

O IAF, por expressar a proporção de cobertura do solo, é um importante fator a ser considerado para a definição das práticas de manejo. Este índice é utilizado como parâmetro nos estudos do desenvolvimento vegetal e análise de crescimento, sendo de grande importância na avaliação de características agrônomicas na cultura do milho (Afférrri et al., 2002). O IAF dos híbridos avaliados ficou baixo, devido às condições de sombreamento que interferiu negativamente no aumento da área foliar.

Ferreira et al. (2014), estudando a eficiência de uso da radiação em cultivos de milho em Alagoas, concluíram que a eficiência é influenciada diretamente pelo IAF. Segundo Lopes et al. (2009), em estudo sobre a análise de crescimento e de trocas gasosas nos efeitos do plantio direto e convencional na cultura de milho após cultivo de triticales, verificaram que o maior IAF proporcionou maior taxa de crescimento da cultura de milho em plantio convencional.

A aplicação e compreensão da análise de crescimento podem facilitar o entendimento do comportamento das plantas e a avaliação dos efeitos de variações ambientais sobre as mesmas. As determinações da TCA, TCR, TAL e IAF também

podem auxiliar na compreensão do comportamento fisiológico da planta em sistemas integrados de produção agrícola, como o ILPF.

Em relação ao IAF e produtividade de massa seca total (PMST) das plantas de milho, houve efeito da interação entre modalidades de cultivo × locais de amostragem. No milho em monocultivo, os locais de amostragem B e C foram semelhantes, enquanto nos demais pontos de amostragem, apresentaram valores inferiores no IAF (Tabela 9). No sistema consorciado de milho com o capim-piatã, apenas o local de amostragem E obteve menor valor de IAF.

**TABELA 9.** Interação das modalidades de cultivo e os cinco locais de amostragem para as variáveis de índice de área foliar (IAF) e produtividade de massa seca total da planta de milho (PMST), média dos três híbridos estudados aos 105 dias após a emergência.

Modalidade <sup>/1</sup>	Local de amostragem					C.V
	A	B	C	D	E	
	IAF					
Monocultivo	2,20 Ab	3,17 Aa	2,87 Aa	1,93 Ab	2,31 Ab	37,54
Consórcio capim-piatã	2,86 Aa	2,41 Aa	3,09 Aa	2,61 Aa	1,85 Ab	
	PMST (kg ha <sup>-1</sup> )					
Monocultivo	7.961 Ab	10.230 Aa	11.696 Aa	5.741 Bc	5.895 Ac	21,94
Consórcio capim-piatã	8.770 Ab	9.472 Ab	11.102 Aa	7.953 Ac	6.169 Ad	

<sup>/1</sup>Letras diferentes minúscula na linha e maiúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e Tukey, respectivamente, a 5% de probabilidade.

Nota-se que não houve diferença no IAF entre os sistemas de cultivo nos diferentes locais de amostragem. Já para a cultura do milho, o IAF ideal é 5, indicando que o sombreamento imposto pelas condições deste experimento foi restritivo para o desenvolvimento da cultura deste grão. Camacho et al. (1995) relataram que cerca de 50% dos carboidratos acumulados nos grãos de milho são produzidos pelas folhas localizadas no terço superior da planta.

A consorciação com o capim-piatã não interferiu significativamente no IAF do milho (Tabela 9). Mendes et al. (2013), avaliando a influência do sombreamento nas características do milho, relataram que as plantas sob a copa do pau-branco (*Cordia*

*oncocalyx*), cultivado a 1 e 2 m do caule, tiveram suas trocas gasosas, altura e produção de massa seca afetadas pelas árvores.

As plantas cultivadas a 3 m do caule tiveram desempenho semelhante ao observado no cultivo tradicional. As plantas cultivadas a 4 m apresentaram maior fotossíntese, condutância estomática, transpiração, altura e produção de massa seca. As plantas de milho sob a copa são afetadas negativamente pelo sombreamento das árvores, enquanto as plantas fora da copa podem se beneficiar da presença das árvores no sistema. Com a diminuição da taxa de radiação, a absorção de fótons é diminuída, o transporte eletrônico é afetado e a etapa fotoquímica, bem como a fotossíntese, é alterada. Vale ressaltar que o IAF depende da fertilidade do solo, das condições climáticas, do espaçamento adotado e do genótipo utilizado.

Verificou-se que para produtividade de massa seca total (PMST) das plantas de milho, ocorreu interação entre local de amostragem x modalidade de cultivo. Observou-se que na modalidade de cultivo do milho em monocultivo, os locais de amostragem mais distantes da copa das árvores (B e C) obtiveram as maiores PMST, com valores acima de 10.000 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 9). No sistema consorciado, o local de amostragem C destacou-se com a PMST superior aos demais locais de amostragem estudados. Notou-se também, que a condição de sombreamento causou redução severa na PMST, pois a demanda por radiação solar não foi suficiente para a cultura expressar seu potencial produtivo.

### **Características agronômicas do milho**

Na Tabela 10, observou-se que a quantidade de serrapilheira sobre o solo foi superior nos locais de amostragem B; C; D. A palhada residual é de suma importância para conservação do solo, para a manutenção de conteúdo de água no solo, ciclagem de nutrientes, redução da erosão e aumento de matéria orgânica no solo.

Os resultados de serrapilheira demonstraram a coerência com os índices de crescimento expressos pela cultura do milho, em relação aos locais de amostragem, pois as plantas mais desenvolvidas resultam em aumento de aporte de palhada no solo após a colheita. Além disso, as plantas com arquitetura bem distribuída e IAF superior, protegem o solo e evitam a incidência de raios solares

diretamente em sua superfície.

**TABELA 10.** Valores médios dos três híbridos de milho para a serrapilheira sobre o solo (SER), diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP) e a altura de inserção da espiga principal (AIEP) em diferentes locais de amostragem.

Variável <sup>1</sup>	Local de amostragem					CV <sup>2</sup>
	A	B	C	D	E	
	23					
SER (g m <sup>-2</sup> )	9,23 B	299,07 A	354,04 A	334,82 A	206,29 B	39,77
DC (cm)	14,12 B	17,23 A	17,77 A	14,22 B	14,81 B	11,18
AP (cm)	164,79 B	180,75 A	187,12 A	162,08 B	152,62 C	07,54
AIEP (cm)	73,33 C	88,69 B	93,82 A	77,03 C	72,12 C	10,84

<sup>1</sup>Letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação.

Segundo Tapia-Coral et al. (2005), a serrapilheira desempenha funções relevantes, tais como a redução da perda de água por evaporação, flutuação da temperatura na superfície do solo, proteção dos solos contra erosão, excesso de luz, compactação e lixiviação, funcionando também como reservatório de nutrientes. Estudos têm demonstrado que as quantidades totais de serrapilheira produzida em florestas tropicais no Brasil variam de 240 g m<sup>-2</sup> (Neto, 2001) a 990 g m<sup>-2</sup>.

Nos pontos de amostragem (B e C) que receberam em torno de 90% de RFA durante o ciclo do milho, foi constatado maiores diâmetros de colmo (DC) (Tabela 10). O sombreamento exercido pelas plantas de eucalipto foi desfavorável para o desenvolvimento do milho e interferiu negativamente no DC. Os resultados verificados na pesquisa foram inferiores aos encontrados por Pariz et al. (2011) em Selvíria-MS, com milho consorciado com quatro espécies de *Urochloa* (*U. brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens*, *U. ruziziensis* e *U. híbrida* cv. Mulato II nas condições de pleno sol, consorciadas na linha e a lanço no momento da semeadura do milho, cujo valores de DC foram superiores a 20 mm.

Fiorentin et al. (2012) verificaram 20,4 mm de DC para o milho consorciado com *U. ruziziensis* e 21,9 mm para o milho em monocultivo. Torres et al. (2013), avaliando os efeitos dos diferentes espaçamentos entre linhas e híbridos de milho

nos componentes da produção e produtividade da cultura na região de Cerrado do Mato Grosso do Sul, obtiveram resultados de 21,10 mm no DC.

O DC é de suma importância, pois colmos com diâmetro acima de 20 mm proporcionam eficiência na translocação de fotoassimilados para a produção de espigas mais pesadas. Plantas com colmos mais finos possuem menor capacidade de translocação de nutrientes e tornam-se mais susceptíveis ao tombamento pelo efeito do vento, das chuvas e do trânsito de maquinários e implementos (Pariz et al., 2011). Ademais, plantas com colmos mais finos resultam em menor ganho de massa seca, pois se trata de uma estrutura destinada ao armazenamento intermediário de fotoassimilados que poderão ser transportados naturalmente à espiga (Fiorentin et al., 2012).

No que se refere à altura das plantas (AP) de milho, verificou-se que a RFA causou variações significativas no crescimento destas (Tabela 8). Por outro lado, nos locais de amostragem onde ocorreu RFA em torno de 90% (B e C), as AP foram de 180,75 e 187,12 cm, respectivamente. Azevedo et al. (2010a) estudaram a cultura do milho implantada no sistema integração lavoura-pecuária-floresta, consorciada com a Teca, obtiveram AP de milho em torno de 152 cm.

Diferentemente de Azevedo et al. (2010a), Silva et al. (2010a; 2010b) encontraram para o milho em ILPF, consorciado com eucalipto e mogno AP de 219 e 218 cm, seguidamente. Vale ressaltar que plantas maiores acumulam mais nutrientes, e podem levá-los para as espigas na época de enchimento dos grãos, bem como, após a colheita, depositar maior quantidade de palha no solo (Pariz et al., 2011), o que contribuirá para o aumento do teor de matéria orgânica do e a ciclagem de nutrientes.

Corroborando, Mendes et al. (2013) observaram que as plantas de milho apresentam maior altura à medida que se aumentou a distância das árvores de pau-branco. As plantas mais altas foram encontradas no tratamento a 4 m de distância das árvores, que estiveram completamente fora da copa.

A altura de inserção da espiga principal (AIEP) foi influenciada pela quantidade da RFA, sendo que no local C foi observado o maior valor (93,82 cm). Os locais de amostragem A, D e E apresentaram AIEP abaixo de 80 cm que pode ser prejudicial na colheita mecanizada. Resultados inferiores foram encontrados por Azevedo et al. (2010a), nas condições de sombreamento com as plantas de Teca observaram resultados de AIEP de 65 cm na cultura do milho, considerando o

primeiro ano de avaliação do sistema de ILPF.

No entanto, em trabalho realizado por Silva et al. (2010a; 2010b) com milho consorciado com eucalipto e mogno, verificou AIEP de 116 cm para os dois sistemas de consórcio, sendo este resultado superior aos evidenciados no presente estudo.

### **Componentes da produção da cultura do milho**

Nos componentes da produção do milho, não houve efeito da interação híbrido de milho x modalidade de cultivo x ponto de amostragem. A produtividade média foi de 4.253 kg ha<sup>-1</sup>, independente do híbrido utilizado, local de amostragem e modalidade de cultivo. Pode-se inferir que, esta produtividade ficou apenas 16% abaixo da estimativa nacional de produtividade (5.097 kg ha<sup>-1</sup>) para o milho de 1ª safra realizada na safra 12/13. Enquanto para Mato Grosso do Sul a média estadual foi de 7.700 kg ha<sup>-1</sup>, bem superior à média nacional (CONAB, 2015).

A cultura do milho no sistema agrossilvipastoril é uma alternativa viável para o agricultor, pois no momento da colheita todos os locais de amostragem serão colhidos. Vários trabalhos realizados com o consórcio de milho e forrageiras para condições de pleno sol mostraram que, na média, a presença da forrageira reduziu a produtividade em aproximadamente 5% (Kluthcouski e Aidar, 2003; Freitas et al., 2005; Garcia et al., 2013).

Para produtividade de grãos (PROD), destacou-se o ponto C com 5.833 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 11), que durante o crescimento da cultura foi beneficiado com RFA em torno de 92%. Fica evidente que a RFA deve ser fornecida de forma homogênea e regular durante os períodos vegetativos e reprodutivos, visando o aumento de produtividade dos híbridos avaliados nas condições de sombreamento. A maior produtividade de milho é obtida em épocas de semeadura em que ocorrem as maiores relações possíveis entre a radiação solar e as temperaturas incidentes até o espigamento (Didonet et al., 2002).

De acordo com Azevedo et al. (2010a) em estudo realizado no Município de Terra Alta-PA, cujo o objetivo foi avaliar o desempenho dos componentes agrícolas e da espécie florestal Teca (*Tectonia grandis* L.) em um sistema de ILPF, verificaram a produtividade do milho de 3.484 kg ha<sup>-1</sup>. Azevedo et al. (2010b), em outro experimento de milho integrado com Mogno, observaram a produtividade de 3.095

kg ha<sup>-1</sup>, os resultados destes autores são bem inferiores a presente pesquisa.

**TABELA 11.** Valores médios dos componentes da produção para os três híbridos de milho 1<sup>a</sup> safra, em diferentes locais de amostragem sob condições de sombreamento por plantas de eucaliptos.

Componentes da produção <sup>1</sup>	Local de amostragem					CV <sup>2</sup>
	A	B	C	D	E	
Produtividade (PROD; kg ha <sup>-1</sup> )	4.286 C	5.026 B	5.833 A	3.533 D	2.585 E	21,86
Índice de espiga (IE)	0,88 A	0,92 A	0,94 A	0,90 A	0,76 B	11,31
Índice de colheita (IC; %)	52 A	51 A	51 A	52 A	44 B	14,01
Massa de 1.000 grãos (MMG; g)	298 B	310 A	309 A	280 C	269 C	6,81
Massa de grãos (MGE; g)	108,09 B	134,54 A	140,64 A	95,69 C	68,43 D	17,79
Nº grãos por espiga (NGE)	363 B	433 A	457 A	341 B	252 C	14,60
Peso hectolitro (HEC; kg hL <sup>-1</sup> )	71,74 B	73,10 A	73,64 A	71,48 B	67,80 C	4,49

<sup>1</sup>Letras diferentes, na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação.

Vieira et al. (2011) avaliaram a produtividade e os custos de produção de milho safrinha em consórcio com capim, para a região de cerrado de Rondônia, especificamente para o município de Vilhena-RO. Foram utilizadas duas cultivares de milho, BRS 1055 e BRS 1060, em consórcio com o capim *Urochloa ruzizienses*, na safrinha de 2011. As produtividades obtidas foram de 2.196 kg ha<sup>-1</sup> para o milho híbrido BRS 1055 e 1.888 kg ha<sup>-1</sup> para o híbrido BRS 1060. Os autores concluíram que a cultura do milho safrinha em consórcio com o capim *U. ruzizienses*, em plantio direto, inserido no sistema ILPF, se mostrou tecnicamente viável, remunerou o custos de produção e apresentou lucro, nesta condição de produção.

Segundo Perin et al. (2010), que estudaram a influência da disponibilidade de luz no sub-bosque na produtividade de grãos de milho em área utilizada no sistema agrossilvipastoril com Mogno (*Swietenia macrophylla*) disposto em duas linhas centrais. Estes autores avaliaram a incidência de radiação solar com sensores a pleno sol e no sub-bosque a distâncias de 0, 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5; e 9,0 m das fileiras de mogno. De acordo com estes autores a baixa oferta de luz próximo as linhas de árvores afetou negativamente a produtividade do milho, que variou linearmente com o distanciamento das árvores, produzindo aproximadamente 7

vezes mais no ponto mais distante das árvores do que no ponto mais próximo. A produtividade média obtida para estes autores foi de 2.200 kg ha<sup>-1</sup>, sendo muito inferior aos 4.253 kg ha<sup>-1</sup> da presente pesquisa.

De acordo com Viana et al. (2014), a partir do segundo ano de implantação do sistema de ILPF a produtividade de grãos do milho consorciado com eucalipto é influenciada pela distância entre os renques de árvores. Concluíram também, os autores acima citados, que o espaçamento de 20 m entre as linhas das plantas possibilita rendimento satisfatório do milho até no máximo o terceiro ano de consórcio.

De forma semelhante, Macedo et al. (2006) encontraram produtividade de grãos de milho superior no sistema consorciado com eucalipto nas linhas centrais, mais distantes das árvores, ou seja, a produtividade média de milho nas linhas centrais de plantio, a 4,5 e 5,4 m das árvores, foi maior que a obtida na distância de 1,8 e 2,7 m.

Por outro lado, em trabalho realizado por Martins et al. (2013), foram observadas diferenças significativas nas produtividades de grãos e de palhada entre os tratamentos com árvores (CA: cultivos entre fileiras de gliricídia ou maniçoba) e sem árvores (SA), sendo que o sistema SA produziu 243% a mais de grãos que o sistema CA. No semi-árido paraibano, Pérez-Marin et al. (2007) observaram redução significativa no sistema CA em relação ao SA na ordem de 164 e 77% para produtividade de grãos e palhada, respectivamente.

Avaliando a produtividade do milho em sistemas agroflorestais, Siriri et al. (2010) constataram redução maior que 50% na produtividade de grãos quando consorciada com *Calliandra calothyrsus*. Os valores de IC (índice de colheita) variaram de 44 a 52%, podendo ser considerado dentro da faixa aceitável (Tabela 11).

Conforme dados relatados (Doorenbos e Kassam, 1994), o índice de colheita do milho (grãos) varia de 35 a 65%, e o valor de 50% é considerado satisfatório. Vale ressaltar que, o IC representa a fração de produtividade de grãos em relação à massa seca total da planta, sendo um indicativo da eficiência com que a planta converte a produção total de fitomassa acima do solo em produção total de parte colhida e comercializada da cultura. No ponto E, a partir do estágio reprodutivo, os níveis de RFA foram diminuindo gradativamente, principalmente na fase de

enchimento de grãos, reduzindo a produtividade da cultura. Observou-se que níveis abaixo de 50% de luz interceptada pelas plantas interferiram negativamente nas relações entre a fonte e o dreno, na distribuição e acúmulo de massa seca da planta.

Muthuri et al. (2005), cultivando milho consorciado com diversas espécies arbóreas no Quênia, observaram que a presença das árvores (CA) afetou mais a produtividade de grãos do que a de palhada influenciando diretamente no IC do milho. Esses resultados diferiram de Martins et al. (2013) que ao comparar o IC, encontraram no sistema CA (28%) e sistema SA (33%).

Ocorreu decréscimo no índice de espigas por planta à medida que se diminuía a RFA disponível as plantas, principalmente no local de amostragem E. O IE demonstrou dependência fisiológica de níveis de RFA para a cultura desempenhar adequadamente seu potencial produtivo. O IE é um importante indicativo da capacidade dos híbridos modernos em suportar maiores populações, sem diminuir a emissão e manutenção das espigas (Brachtvogeli et al., 2009).

Os locais de amostragem B e C, mais distantes da copa das árvores de eucalipto receberam níveis acima de 90% de RFA e obtiveram maiores MMG e NGE (Tabela 11), provavelmente a penetração de luz no sub-bosque, favoreceu o aumento destes parâmetros avaliados.

Os locais de amostragem B e C apresentaram maiores valores de MGE e PH (Tabela 11). O local de amostragem E recebeu a menor RFA durante o período reprodutivo e, provocou a redução da MGE. Desta forma, fica evidente que o milho, uma planta  $C_4$ , é muito dependente da radiação solar para obter incremento na produtividade.

Nos diferentes locais de amostragem foi observado que, a RFA interferiu no peso hectolitro, pois nos pontos de maior RFA foram registrados os valores mais elevados para PH. O peso hectolitro é uma característica varietal influenciada pelo clima, solo, adubação, sistema de culturas, ocorrência de insetos e de doenças, maturidade da semente, beneficiamento, grau de umidade da semente e tratamento químico (BRASIL, 2009).

Houve efeito de híbrido sobre os componentes da produção (Tabela 12). O híbrido 9005 PRO apresentou maior produtividade, sendo apenas 5% menor que a média brasileira ( $5.097 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Resultado superior foi encontrado por Silva et al. (2010a) que estudaram o milho consorciado com eucalipto, observaram a

produtividade do milho de 6.093 kg ha<sup>-1</sup>, no município de Paragominas-PA. Para o milho consorciado com mogno a produtividade foi de 5.764 kg ha<sup>-1</sup> (Silva et al., 2010b).

**TABELA 12.** Valores médios dos componentes da produção dos três híbridos simples de milho 1<sup>a</sup> safra nas condições de sombreamento por plantas de eucalipto.

Componentes da produção <sup>1</sup>	Híbrido			CV <sup>2</sup>
	390 PRO	9005 PRO	2B707 HX	
Produtividade (PROD; kg ha <sup>-1</sup> )	3.902 B	4.781 A	4.075 B	21,86
Rendimento de espiga (RE; %)	81 A	80 B	79 C	1,94
Massa 1.000 grãos (MMG; g)	291 B	332 A	257 C	6,81
Massa grãos espiga (MGE; g)	100,3 B	126,07 A	102,7 A	17,79
Nº de grãos por espiga (NGE)	341 B	376 A	390 A	14,60
Peso hectolitro (PH; kg hL <sup>-1</sup> )	71,49 B	73,63A	69,53 C	4,49

<sup>1</sup>Letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>CV: coeficiente de variação.

Pariz et al. (2011), comparando modalidades de consórcio da cultura do milho com espécies forrageiras do gênero *Urochloa*, observaram que a produtividade de grãos de milho, quando consorciado com quatro espécies de *Urochloa* (*U. brizantha* cv. marandu, *U. decumbens*, *U. ruziziensis* e *U. híbrida* cv. Mulato II) na linha nas condições de pleno sol, foi superior na produtividade em 1.062 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, com média de produtividade em torno de 7.000 kg ha<sup>-1</sup>. Tal resultado pode ser atribuído à maior massa de grãos por espiga, mostrando o efeito deste atributo na produtividade de grãos.

De outra forma, em trabalho realizado por Ceccon et al. (2012), avaliando a produtividade de resíduos das espécies e de grãos de soja e de milho 2<sup>a</sup> safra em sucessão, consorciado com *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa decumbens* cv. Basilisk, *Urochloa ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, crotalária juncea, guandu, sorgo e o milho em monocultivo, verificaram que a produtividade de grãos e palha de milho não foi influenciada pelas forrageiras (*Urochloa*, *Panicum*, *Sorghum* e *Cajanus cajan*) em consorciação, sendo que o milho em monocultivo obteve produtividade de 4.000 kg ha<sup>-1</sup>.

No rendimento de espiga (RE), o híbrido 390 PRO foi superior aos demais híbridos avaliados (Tabela 12). Vale ressaltar que, os híbridos simples utilizados no experimento não foram desenvolvidos para a condição de sombreamento. Desta forma, uma opção seria utilizar espaçamentos maiores entre as fileiras dos eucaliptos, a fim de proporcionar penetração de luz no sub-bosque, aumentando assim a incidência de RFA e eficiência da fotossíntese.

Os híbridos 9005 PRO e 2B707 HX apresentaram maiores MMG, MGE e NGE em condição de sombreamento (Tabela 12). O híbrido 9005 PRO demonstrou alta estabilidade de produção, uniformidade de plantas e espigas e ainda, espigas decumbentes no final do ciclo. Os valores para PROD verificados na pesquisa sob condições de sombreamento estão abaixo do reportado na literatura, nas condições de pleno sol.

Garcia et al. (2013) verificaram valores superiores de MMG e PROD, 357 g e 6.750 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Da mesma forma, Gazola et al. (2013), estudando o cultivo do milho consorciado com duas espécies de *Urochloa* (*U. brizantha* cv. Marandu e *U. ruziziensis*) em Selvíria-MS nos anos de 2009 e 2010, observaram produtividade de 7.138 e 7.365 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, sendo estes valores superiores aos verificados no presente trabalho.

O híbrido 2B707 HX obteve a menor MMG, que foi inferior ao híbrido 9005 PRO. Este híbrido possui alto potencial produtivo e qualidade de colmo. É indicado para semeadura na primeira e segunda safra nas regiões tropicais e subtropicais, entretanto em condições adversas de sombreamento não obteve um bom desempenho.

Com relação aos componentes da produção, o híbrido 9005 PRO se destacou entre os híbridos avaliados nas condições de sombreamento, pois na maioria das características observadas, apresentou resultados superiores aos demais híbridos estudados. O híbrido 9005 PRO também se destacou no peso hectolitro, alcançando resultados próximos do preconizado para o milho que fica acima de 75 kg hL<sup>-1</sup>.

Ao avaliar o efeito do sombreamento de árvores sobre a produtividade do milho, em sistema agroflorestal, Ding e Su (2010) concluíram que ocorreu queda na produtividade das plantas sombreadas, em comparação às que estavam completamente expostas ao sol, o que pode ser relacionado às alterações na RFA, à temperatura do ar e à concentração de CO<sub>2</sub>.

Resultados semelhantes foram observados por Lacerda et al. (2010), onde o milho, por se tratar de uma planta C<sub>4</sub>, teve resultados melhores de crescimento, em comparação com o feijão que é uma espécie C<sub>3</sub>, tanto no ambiente protegido, como a pleno sol.

Um dos fatores que geram perdas na produtividade de grãos é a porcentagem de grãos fermentados (Tabela 13). O sombreamento aumentou a porcentagem desses grãos com valor 3,26 vezes maior que a porcentagem encontrada na testemunha (18,84%). No momento da colheita ocorreram 331,21 mm de precipitação pluviométrica, ou seja, 41,40% do total das chuvas foram concentradas na fase final do ciclo de desenvolvimento da cultura do milho, o que aliado ao sombreamento, conforme mencionado anteriormente favoreceu o processo fermentativo dos grãos.

**TABELA 13.** Média dos resultados (%) da classificação física de grãos de milho, no sistema agrossilvipastoril.

Tipo de defeito	Grãos avariados
Ardidos	0,01
Mofados	5,94
Fermentados	13,54
Germinados	1,11
Chochos e Imaturos	0,28
Gessados	0,00
Total de Avariados	20,10
Carunchados	0,23

Os grãos fermentados (ardidos e mofados) são consequência do conteúdo de água e presença de fungos nos mesmos. Vale ressaltar que, no momento da colheita ocorreram chuvas que totalizaram 331,21 mm, ou seja, cerca de 40% de toda precipitação do período. A infecção por fungos afeta a qualidade dos grãos também pela produção de micotoxinas, que ocasionam danos à saúde, tanto humana, quanto animal, em razão da atividade tóxica que podem exercer sobre o organismo (Kumar et al., 2008).

A porcentagem de grãos fermentados encontrada poderia acarretar perdas maiores na produtividade caso a colheita fosse mecanizada. A umidade dos grãos

no momento da classificação física variou de 10 a 12%, ou seja, dentro dos padrões para manutenção da qualidade física e química dos grãos. Cabe destacar, que no ano agrícola 2012/2013, ocorreu excesso de chuva no mês de abril, com precipitações bem superiores à média histórica para a região (Figura 1), coincidindo com o momento de colheita do milho, o que resultou em perda da qualidade.

As amostras de milho enquadraram-se como Fora de Tipo, conforme a Instrução Normativa Nº 60/2011 (BRASIL, 2011), principalmente pela grande porcentagem de grãos fermentados, que ultrapassou 67% do total de avariados. A comercialização de grãos de milho com a presença de grãos fermentados acima da tolerância estabelecida fica comprometida em razão da qualidade desses grãos, o que poderá comprometer a segurança alimentar, tanto para a utilização humana como animal na forma de grãos e subprodutos. Os grãos que enquadram na condição de avariados podem apresentar alteração na cor, sabor ou até presença de toxinas que inviabilizará seu uso.

### **3.4 CONCLUSÕES**

O sombreamento exercido pelas plantas de eucalipto nos locais de amostragem próximos das árvores prejudicou todos os parâmetros avaliados da cultura do milho, por causa da redução de incidência solar no milho.

A radiação fotossinteticamente ativa é o principal fator que interferiu nos índices de crescimento e nos componentes da produção do milho.

Os locais de amostragem mais distantes das árvores proporcionaram a penetração de luz às plantas de milho, e assim favoreceram o aumento dos índices de crescimento e a produtividade de grãos.

### 3.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFÉRI, F.S.; DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. (2002) Relação entre IAF e altura de planta em três híbridos de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: EMBRAPA, CNPMS, 2002, p.108.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 208p. Irrigation and Drainage paper, 56.
- ALLISON, J.C.S.; WATSON, D.J. The production and distribution of dry matter in maize after flowering. **Annals of Botany**, Londres, v.30, p.365-381, 1966.
- AZEVEDO, C.M.B.C.; SILVA, A.R.; ALVES, L.W.R.; FERNANDES, P.C.C.; CARVALHO, E.J.M.; VELOSOS, C.A.C.; OLIVEIRA JUNIOR, M.C.M.O.; SILVEIRA FILHO, A. Desempenho dos componentes agrícolas e da Teca (*Tectonia grandis* L.F) em sistema de integração lavoura- pecuária-floresta no Município de Terra Alta - PA. In: I Workshop sobre integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia. Vilhena. EMBRAPA, (EMBRAPA, **Série Documentos nº 141**), 2010a.
- AZEVEDO, C.M.B.C.; SILVA, A.R.; ALVES, L.W.R.; FERNANDES, P.C.C.; CARVALHO, E.J.M.; VELOSOS, C.A.C.; OLIVEIRA JUNIOR, M.C.M.O.; SILVEIRA FILHO, A. Desempenho dos componentes agrícolas e do Mogno Africano (*Khaya ivorensis*) em sistemas de integração-lavoura-pecuária-floresta no Município de Terra Alta - PA. In: I Workshop sobre integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia. Vilhena. EMBRAPA, (EMBRAPA, **Série Documentos nº 141**), 2010b.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; SILVA, V.P.; MORAES, A.; MARTINEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1-13, 2011.
- BEHLING NETO, A. **Caracterização da forragem de capim-piatã e do microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, com dois arranjos de**

**árvores de eucalipto.** 2012. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, FAMEV/UFMT, Cuiabá, 2012.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; KRÜGER, C.A.M.B.; HECKLER, B.M.M.; COMIRAN, F. Intercepted solar radiation by maize crops subjected to different tillage systems and water availability levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1331-1341, 2010.

BRACHTVOGELI, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; BICUDO, S.J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, 2009.

BRASIL - Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011**, Diário Oficial da União, de 23 de dezembro de 2011. Seção I, p. 16, Brasília, 2011.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CAMACHO, R.G.; GARRIDO, O.; LIMA, M.G. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*zea mays* L.) En relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.2, p.294-298. 1995.

CECCON, G.; STAUT, L.A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L.A.Z.; NUNES, D.P.; ALVES, V.B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v.37, p.204-212, 2012.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2015.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O.; MÁRIO, J.L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.933-938, 2002.

DING, S.; SU, P. Effects of tree shading on maize crop within a Poplar-maize compound system in Hexi Corridor oasis, northwestern China. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v.80, p.117-129, 2010.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water.** FAO Irrigation and Drainage Paper 33. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 1979. 193p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO. Irrigação e drenagem, 33). Tradução de H.R. Gheyi, A.A. de Souza, F.A.V. Damasco, J.F. de Medeiros.

DUNCAN, W.G. Maize. In: EVANS, L.T. **Crop Physiology: some case histories**. London, Cambridge University Press, 1975. p.23-50.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 4. ed. Piracicaba: Livro Ceres, 2004. 306p.

FAO – **Food and Agriculture Organization**, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org.br>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v.6, n.2, p.36-41, 2008.

FERREIRA JUNIOR, R.A.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; LYRA, G.B.; SOUZA, R.C.; ARAÚJO NETO, R.A. Eficiência do uso da radiação em cultivos de milho em Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.322–328, 2014.

FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D.; JARDIM, C.A. Influência da consorciação com *Brachiaria ruziziensis* e do nitrogênio residual na cultura do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.35, n.1, p.184-192, 2012.

FITTER, A.H.; HAY, R.K.M. **Environmental physiology of plants**. New York: Academic Press, 1981.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SANTOS, M.V.; AGNES, E.L.; CARDOSO, A.A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.49-58, 2005.

FUENTES, J.D.; KING, K.M. Leaf photosynthesis and leaf conductance of maize grown hydroponically and in soil under field conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v.45, p.155-166, 1989.

GARCIA, C.M.P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; CELESTRINO, T.S.; LOPES, K.S.M. Desempenho agrônômico da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.4, 2013.

GAZOLA, R.N.; MELO, L.M.M.; DINALLI, R.P.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GARCIA, C.M.P. Sowing depths of *Brachiaria* in intercropping with corn in no tillage planting. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.157-166, 2013.

LACERDA, C.F.; CARVALHO, C.M.; VIEIRA, M.R.; NOBRE, J.G.A.; NEVES, A.L.R.; RODRIGUES, C.F. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.1, p.18-24, 2010.

LINDSEY, A.A.; NEWMAN, J.E. Use of official weather data in spring time - temperature analysis of an Indiana phenological record. **Ecology**, Washington, v.37,

n.4, p.812-823, 1956.

HUME, D.J.; CAMPBELL, D.K. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v.52, p.363-368, 1972.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

KANG, H.; SHANNON, D.A.; PRIOR, S.A.; ARRIAGA, F.J. Hedgerow pruning effects on light interception, water relations and yield in alley-cropped maize. **Journal of Sustainable Agriculture**, Lincoln, v.31, p.115-137, 2008.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. v.1, cap. 7, p.185-223.

KUMAR, V.; BASU, M.S.; RAJENDRAN, T.P. Mycotoxin research and mycoflora in some commercially important agricultural commodities. **Crop Protection**, Amsterdã, v.27, p.891-905, 2008.

LOPES, J.P.; MACHADO, E.C.; DEUBER, R.; MACHADO, R.S. Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.839-848, 2009.

LUCCHESI, A.A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987, p.1-2.

MACEDO, R.L.G.; BEZERRA, R.G.; VALE, R.S.; OLIVEIRA, T.K. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.701-709, 2006.

MANFRON, P.A.; LAZZAROTO, C.; MEDEIROS, S.L.P. Trigo: aspectos agrometeorológicos. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.23, n.2, p.237-239, 1993.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2.ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1985. v.1, cap.8, p.333-350.

MAGALHÃES, A.C.N.; SILVA, W.J. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. São Paulo: Fundação Cargill 1978. p.349-375.

MARTINS, J.C.R.; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SANTOS, A.F.; NAGAI, M.A. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.6, p.581-587, 2013.

- MENDES, M.M.S.; LACERDA, C.F.; CAVALCANTE, A.C.R.; FERNANDES, F.E.P.; OLIVEIRA, T.S. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.10, p.1342-1350, 2013.
- MUTHURI, C.W.; ONG, C.K.; BLACK, C.R.; NGUMI, V.W.; MATI, B.M. Tree and crop productivity in Grevillea, Alnus and Paulownia-based agroforestry systems in semi-arid Kenya. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v.212, p.23-39, 2005.
- NETO, T.A.C.; PEREIRA, M.G.; CORREA, M.E.F.; ANJOS, L.H.C. Deposição de liteira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.8, p.70-75, 2001.
- OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; PORTES, T.A. Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.3, p.239-246, 2013.
- OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.C.; VENTURIN, N.; BOTELHO, S.A.; HIGASHIKAWA, E.M.; MAGALHÃES, W.M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, Lavras, v.13, n. 1, p. 40-50, 2007.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; FERNANDES, P.B. MÜLLER, M.C.; PIRES, M.F.A.; FERNANDES, E.N.; XAVIER, D.F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1176-1183. 2011.
- PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, V.M.; BERGAMASCHINE, A.F.; MELLO, L.M.M.; LIMA, R.C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.5, p.875-882, 2011.
- PÉREZ-MARIN, A.M.P.; MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.669-677, 2007.
- PERIN, R.; SOUSA, J.N.; MORAES, R.R.; TONATO, F.; ROCHA, R.N.C.; FONTES, J.R.A. Efeito do sombreamento na produtividade de milho em sistemas agrossilvipastoris. In: I Workshop sobre integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia. Vilhena. EMBRAPA, (EMBRAPA, **Série Documentos nº 141**), 2010.
- REYNOLDS, P.E.; SIMPSON, J.A.; THEVATHASAN, N.V.; ANDREW, M.G. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in Southern Ontario, Canada. **Ecological Engineering**, Amsterdã, v.29, p.362-371, 2007.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informações Agronômicas**, Potafós, n. 103, 2003. 20p.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro: EMBRAPA- SPI, 2013. 353p.

SILVA, A.R.; VELOSO, C.A.C.; CARVALHO, E.J.M.; ALVES, L.W.R.; AZEVEDO, C.M.B.C.; SILVEIRA FILHO, A.; OLIVEIRA JUNIOR, M.C.; FERNANDES, P.C.C. Desenvolvimento do componente agrícola e da espécie eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Paragominas-PA. In: I Workshop sobre integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia. Vilhena. EMBRAPA, (EMBRAPA, **Série Documentos nº 141**), 2010a.

SILVA, A.R.; VELOSO, C.A.C.; CARVALHO, E.J.M.; ALVES, L.W.R.; AZEVEDO, C.M.B.C.; SILVEIRA FILHO, A.; OLIVEIRA JUNIOR, M.C.; FERNANDES, P.C.C. Desempenho dos componentes agrícolas e da espécie do mogno (*khaya ivorensis*) em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Paragominas-PA. In: I Workshop sobre integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia. Vilhena. EMBRAPA, (EMBRAPA, **Série Documentos nº 141**), 2010b.

SIRIRI, D.; ONG, C.K.; WILSON, J.; BOFFA, J.M.; BLACK, C.R. Tree species and pruning regime affect crop yield on bench terraces in SW Uganda. **Agroforestry System**, Netherlands, v.78, p.65-77, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAPIA-CORAL, S.C.; LUIZÃO, F.J.; WANDELI, E.; FERNANDES, E.C.M. Carbon and nutrients stock in the litter layer of agroforestry systems in central Amazônia, Brazil. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v.65, p.33-42, 2005.

TORRES, F.E.; LANGHI, G.; TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P.; CORRÊA, C.C.G.; OLIVEIRA, E.P. Desempenho de híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos na região do cerrado brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.36, n.4, p.411-416, 2013.

VIANA, M.C.M.; VENTURIN, R.P.; CARLOS, L.; ALVARENGA, R.C.; BRANT, C.J.; GONTIJO NETO, M.M. Desempenho da cultura do milho e do eucalipto no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30, 2014, Salvador. **Anais...** Salvador: EMBRAPA, CNPMS, 2014. p.1-4.

VIEIRA, J.R.F.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M.; BROGIN, R.L. **Sistema ILPF no cerrado de Rondônia: produtividade e custos de condução de milho, safrinha, 2011**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/919558/sistema-ilpf-no-cerrado-de-rondonia-produtividade-e-custos-de-conducao-de-milho-safrinha-2011>. Acesso em: 15 nov. 2015.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. **Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máximas e mínimas**. São Paulo: USP, 1972. (Caderno de Ciências da Terra, n.30).

WARRINGTON, I.J.; KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.749-754, 1983.

#### 4. ÍNDICES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS

**RESUMO** - Diante do interesse de se recuperar a capacidade produtiva das pastagens degradadas, os sistemas agrossilvipastoris surgem como alternativa potencial, pois podem elevar e diversificar a renda do produtor rural. Neste sentido, objetivou-se avaliar os índices de crescimento e os componentes da produção da soja implantada em sistemas agrossilvipastoris. O experimento foi realizado em área pertencente à Embrapa Gado de Corte, localizada no município de Campo Grande-MS. Os sistemas agrossilvipastoris foram implantados em janeiro de 2009, com o transplante de mudas de eucalipto em arranjo de linhas simples no espaçamento de 14m x 2 m e 22 x 2 m (sentido leste-oeste). A semeadura da cultivar BRS 318RR foi em novembro de 2012 nos três sistemas integrados de produção (ILPF<sub>22m</sub>; ILPF<sub>14m</sub>; ILP), com área total de 20 ha. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, considerando-se como: parcela (tratamento principal) os três sistemas de integrados de produção (ILPF<sub>22m</sub>: lavoura-pecuária-floresta com espaçamento de eucalipto de 22 x 2 m; ILPF<sub>14m</sub>: lavoura-pecuária-floresta com espaçamento de eucalipto de 14 x 2 m; ILP: lavoura-pecuária). As subparcelas (tratamento secundário) foram consideradas os cinco locais de amostragens, nas seguintes distâncias das fileiras de eucalipto para o ILPF<sub>22m</sub>: 3 m, 7 m, 11 m, 7 m, 3m e no sistema ILPF<sub>14m</sub>: 2,2 m; 4,6 m; 7 m; 4,6 m; 2,2 m, que foram identificados por letras A; B; C; D; E (sentido norte-sul) respectivamente, sendo o ponto C correspondente ao ponto central entre as fileiras de árvores. Foram avaliados os índices de crescimento: a taxa de crescimento absoluto e relativo, a taxa de assimilação líquida e o índice de área foliar. Os componentes da produção da cultura da soja avaliados foram à produtividade de grãos, a quantidade de vagens por planta, a massa de mil grãos e o índice de colheita. Nos locais de amostragens, próximos às copas dos eucaliptos, houve redução nos índices de crescimento e componentes da produção da soja devido ao sombreamento intenso das plantas de eucalipto. O sistema sem árvores proporcionou maiores índices de crescimento e produtividade de grãos de soja do que os sistemas com plantas de eucalipto.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, radiação fotossinteticamente ativa, sombreamento.

#### 4. GROWTH INDEXES AND PRODUCTION COMPONENTS OF SOYBEAN IN AGROFORESTRY SYSTEMS

**ABSTRACT** - Agroforestry systems are a potential alternative for the recovery of the production capacity of degraded pastures since they may raise and diversify farmers income. Growth indexes and soybean production components in agroforestry systems are assessed. Experiment was conducted at Embrapa Gado de Corte, in Campo Grande MS Brazil. The agroforestry system was implanted in January 2009 by transplanting eucalyptus seedlings in simple rows with spacing 14 x 2 m and 22 x 2 m (East-West). Cultivar BRS 318RR was planted in November 2012 with three integrated production systems (ILPF<sub>22m</sub>; ILPF<sub>14m</sub>; ILP) in total area of 20 ha. Randomized blocks with four replications were employed. Treatments were designed in subdivided split plots: split plot (main treatment) comprised the three integrated production systems (ILPF<sub>22m</sub>: agriculture-livestock-forestry with eucalyptus spacing 22m x 2m; ILPF<sub>14m</sub>: agriculture-livestock-forestry with eucalyptus spacing 14 x 2m; ILP: agriculture-livestock). Sub split plots (secondary treatment) were the five sampling sites, distant from the eucalyptus rows, for ILPF<sub>22m</sub>: 3 m, 7 m, 11 m, 7 m, 3 m and 2.2 m; 4.6 m; 7 m; 4.6 m; 2.2 m for ILPF<sub>14m</sub>, identified by A; B; C; D; E (North-South), respectively, with C as the central site between the tree rows. Absolute and relative growth rate, net assimilation rate and leaf area index were evaluated. Production components of soybean comprised grain productivity, number of pods per plant, mass of 1000 grains and harvest index. Soybean growth indexes and production components decreased at sampling sites close to eucalyptus canopy due to intense shade by the eucalyptus trees. The tree-less system provided higher indexes in growth and soybean productivity than systems with eucalyptus plants.

**Keywords:** *Glycine max*, photosynthetically active radiation, shade.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O conceito de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), é definido como uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação (Balbino et al., 2011).

A integração da floresta com as culturas agrícolas e com a pecuária, o ILPF oferece uma alternativa para enfrentar os problemas crônicos de baixa produtividade, de escassez de alimentos, de degradação ambiental generalizada e de redução de riscos de perda de produção pela diversificação de cultura. Além disso, torna-se possível o retorno do investimento de uma forma mais rápida e possibilita ao agricultor a obtenção de renda até que a floresta cresça e produza madeira para a comercialização (Almeida et al., 2014).

A cultura da soja tem contribuído decisivamente para a sustentabilidade econômica da agricultura no Brasil. A área de cultivo da cultura está aumentando a cada ano. Um exemplo foi à safra 2015/16 que atingiu aproximadamente 33.243 milhões de hectares cultivados; produtividade de 3.066 kg ha<sup>-1</sup>; com produção de 101.911 milhões de toneladas. A maior área cultivada (15 milhões de hectares) pertence à Região Centro-Oeste, que apresentou incremento de 2,8% sobre o ano agrícola anterior, associado a um quadro climático que não comprometeu o desenvolvimento da lavoura, particularmente comparado ao principal produtor regional, o estado Mato Grosso, que cultivava 9.193 milhões de hectares (CONAB, 2015).

A cultura da soja consorciada com o componente arbóreo pode produzir diversos benefícios: como leguminosa, a soja promove o enriquecimento dos solos

em nitrogênio, podendo assim, favorecer o crescimento da espécie florestal. Adicionalmente, a receita é suficiente para atender parte dos custos de implantação e manutenção inicial da floresta (Schreiner et al., 1989).

Diel et al. (2014) avaliaram a distribuição horizontal e vertical do fósforo no solo e a produtividade de soja em sistemas de monocultivo e em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Neste caso, foi observado o cultivo de eucalipto em faixas (renques) de linhas triplas e na distância de 30 m uma da outra. Os autores observaram que a produtividade de soja não diferiu da observada no sistema ILP, com soja/milho 2ª safra. Além disso, demonstraram que nos dois anos de implantação, o sistema ILPF ainda não foi capaz de interferir marcadamente nas características químicas do solo e na produtividade de grãos da soja.

Segundo Almeida et al. (2014) que estudaram o efeito do cultivo consorciado entre soja e eucalipto em três posições da faixa de plantações de soja em relação aos renques das árvores: extremidade oeste; centro da faixa; extremidade leste. Os autores concluíram que no cultivo de soja entre as linhas de eucalipto distanciadas em 15 m e instaladas no sentido norte-sul, a produtividade de grãos é maior na extremidade oeste e menor na extremidade leste da faixa de cultivo, em função de serem os locais com maior e menor incidência de radiação solar ao longo do dia, respectivamente.

França et al. (2013) também verificaram a influência dos clones de eucalipto sobre a produtividade da cultura da soja nos sistemas de cultivo consorciados, em que detectaram a produtividade da soja foi inferior à produtividade obtida em áreas a pleno sol.

Os resultados de pesquisa sobre o desempenho das culturas envolvidas nos sistemas com consórcio entre plantas, principalmente entre espécies florestais e culturas anuais produtoras de grãos são incipientes, e muitas dúvidas ainda existem sobre possíveis efeitos depressivos causados pelas espécies arbóreas no desempenho dessas culturas, em função do sombreamento (Almeida et al., 2014).

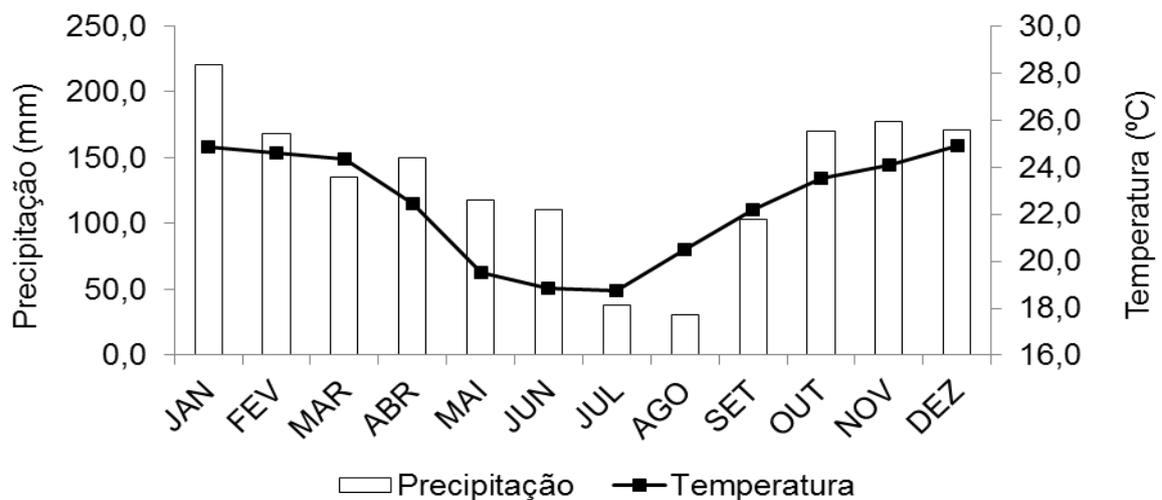
Dentro deste contexto, objetivou-se avaliar os índices de crescimento e os componentes da produção da soja em sistemas agrossilvipastoris na safra 2012/2013.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área experimental: clima e solo

O experimento foi realizado em área pertencente à Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande-MS (20° 27' S e 54° 37' W; 530 m de altitude). O clima, segundo Köppen, encontra-se na faixa de transição entre sub-tipo Cfa – mesotérmico úmido sem estiagem (temperatura do mês mais quente superior a 25°C; mês mais seco com mais de 30 mm de precipitação) e o sub-tipo Aw – tropical úmido (estação chuvosa no verão e seca no inverno).

As normais climatológicas apresentadas referem-se ao ano de 1973 a 2013 (Figura 4), os dados de precipitação e temperatura média foram coletados diariamente, por meio de uma estação meteorológica (A702 – INMET), distante cerca de 3 km da área experimental.



**FIGURA 4.** Normais climatológicas do ano de 1973 a 2013.

A precipitação média dos últimos 40 anos foi de 1.592 mm anuais, sendo que 75% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro a abril, quando a temperatura média anual é de 22,4°C. Os meses de menor precipitação são junho, julho e agosto. Os déficits hídricos ocorrem com maior intensidade nesses meses, onde a média das temperaturas mínimas é abaixo de 15°C (INMET, 2013).

Durante o período experimental, a precipitação e temperatura média foram obtidas na estação meteorológica da Embrapa Gado de Corte (Tabela 14).

**TABELA 14.** Dados climáticos durante o período experimental nos meses de dezembro/2012 a abril/2013.

Elementos climáticos	Mês/Ano					Total
	dez/12	jan/13	fev/13	mar/13	abr/13	
Temperatura média (°C)	26,78	26,32	25,85	25,71	23,40	25,61
Precipitação (mm)	193,04	218,33	201,47	187,16	210,75	1.010,75
Fotoperíodo (horas)	14,10	14,01	13,74	13,37	12,99	13,64
Graus-dia acumulado	520,34	816,16	723,84	797,02	704,84	3.562,18

O fotoperíodo (N) ou duração do dia foi estimado, desprezando-se os efeitos de refração da atmosfera, por sendo N, a duração do fotoperíodo, em horas, H, o ângulo horário do pôr-do-Sol ( $N = 2H/15$ ). Para o cálculo dos graus-dia acumulados (GDA) utilizou o Método proposto por Lindsey e Newman (1956) e adaptado por Villa Nova et al. (1972). Para cada dia, calculou-se o valor de GD, pelas seguintes equações 1 e 2:

$$GD = \frac{(T_{max} - T_{min})}{2} + (T_{min} + T_b) \quad (1)$$

quando  $T_m > T_b$  e  $T_M < T_B$ , e

$$GD = \frac{(T_{max} - T_b)^2}{2(T_{max} - T_{min})} \quad (2)$$

quando  $T_m < T_b$  e  $T_M < T_B$ .

Utilizou-se, como temperatura-base inferior ( $T_b$ ), 10°C (Manfron et al. 1993), citada com frequência, na literatura, para a maioria das culturas.

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura argilosa (Santos et al., 2013), em uso anterior com *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. BRS Piatã.

As amostras de solo para fins de fertilidade foram coletadas na profundidade de 0-0,20 m, por meio do trado holandês. Essas amostras foram colocadas em baldes plásticos limpos, homogêneas e retiradas aproximadamente 500 g para enviar ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS.

A metodologia utilizada para as análises dos atributos químicos do solo para a extração do cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) foi feita com uma solução de KCl na concentração de 1N e a determinação realizada por titulometria. Na quantificação do fósforo (P) e potássio (K) disponíveis adotaram-se o procedimento de extração do solo, realizada com extrator North Carolina ou Mehlich1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N + HCl 0,05 N). Os demais atributos químicos do solo foram determinados por meio dos cálculos realizados a partir dos resultados analíticos obtidos: soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC a pH 7 (T), porcentagem de saturação por bases (V%), porcentagem de saturação por Al (m%) e porcentagem de carbono no solo (C). Os resultados da análise química do solo constam na Tabela 15.

**TABELA 15.** Análise química do solo em sistemas integrados de produção, na profundidade de 0-0,20 m.

Sistema	pH	Ca	Mg	K	Al	H+A	S	T	t	V	m	C	P-Mehlich1
	CaCl <sub>2</sub>	-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----						-----%-----					mg dm <sup>-3</sup>
ILPF	5,00	1,72	1,05	0,22	0,12	4,72	2,98	7,71	3,11	38,86	3,99	2,17	3,38
ILP	5,08	1,69	1,01	0,23	0,08	4,84	2,93	7,76	3,01	37,63	2,82	2,17	2,17

### Histórico do manejo da área experimental

O experimento da cultura da soja foi implantado em novembro de 2012, com área total de 20 ha nos sistemas agrossilvipastoris. De acordo com o esquema de rotação entre o componente agrícola e forrageiro, no ano de 2012 novamente a cultura agrícola foi instalada nos sistemas integrados de produção (Tabela 16).

**TABELA 16.** Estratégia de rotação das culturas no sistema agrossilvipastoril.

Estação do ano	Estratégia de rotação					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Verão	soja	eucalipto	pasto	pasto	soja	pasto
Inverno	xxxx	pasto	pasto	pasto	pasto	pasto

Os sistemas agrossilvipastoris foram implantados numa área de 20 ha em julho de 2008, nesta época a pastagem era formada por *U. decumbens*, *U. humidicola* e *U. ruziziensis*. O mesmo ambiente ainda encontrava-se degradado, com baixa produtividade e alta ocorrência de grama-batatais (*Paspalum notatum*), brotação da vegetação natural do Cerrado e cupinzeiros. A análise química do solo em julho de 2008, revelou que a área era uniforme, com teores de argila de  $41 \pm 5\%$ ; P (Mehlich-1) de 0,29 a 0,42 mg dm<sup>-3</sup>; saturação por bases (V%) de 26 a 34%; saturação por alumínio (m%) de 10 a 23%.

Em agosto e setembro de 2008 foi efetuada a calagem e gessagem, aplicando-se 3,0 e 1,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em área total e incorporando em 20-30 cm de profundidade. Em setembro e outubro de 2008, as plantas daninhas foram dessecadas com herbicidas, incorporadas com subsolagem e duas gradagens pesadas, sendo a subsolagem na profundidade de 40-60 cm realizada somente nas linhas do eucalipto.

No primeiro decêndio de novembro de 2008 foi realizada adubação a lanço, em área total, com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-25-15, e posterior gradagem niveladora. A partir deste manejo do solo, a semeadura da soja foi realizada no terceiro decêndio de novembro de 2008. O transplântio das mudas de eucalipto ocorreu em janeiro e fevereiro de 2009, durante o desenvolvimento da cultura da soja. A colheita da soja foi realizada nos primeiros dez dias do mês de abril de 2009, obtendo-se uma produtividade média de 2.100 kg ha<sup>-1</sup>. Em seguida, no segundo decêndio de abril de 2009, foi realizada a semeadura do capim-piatã.

Em abril de 2010, nos piquetes com a adoção do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) foram alocadas novilhas anelradas com peso vivo médio de 214 kg. O sistema agrossilvipastoril recebeu as novilhas a partir de julho de 2010, permanecendo com animais na área até agosto de 2012.

Em outubro de 2012 ocorreu preparo da área com dessecação do capim-piatã e logo houve a adubação corretiva de acordo com análise de solo. Após este período, a cultivar de soja BRS 318RR foi semeada, no mês de novembro de 2012.

Depois da colheita da cultura da soja em abril de 2013, foi implantado o capim-piatã, sendo que a forrageira permaneceria na área experimental por três anos. Seguindo a estratégia de que após esses três anos de pastagem na área ocorreria a rotação da cultura agrícola nos sistemas agrossilvipastoris.

## **Delineamento experimental**

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, considerando-se como: parcela (tratamento principal), os três sistemas de integração (ILPF<sub>22m</sub>; ILPF<sub>14m</sub>; ILP) e como subparcelas (tratamento secundário), os cinco locais de amostragem, pontos equidistantes entre as fileiras das plantas de eucalipto.

O primeiro sistema foi caracterizado pelo sistema agropastoril (ILP), ou seja, pastagem (*Urochloa* sp.) recuperada com lavoura de soja no verão (novembro de 2008) e posterior implantação de capim-piatã na segunda safra (abril de 2010) e uso da pastagem a partir de outubro-novembro de 2010.

O segundo sistema foi o sistema agrossilvipastoril 1 (ILPF<sub>14m</sub>), ou seja, pastagem (*Urochloa* sp.) recuperada com lavoura de soja no verão (novembro de 2008), com implantação de mudas de eucalipto (janeiro de 2009) em linhas simples no espaçamento de 14 x 2 m (357 árvores ha<sup>-1</sup>) no sentido leste-oeste, e posterior implantação de capim-piatã na segunda safra (abril de 2010) e uso da pastagem a partir de outubro-novembro de 2010.

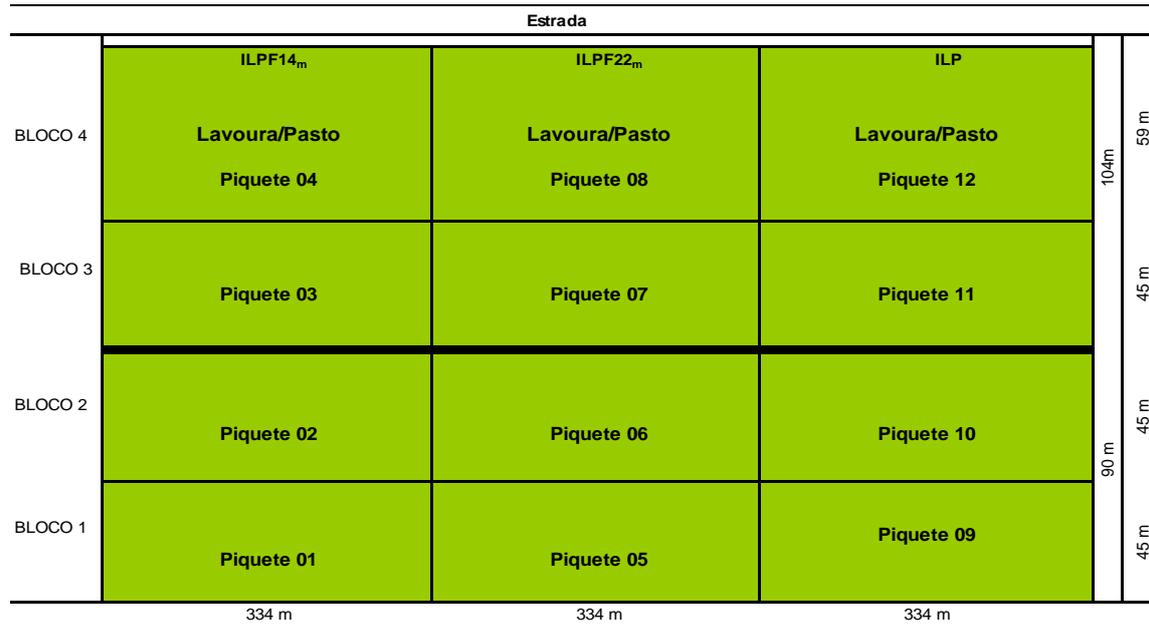
O terceiro sistema foi caracterizado pelo sistema agrossilvipastoril 2 (ILPF<sub>22m</sub>), ou seja, pastagem (*Urochloa* sp.) recuperada com lavoura de soja no verão (novembro de 2008), com implantação de mudas de eucalipto (janeiro de 2009) em linhas simples no espaçamento de 22 x 2 m (227 árvores ha<sup>-1</sup>) no sentido leste-oeste, conforme croqui da área experimental (Figura 5) e posterior implantação de capim-piatã na segunda safra (abril de 2010) e uso da pastagem a partir de outubro-novembro de 2010.

Os três sistemas agrossilvipastoris foram planejados para ciclos de rotação de quatro anos, sendo um ano com lavoura (soja, no verão) e três anos com pastagem de capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã).

Os locais de amostragens da cultura da soja foram marcados em um transecto perpendicular às fileiras de árvores (subparcela) nos dois sistemas agrossilvipastoris, sendo identificados por letras A; B; C; D e E (sentido norte-sul), com as seguintes distâncias das fileiras de árvores: para o ILPF<sub>22m</sub>: 3 m; 7 m; 11 m; 7 m; 3 m; e o ILPF<sub>14m</sub>: 2,2 m; 4,6 m; 7 m; 4,6 m; 2,2 m, respectivamente.

Os locais A e E ficavam próximos das fileiras de árvores; o local C correspondia ao ponto central entre as fileiras de árvores, e os locais B e D, intermediários entre A-C e C-E, seguidamente. Foram respeitados 1,0 m de

distância das linhas de eucaliptos na implantação da cultura da soja.



**FIGURA 5.** Croqui da área experimental dos sistemas agrossilvipastoris.

### Implantação da cultura da soja

De acordo com análise de solo, no mês de outubro de 2012 foram realizadas a calagem e adubação corretiva. Foram aplicados  $2 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário dolomítico a lanço de forma mecânica, utilizando o distribuidor de calcário.

O experimento foi implantado em sistema de plantio direto, após a dessecação do capim-piatã (outubro 2012), utilizando-se o herbicida glyphosate ( $1,44 \text{ kg ha}^{-1}$  do ingrediente ativo), com volume de pulverização de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ .

A adubação da cultura da soja com  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado 0-20-20, foi dividida em duas etapas, sendo aplicado da seguinte forma: 80% da dosagem foram realizados na adubação corretiva em outubro de 2012, aplicada a lanço de forma mecanizada em área total, com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado NPK 0-20-20. O restante da dosagem, ou seja, 20% foram aplicados no momento da semeadura em novembro de 2012. Isso significa que  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado NPK 0-20-20, a adubação foi aplicada juntamente com a semeadura da soja na linha de plantio, utilizando a máquina para plantio direto.

Foi utilizada a cultivar de soja de ciclo precoce e transgênica (BRS 318RR). Esta cultivar de soja apresenta crescimento determinado sendo do grupo de maturidade 6.7, apresentando ciclo de 115-120 dias, variando de acordo com a altitude. Além disso, demonstra resistência ao acamamento em regiões de altitude

de até 500 m e moderadamente resistente em regiões de altitude de 500 a 800 m. Essa cultivar foi desenvolvida pela Embrapa Soja.

Utilizaram-se sementes da categoria básica com 75% de germinação e 99% de pureza. Momentos antes da semeadura, os grãos de soja foram inoculadas com as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *Bradyrhizobium japonicum*, na dose de 100 mL por 50 kg sementes<sup>-1</sup>. Além disso, foram tratadas com fungicida (tiram + carboxina: 25 g por 50 kg sementes<sup>-1</sup> do ingrediente ativo), inseticida (fipronil: 25 g por 50 kg sementes<sup>-1</sup> do ingrediente ativo) e micronutrientes (molibdênio + cobalto: 50 mL por 50 kg sementes<sup>-1</sup>).

A cultura da soja foi semeada em novembro/2012, e para isso foi utilizada a semeadora Semeato de sete linhas (modelo SHM 15/17) adotando-se o espaçamento entre linhas de 0,45 m com população de 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>, sendo a profundidade de semeadura de 3 a 5 cm. Simultaneamente a semeadura da soja foi realizada também, a adubação de plantio com 100 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 0-20-20, aplicado na linha de plantio.

Os tratos fitossanitários durante o ciclo da cultura da soja foi à reaplicação de glyphosate (1,44 kg ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo) para controle de plantas daninhas, na data 21/12/2012, no estádio V2 (segundo nó), conforme recomendações para a cultura (Embrapa, 2011).

A primeira aplicação preventiva do fungicida piraclostrobina + epoxiconazol (36,6 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo) + Assist (óleo mineral, 0,33% v v<sup>-1</sup>), foi efetuada no fechamento das entrelinhas de semeadura, no estádio R2 (pleno florescimento), na data de 15/01/2013. Utilizou-se pulverizador mecanizado e volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup> em todos os tratamento fitossanitários.

As principais pragas durante o ciclo da cultura ocorreram na fase vegetativa, às lagartas desfolhadoras da soja (*Anticarsia gemmatilis*: lagarta da soja; *Chrysodeixis includens*: falsa-medideira) e na fase reprodutiva os percevejos (*Euchistus heros*: percevejo marrom; *Dichelops furcatus*: percevejo barriga verde).

As três aplicações curativas de inseticida na cultura da soja foi baseado no monitoramento de pragas, assim foi utilizado o inseticida gama cialotrina (2,25 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo) na data 21/12/2012; a cipermetrina (50 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo) + metoxifenoazida (22 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo) em 15/01/2013; a bifentrina (10 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo) no dia 06/02/2013 (estádio R5 – início de formação das sementes).

### **Radiação fotossinteticamente ativa**

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida com ceptômetro portátil (modelo AccuPAR- LP 80) em cinco locais de amostragens nos sistemas agrossilvipastoris, nas seguintes distâncias das fileiras dos eucaliptos para o ILPF<sub>22m</sub>: 3 m; 7 m; 11 m; 7 m; 3 m e no sistema de ILPF<sub>14m</sub>: 2,2 m; 4,6 m; 7 m; 4,6 m; 2,2 m. No sistema de ILP há apenas duas leituras para fazer a média, pois neste sistema não tem o componente arbóreo, assim não existe a necessidade de realizar a estratificação dos locais de amostragem.

As leituras foram realizadas sob céu claro, medindo-se a intensidade luminosa acima do dossel da soja, a cada quinze dias regularmente, em dois horários, a partir das 09h00 e 14h00.

### **Índices de crescimento da cultura da soja**

Os principais estádios da cultura foram observados segundo a escala fenológica da soja proposta por Ferh e Caviness (1977), regularmente a cada quinze dias. Durante a coleta a campo foi mensurada a altura da planta, tomando-se a distância da base da planta até a extremidade da haste principal, considerando-se quatro plantas por subparcela nos tratamentos monitorados. Os indicadores de crescimento calculados foram: índice de área foliar e taxa de crescimento da cultura dos 90 a 105 dias após a emergência (DAE).

A área foliar (cm<sup>2</sup>) foi medida em integrador de área foliar (Model 3.100 area meter, Li-cor), cujos valores foram divididos pelo tamanho correspondente a área do terreno para obtenção do índice de área foliar (IAF), conforme equação (Benincasa, 2003):

$$IAF = \frac{AF}{S} \quad (3)$$

sendo: AF a área foliar verde (cm<sup>2</sup>) e S a do terreno (cm<sup>2</sup>).

Após computar o valor de área foliar da cultura da soja, o material foi coletado e separado entre folhas e hastes. Posteriormente o material foi levado para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55 a 60°C por 72h (peso constante). A biomassa seca foi pesada em balança de precisão para obtenção da massa seca total da cultura da soja (MST).

Avaliou-se taxa de crescimento da cultura, calculando-se a relação entre massa seca da parte aérea em função do tempo entre coletas, conforme a equação,

(Benincasa, 2003):

$$TCA = \frac{\Delta MSa}{\Delta t} \quad (4)$$

em que: TCA é a taxa de crescimento absoluto ( $\text{g dia}^{-1}$ );  $\Delta MSa$  corresponde a incrementos de massa seca aérea ( $\text{g m}^{-2}$ );  $\Delta t$  a variação do tempo (em dias) dos 90 aos 105 dias após a emergência.

A taxa de crescimento relativo foi obtida de acordo com equação, (Benincasa, 2003):

$$TCR = \frac{\ln \Delta MSa}{\Delta t} \quad (5)$$

em que: TCR é a taxa de crescimento relativo ( $\text{g g dia}^{-1}$ );  $\ln$ , logaritmo neperiano de  $\Delta MSa$  que corresponde a incrementos de massa seca aérea ( $\text{g m}^{-2}$ );  $\Delta t$  a variação do tempo (em dias) dos 90 aos 105 dias após a emergência.

A taxa de assimilação líquida foi obtida de acordo com a equação, (Benincasa, 2003):

$$TAL = \frac{\Delta MSa}{\Delta t} \times \frac{\ln AF}{\Delta AF} \quad (6)$$

em que: TAL é a taxa de assimilação líquida ( $\text{g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $\Delta MSa$  corresponde a incrementos de massa seca aérea ( $\text{g m}^{-2}$ );  $\Delta t$  a variação do tempo (em dias) incremento de massa dos 90 aos 105 dias após a emergência;  $\ln$ , logaritmo neperiano de área foliar;  $\Delta AF$  a variação do tempo em dias decorrido entre as amostragens de 90 a 105 dias após a emergência.

### **Componentes da produção da cultura da soja**

No momento em que a cultura da soja alcançou a maturidade fisiológica (R8), foi feita a colheita manual das parcelas na área útil de 5 m linear em cada unidade experimental. As plantas cortadas foram agrupadas em feixes, etiquetadas e trilhadas manualmente.

A produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foi obtida a partir da pesagem dos grãos devidamente limpos. Os valores obtidos foram corrigidos para 13% de umidade, utilizando a equação 7, convertendo-se os valores para quilograma por hectare:

$$M_c = M_o \left\{ \left[ \left( 1 - \frac{U_o}{100} \right) \right] \right\} + \left\{ \left[ \left( 1 - \frac{U_c}{100} \right) \right] \right\} \quad (7)$$

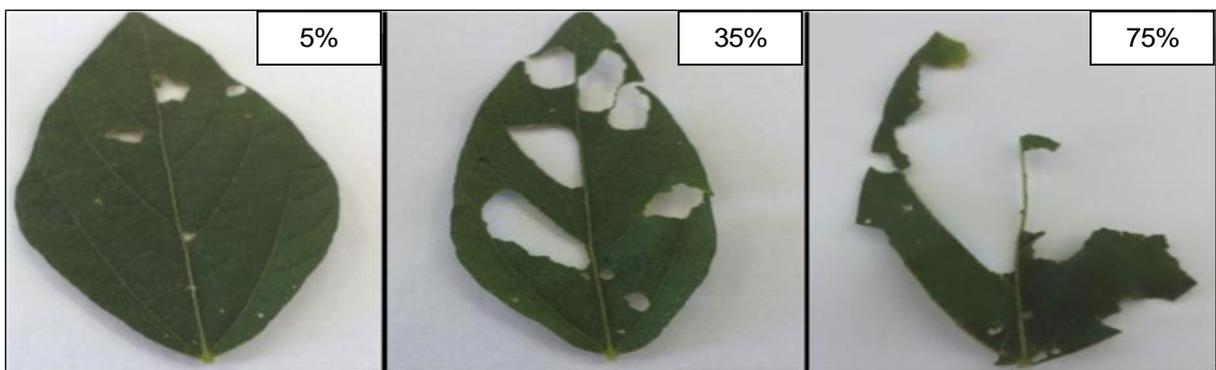
Sendo:  $M_c$ , massa corrigida;  $M_o$ , massa observada após a colheita;  $U_o$ , grau de umidade (em percentagem);  $U_c$ , grau de umidade de correção (em percentagem).

Para cálculo da produtividade, a área útil dos sistemas agrossilvipastoris com espaçamento entre fileiras de árvores de 22 m (ILPF<sub>22m</sub>) e 14 m (ILPF<sub>14m</sub>) foi de 0,91 ha e 0,86 ha, respectivamente, descontando-se as áreas ocupadas com as árvores.

Na mesma ocasião foram determinados o número de vagens por planta (contagem das vagens de 10 plantas de soja escolhidas aleatoriamente), o número de grãos por vagem (contagem de grãos das vagens de 10 plantas de soja escolhidas aleatoriamente), a massa de 1000 grãos (determinada pela média de oito sub-amostras de 100 grãos tomadas da amostra de grãos das vagens debulhadas manualmente, em 5 m linear em cada unidade experimental dentro da área útil, sendo os dados expressos em gramas, corrigidos para 13% de umidade), o índice de colheita (estimado com dados de massa seca dos grãos dividido pela massa seca total da planta).

### Determinação do índice de desfolha

O índice de desfolha foi avaliado no estágio R5 (início de formação das sementes), pela observação visual de folíolos coletados da parte superior e mediana de diferentes plantas e comparados aos modelos com índices de desfolha previamente determinados, de acordo com Panizzi et al. (1977), chegando a uma média que refletiu o nível estimado da desfolha no campo (Figura 6).



**FIGURA 6.** Amostra de folíolos de soja com diferentes porcentagens de desfolha causada por pragas. Fonte: Quintino et al. (2013).

**Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott e teste de médias de Tukey, adotando-se o nível de probabilidade de 5%, por meio do aplicativo estatístico SISVAR versão 5.3 (Ferreira, 2008).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) variou de 5,12 a 100% nos diferentes estádios fenológicos da soja, de acordo com o local de amostragem no ILPF<sub>14m</sub> (Tabela 17).

**TABELA 17.** Resultados médios da radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) nos estádios fenológicos da soja, em dias após a emergência (DAE) em diferentes locais de amostragem no ILPF<sub>14m</sub>.

Estádio fenológico <sup>1</sup>	RFA	DAE	Local de amostragem <sup>2</sup>					C.V. <sup>3</sup>
			A	B	C	D	E	
<i>Estádio vegetativo</i>	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$		<i>RFA (%)</i>					
VC	1.063,85	15	10,03b	95,04a	97,13a	98,37a	92,94a	4,57
V2	356,15	30	15,09c	30,07b	86,64a	97,39a	90,25a	10,28
V5	1.220,75	45	9,96b	91,69a	95,60a	98,21a	93,13a	9,61
<i>Estádio reprodutivo</i>			<i>RFA (%)</i>					
R1	1.293,05	60	8,66c	97,55a	95,39a	100a	26,40b	6,70
R3	513	75	90,05a	93,41a	98,96a	6,86b	5,57b	10,66
R4	987,45	90	91,41a	99,31a	99,26a	6,83b	5,12b	12,23
R6	558,5	105	94,48a	97,80a	92,80a	5,93b	5,50b	6,31
R7	450,75	120	100a	32,81b	4,41c	4,74c	8,90c	17,65
Média	805,44	--	52,46	79,71	83,77	52,29	40,98	--

<sup>1</sup>Cada estágio específico, Vegetativo ou Reprodutivo, é definido quando 50% ou mais das plantas no campo atingiram tal condição. <sup>2</sup>Letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>3</sup>CV: coeficiente de variação.

No ponto de amostragem A, a RFA na fase vegetativa e no R1 (início do florescimento) foram menores que 15%, diferindo estatisticamente dos demais pontos de amostragem. No restante da fase reprodutiva no ponto de amostragem A, a RFA atendeu as necessidades da cultura. Comportamento contrário foi constatado para o local de amostragem D e E, ou seja, na fase vegetativa obtiveram os valores elevados de RFA acima de 90%, enquanto na fase reprodutiva, a incidência de RFA foi reduzida nestes locais de amostragem. O local de amostragem C, durante a fase vegetativa na média, recebeu acima de 90% de RFA, sendo que a influência do sombreamento das plantas de eucalipto foi menos prejudicial nesta fase para cultura da soja.

Para os pontos de amostragem B e C na fase reprodutiva foi interceptado RFA pelas plantas de soja acima de 90% até os 105 DAE, no estágio R6 (início da maturação). A quantidade de RFA recebida pelas plantas de soja nesta fase é essencial, pois os benefícios serão convertidos em ganho de produtividade de grãos.

A radiação solar é um importante componente ambiental que, além de fornecer energia luminosa para a fotossíntese, também fornece nutrientes para uma gama de processos fisiológicos da soja. Dentro deste contexto, além da intensidade da radiação, duração e qualidade do espectro luminoso são determinantes nas respostas morfológicas e fenotípicas nas culturas (Thomas, 1994).

A variação de RFA nos locais de amostragem foi diferente entre o ILPF<sub>14m</sub> e ILPF<sub>22m</sub> (Tabela 18). As médias de RFA recebidas no ILPF<sub>22m</sub> foram superiores em função do espaçamento de 22 m, que proporcionou aumento da interceptação de RFA pela cultura da soja e refletindo na fotossíntese. Além disso, no estágio vegetativo apenas o local de amostragem A recebeu níveis de RFA abaixo de 21%, enquanto nos demais locais de amostragem foram beneficiados com RFA acima de 90%, não diferiram estatisticamente entre si.

A partir do estágio reprodutivo R3 (início de formação das vagens), os pontos de amostragem A, B, C e D também obtiveram RFA superior a 90%. Para o ponto de amostragem A, ocorreu um aumento de RFA interceptado pela soja na fase R3, fato explicado pela mudança de estação do ano e movimentação do sol. Vale ressaltar que na fase reprodutiva, o local de amostragem E diferiu estatisticamente

dos demais pontos de amostragem estudados e, recebeu a menor RFA disponível para as plantas de soja, ocasionando redução nos índices de crescimento e componentes da produção da soja.

**TABELA 18.** Resultados médios da radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) nos estádios fenológicos da soja, em dias após a emergência (DAE) em diferentes locais de amostragem, no ILPF<sub>22m</sub>.

Estádio fenológico <sup>1</sup>	RFA	DAE	Local de amostragem <sup>2</sup>					C.V <sup>3</sup>
			A	B	C	D	E	
<i>Estádio vegetativo</i>		$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	<i>RFA (%)</i>					
VC	959,5	15	10,76b	97,72a	98,42a	98,02a	96,70a	2,57
V2	546,95	30	20,00b	97,73a	93,42a	96,70a	89,43a	6,39
V5	1.167,7	45	12,91b	94,30a	89,98a	87,67a	90,82a	10,49
<i>Estádio reprodutivo</i>			<i>RFA (%)</i>					
R1	1.599,5	60	39,13b	92,99a	96,89a	95,97a	85,96a	14,92
R3	979,9	75	96,37a	98,45a	95,61a	94,88a	6,66b	3,73
R4	1.097,5	90	97,66a	99,07a	95,83a	99,40a	11,00b	2,87
R6	844,0	105	99,17a	97,48a	94,41a	97,19a	10,55b	3,07
R7	817,7	120	98,72a	90,72a	91,01a	5,00b	8,40b	17,11
Média	1.001,59	--	59,34	96,05	94,44	84,35	49,94	--

<sup>1</sup>Cada estágio específico, Vegetativo ou Reprodutivo, é definido quando 50% ou mais das plantas no campo atingiram tal condição. <sup>2</sup>Letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>3</sup>CV: coeficiente de variação.

O estágio R4 (final de formação de vagens) marca o início do período mais crítico de desenvolvimento da planta de soja quanto à determinação da produtividade em grãos. Fatores como estresse, umidade, luz, deficiências nutricionais, geada, acamamento ou desfolha que ocorrem a qualquer momento entre os períodos de R4 e logo após o R6. É possível notar que neste período os grãos reduziram mais a sua produção do que em qualquer outro período de desenvolvimento (Câmara, 1998).

A maior demanda de fotoassimilados, proporcionada pelo maior número de vagens, pode ter sido suprida nos tratamentos com menor competição intraespecífica, principalmente por luz (Rambo et al., 2003). O dossel da soja se caracteriza por apresentar uma camada superior de folhas, que dificulta a penetração de luz nos estratos inferiores.

Bergamaschi et al. (1981), medindo a penetração de luz no perfil do dossel, verificaram que no início do período reprodutivo, cerca de 50% da radiação líquida estava disponível no nível do solo. Nos estádios R5 (início do enchimento de grãos) e R6 (final do enchimento de grãos), apenas 10% desta radiação atingia à parte inferior da comunidade de plantas e 20% à parte mediana.

Não houve efeito significativo de tratamentos e interação sobre a variável altura de plantas. As plantas de soja apresentaram altura média de 45,53 cm, sendo inferior para os padrões desta cultura de 60 a 98 cm (Embrapa, 2010). As plantas de soja ficaram com um tamanho tão inferior ao relatado como padrão para cultivar utilizada, provavelmente pelos efeitos do sombreamento das plantas de eucalipto no desenvolvimento das plantações. Desta maneira, quanto menor a altura de plantas, conseqüentemente será menor número de nós, que provoca a diminuição nas posições para inserção de vagens e ocasiona a redução de produtividade de grãos.

Dados semelhantes foram encontrados por Ludwig et al. (2010a) nas condições de pleno sol, com a cultivar BRS 133 testando diferentes densidades e épocas de semeadura. Ao contrário, em trabalho realizado com a cultivar BRS Valiosa RR no sistema de ILPF, Godinho et al. (2010) e Scherer et al. (2010) constataram altura de 62 e 81 cm, respectivamente.

Também não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos e interação sobre a altura de inserção de primeira vagem (AIV). A média de AIV (12,88 cm) foi superior aos 9 cm obtidos por Cortez et al. (2011), mesmo quando os autores adotaram diferentes densidade de semeadura e profundidade de aplicação de adubo, 20 e 17 cm, respectivamente. Diferentemente dos resultados obtidos na pesquisa, Godinho et al. e Scherer et al. (2010) verificaram valores médios de 17 e 16 cm, respectivamente, para AIV da cultivar BRS Valiosa RR no município de Vilhena-RO, também nas condições adversas de sombreamento.

Para variável desfolha também não houve efeito significativo de tratamentos e interação. No período de florescimento, a soja sofreu índice de desfolha de

28,87%, no estágio R5 (início do enchimento de grãos) devido ao ataque de lagartas desfolhadoras, principalmente *Chrysodeixis includens* (falsa-medideira). Os níveis de desfolha, e a época de remoção destas, influenciaram significativamente no número de dias para o florescimento, encurtando o ciclo, diminuindo o número de vagens por planta, número de sementes por vagem, número de dias para maturação, massa de 1000 grãos e por fim a produtividade de grãos.

Vale ressaltar, que nos locais de amostragem (A; E) próximos das árvores de eucalipto constatou-se que a quantidade de lagartas foi superior aos demais locais de amostragem. Desta maneira, percebeu-se que as pragas têm preferência pelos locais mais sombreados (próximo da copa do eucalipto) e temperatura mais amena.

A desfolha reduziu a área foliar, ocasionando estresse na planta e, diminuindo o potencial da cultivar de expressar o seu máximo desempenho produtivo. Entretanto, Peluzio et al. (2004) observaram que desfolha de 33% em todos os estádios fenológicos e de 66% nos estádios fenológicos iniciais (V2 a V5) não afetaram significativamente a produtividade de grãos da soja.

Corroborando, Bahry et al. (2013) observaram que em lavouras com alto potencial produtivo, acima de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> e com emprego de alta tecnologia e condições climáticas favoráveis, a desfolha em diferentes níveis pode comprometer a produtividade de grãos, e à medida que se elevavam estes níveis na fase vegetativa da soja, a produtividade era reduzida, até um limite de 350 kg ha<sup>-1</sup> no maior nível de desfolha.

Para Souza et al. (2014) que estudaram o efeito da desfolha artificial nos estádios vegetativos sobre o número de estruturas reprodutivas na soja, e por consequência a produtividade de grãos; ficou claro que, o desfolhamento nos estádios vegetativos reduz até 50,3% o número de flores totais e 22,2% o número de vagens em formação, porém tais reduções são compensadas pelo aumento na produção de flores nos estádios subsequentes: que é a fixação e enchimento destas vagens. Contudo, observamos que níveis de desfolhamento não influenciaram no número de vagens totais e não prejudicaram a produtividade de grãos da cultura da soja.

### **Índices de crescimento da cultura da soja**

Para TCA, TCR e TAL, ocorreu a interação entre sistemas x locais de

amostragem (Tabela 19). Nos sistemas ILPF<sub>22m</sub> e ILPF<sub>14m</sub> verificou-se que os maiores resultados de TCA (taxa de crescimento absoluto) foi obtida no local de amostragem C. Este fator pode ser explicado pela necessidade de luz pela planta de soja para realizar a fotossíntese e aumentar os índices de crescimento da cultura.

Para o sistema ILP, não ocorreu diferença significativa entre os locais de amostragem, que por sua vez, foram marcados apenas para obter as médias no sistema integrado. Desta forma, pode inferir-se que na TCA, o sistema sem árvores proporcionou melhor taxa de crescimento, pois foi beneficiado com 100% de RFA. De acordo com Shibles e Weber (1965), o total de fitomassa seca produzida pela soja depende da porcentagem de RFA interceptada e da eficiência de utilização dessa energia pelo processo fotossintético.

**TABELA 19.** Valores médios de taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de assimilação líquida (TAL) da cultura da soja, de acordo com o sistema de integração em cinco locais de amostragem.

Sistema	Local de amostragem					C.V.
	A	B	C	D	E	
<i>TCA (g dia<sup>-1</sup>)</i>						
ILPF <sub>14m</sub>	3,64 Cb	7,52 Ba	9,96 Aab	6,02 Cb	4,45 Cb	19,76
ILPF <sub>22m</sub>	4,98 Cb	8,80 Ba	12,40 Aa	6,60 Cab	6,69 Cab	
ILP	8,38 Aa	8,72 Aa	8,55 Ab	8,64 Aa	8,51 Aa	
<i>TCR (g g dia<sup>-1</sup>)</i>						
ILPF <sub>14m</sub>	0,27 Bb	0,32 Aa	0,33 Ab	0,30 Ab	0,28 Bc	4,49
ILPF <sub>22m</sub>	0,29 Cb	0,33 Ba	0,35 Aa	0,31Cab	0,31Cb	
ILP	0,32 Aa	0,33 Aa	0,33 Ab	0,33 Aa	0,33 Aa	
<i>TAL (g dm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>)</i>						
ILPF <sub>14m</sub>	25,25 Cb	65,62 Aa	81,09 Ab	50,67 Ba	31,30 Cb	21,77
ILPF <sub>22m</sub>	40,04 Cb	73,58 Ba	110,14 Aa	57,75 Ba	57,26 Ba	
ILP	73,13 Aa	73,31 Aa	73,22 Ab	73,27 Aa	74,05 Aa	

<sup>1</sup>Letras diferentes maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e Tukey, respectivamente, a 5% de probabilidade

Na taxa de crescimento relativo (TCR), no ILPF<sub>14m</sub> foi verificado os maiores valores nos locais de amostragem B; C; D. No período vegetativo nestes pontos de amostragem os níveis de RFA foram superiores a 90%, assim proporcionando o

aumento de área foliar e biomassa seca da planta. Para o  $ILPF_{22m}$ , apenas no ponto de amostragem C, confirmou-se os valores elevados de TCR, fato que o destacou entre os sistemas estudados, pois recebeu menos 11% de RFA do que o ILP, e mesmo assim, ocorreu incremento na TCR.

Como esses parâmetros (TCA e TCR) avaliam a velocidade de crescimento e o acúmulo de massa seca da planta produzida no tempo. Maciel et al. (2003) observaram que locais onde ocorreram elevadas RFA, proporcionaram aumento dessas variáveis.

Para a TAL, no  $ILPF_{14m}$ , foi observado um comportamento diferente ao TCR. Os locais de amostragem B e C obtiveram resultados acima de  $60 \text{ g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , em função de que a incidência luminosa durante os estádios vegetativos e reprodutivos foram superiores a 90% de RFA. Os valores elevados para TAL também foram verificados no ponto de amostragem C, para o  $ILPF_{22m}$ . Isso evidencia que esta variável é totalmente influenciada pela quantidade de luz fornecida e interceptada pelas plantas de soja.

Dentro deste contexto, considerando a TAL como a estimativa da eficiência fotossintética, pode-se inferir que a alta incidência de RFA, proporcionou evidente aumento na eficiência da TAL, quando comparado aos demais tratamentos com menores porcentagens de RFA. Valores acima de 80% de RFA não causaram interferência na assimilação da luz e no aumento da TAL, revelando assim maiores ganhos em produtos da fotossíntese por unidade de área foliar (Fernandes et al., 1995).

Entre os diversos componentes do ambiente, a luz é primordial para o crescimento das plantas, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas também, por fornecer sinais que regulam seu desenvolvimento por meio de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades, qualidade espectral e estado de polarização (Matos et al., 2011). Desta forma, modificação nos níveis de luminosidade, ao qual uma espécie está adaptada, pode condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (Atroch et al., 2001).

Não houve efeito significativo dos tratamentos e da interação sobre o IAF, sendo o IAF médio foi 1,59. Possivelmente, as condições de sombreamento e a desfolha de 28% influenciaram negativamente nos índices de crescimento da soja. Para a cultura da soja, o valor crítico de IAF para interceptar 95% da radiação solar é

3,9 (Casaroli et al., 2007).

A cultura da soja apresenta elevada área foliar e rápida emissão de folíolos, ocasionando grande incremento na interceptação de radiação solar e rápido sombreamento das plantas competidoras (Casaroli et al., 2007). Esses valores estão acima dos encontrados por Brandelero et al. (2002) que obtiveram IAF ótimo entre 2,04 a 2,70 para nove cultivares de soja nas condições do Recôncavo Baiano.

A luz e temperatura atuando sobre a divisão e a expansão celular, afetam conseqüentemente, o tamanho e a área foliar (Silva et al., 1988). Notamos que sob as condições extremas de sombreamento, a área foliar dos folíolos de *Vicia americana*, uma leguminosa, foi menor do que a dos folíolos a pleno sol, alcançando somente a 20 a 25% da área total desses (Cormack, 1955).

Segundo Procópio et al. (2004), o IAF é um das características que pode indicar a capacidade das plantas em competir por luz, e que as culturas da soja e do feijão apresentaram maior potencial de competição por esse recurso do que as plantas daninhas. Estes autores conduziram experimento em Viçosa-MG, cujo objetivo do trabalho foi avaliar as características fisiológicas e os índices de crescimento para as culturas de soja (cultivar UFV) e feijão, em duas épocas de avaliação: 39 e 67 dias após a semeadura. De acordo com os mesmos autores, foi observado que a cultivar de soja UFV dos 39 aos 67 dias após a semeadura obteve IAF de 0,815.

Diferentemente dos resultados obtidos por Nagasuga et al. (2013) e Debortoli et al. (2012) que foi de 4,3 para as cultivares Misato-zairai e TMG 4001 RR, respectivamente, as pesquisas da cultura da soja que avaliam a influência do componente arbóreo, avaliando o índice de área foliar, ainda são escassos na literatura.

De acordo com Schöffel e Volpe (2001), a quantidade de energia luminosa e a transmissão da RFA é uma função exponencial negativa do produto do IAF pelo coeficiente de extinção ( $k$ ), ou seja, a quantidade de luz que penetra ao longo do dossel reduz de maneira exponencial à medida que há aumento do IAF.

A área foliar é importante fator de produtividade de uma cultura, visto ser a principal causa da interceptação da luz solar. Embora alta produtividade esteja associada com alta área foliar, valores ótimos de IAF podem reduzir a produção, em razão do auto-sombreamento, verificando-se, então, relação inversa entre índice de área foliar e taxa assimilatória líquida (Melges et al., 1989). Assim como a

interceptação, a distribuição da luz no dossel é importante para a produtividade da soja (Sakamoto e Shaw 1967, Shaw e Weber 1967, Weber 1968).

Desta maneira, a produtividade da soja depende da produção de fotoassimilados, que é oriunda do complexo fotossintético, de modo que os fatores que resultam em queda de área foliar afetam a produtividade de grãos (Peluzio et al., 2004).

### Componentes da produção da cultura da soja

Houve efeito significativo dos locais de amostragem sobre a produtividade de grãos e índice de colheita (Tabela 20). A produtividade de grãos de soja obtida neste estudo foi similar aos encontrados em outras pesquisas a pleno sol (Ludwig et al., 2010b; Mariani et al., 2012; Tormen et al., 2012; Reis et al., 2014), com valores de 2.837 a 2.987 kg ha<sup>-1</sup>. A produtividade de grãos de soja não diferiu entre os locais de amostragem B, C e D, e nestes locais a produtividade foi maior do que nos locais A e E.

**Tabela 20.** Valores médios dos sistemas de integração para produtividade de grãos da soja (kg ha<sup>-1</sup>) e o índice de colheita (%) da cultura da soja em cinco posições entre as fileiras de eucalipto.

Componentes da produção	Local de amostragem					C.V. <sup>1/</sup>
	A	B	C	D	E	
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	2.192 b	2.920 a	2.975 a	2.702 a	2.176 b	19,89
Índice de Colheita (%)	52,14 a	42,67 b	37,33 b	44,92 b	49,78 a	18,93

a>b pelo teste de Scott-Knott (P<0,05). <sup>1/</sup>C.V.: coeficiente de variação.

Ao contrário dos resultados obtidos por Godinho et al. (2010), com soja cultivada no sistema de ILPF, estes autores obtiveram a produtividade média de grãos de 3.696 kg ha<sup>-1</sup>. Apesar da influência da sombra do eucalipto na produtividade de grãos da soja, esta cultura pode ser promissora em sistemas agrossilvipastoris, como alternativa na rotação de culturas (lavoura e pastagem) com vistas à eficiência do uso da terra, fixação biológica de nitrogênio e amortização dos custos de implantação do componente arbóreo.

Em trabalho semelhante realizado por Almeida et al. (2014), cujo o objetivo foi avaliar o efeito do cultivo consorciado entre soja e eucalipto em diferentes posições

da faixa de cultivo da soja em relação aos renques das árvores. Foram avaliadas três posições da faixa de cultivo da soja entre os renques de eucalipto, sendo essas: 1- extremidade oeste; 2- centro da faixa; e 3- extremidade leste.

No cultivo de soja entre renques de eucalipto distanciados em 15 m e instalados no sentido norte-sul, a produtividade de grãos é maior na extremidade oeste ( $4.276 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e menor na extremidade leste da faixa de cultivo ( $2.030 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em função de serem os locais com maior e menor incidência de radiação solar ao longo do dia, respectivamente.

Atualmente, com a difusão dos sistemas de ILPF, a soja tem sido considerada de elevado potencial para uso no sistema, uma vez que promoveria o enriquecimento dos solos em nitrogênio, favorecendo o crescimento da espécie florestal e da forrageira subsequente (França, et al., 2013). Schreiner e Baggio (1986) não constataram diferenças significativas entre plantas de eucalipto cultivadas em monocultivo e em consórcio com a soja, todavia verificaram uma tendência de maior crescimento do eucalipto quando consorciado.

O efeito favorável da soja sobre o crescimento do eucalipto pode ser atribuído ao aproveitamento, pela espécie florestal, da adubação aplicada na soja; ao aproveitamento do nitrogênio fixado pela leguminosa; e às condições ambientais mais favoráveis de crescimento inicial, devido à cobertura do solo pela soja (Schreiner, 1989).

Oliveira et al. (2010) avaliaram a produtividade das culturas do arroz, da soja e o desenvolvimento inicial de quatro espécies florestais em diferentes arranjos de implantação, todos consorciados simultaneamente com faixas de lavoura. O pinho-cuiabano e eucalipto implantados em linha simples, dupla e tripla sendo que essa última espécie foi implantada também no plantio puro (espaçamento de  $4 \times 3 \text{ m}$ ) e o pau-de-balsa e teca implantados apenas em linha tripla. A produtividade média da soja foi de  $3.546 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo estes resultados representativos para a região e aparentemente não havendo grande efeito depressivo das espécies florestais sobre a produtividade dos grãos de soja.

A produtividade média nos locais B, C e D foi de  $2.866 \text{ kg ha}^{-1}$ . Este valor representa 97% em relação a média nacional ( $2.938 \text{ kg ha}^{-1}$ ); similar a média estadual de Mato Grosso do Sul na safra 12/13, que demonstrou a produtividade média de  $2.880 \text{ kg ha}^{-1}$ . Vale ressaltar que, esta produtividade foi alcançada com apenas 68% de RFA no período.

Além disso, estes pontos de amostragem foram beneficiados com RFA distribuídos de forma semelhante nos estádios vegetativo e reprodutivo, favorecendo o processo fotossintético por meio da intensidade luminosa fornecida regularmente nos dois estádios da planta de soja. Provavelmente, o favorecimento desse processo se deu em razão da maior intensidade de RFA na fase inicial do florescimento, sendo que, nesta fase, a soja é muito sensível a esta variável climática, para que obtenha altas produtividades (Rosolem, 2006). Scherer et al. (2010) avaliaram a cultivar de soja BRS Valiosa RR consorciada com eucalipto e obtiveram a produtividade de  $3.218 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Comportamento semelhante foi verificado por Souza (2011), estudando a relação entre a distância da linha de árvores de eucalipto e a produtividade de grãos de soja produzida entre renques espaçados de 22 m, verificou que o sombreamento provocado pelo eucalipto reduziu a produtividade dos grãos de soja em maior intensidade nas linhas próximas às árvores. Casaroli et al. (2007) constataram que a disponibilidade e o aproveitamento da radiação solar pela cultura de soja são fatores determinantes na produtividade final de grãos.

O número de vagens é determinado durante os estádios vegetativos finais e reprodutivos iniciais. A interceptação de luz pela comunidade de plantas é fundamental para o desenvolvimento de gemas reprodutivas, armazenamento de fotoassimilados e diminuição do aborto de flores e de vagens (Board e Harville, 1994). Ferreira et al. (2011) observaram que em sistema de integração lavoura-pecuária em diferentes intensidade de pastejo, a média de produtividade foi de  $2.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . Ao contrário, Oliveira et al. (2013) encontraram produtividade de  $4.979 \text{ kg ha}^{-1}$ , com experimento conduzido em Santo Antônio de Goiás – GO, utilizando a cultivar BRS Valiosa RR, semeada em novembro de 2007.

Houve efeito significativo dos locais de amostragem sobre o IC. Este índice representa a razão entre a produtividade de grãos e a produção total de biomassa produzido pela cultura. O IC foi superior nos pontos de amostragem (A e E) com menor incidência de RFA e próximos da copa das árvores (Tabela 20), reflexo de sua menor capacidade de produção de biomassa pela planta em relação à produtividade de grãos. Os pontos de amostragem B, C e D apresentaram valores de IC inferior a 42%, possivelmente porque ocorreu ataque de percevejo marrom na presente pesquisa, assim diminuindo o peso dos grãos de soja. Estes resultados de IC ficaram na faixa dos valores encontrados por Ludwig et al. (2010a) que obtiveram

IC variando entre 42 a 55%, trabalhando com dez cultivares de soja nas condições do Rio Grande do Sul.

Ferreira et al. (2014), avaliando a dinâmica populacional de insetos em lavouras de soja sob sistema de ILPF, entre os percevejos fitófagos, observaram a predominância das espécies *Euschistus heros* (percevejo marrom) e *Dichelops* sp. (percevejo barriga verde). Estes percevejos também foram observados no presente trabalho na fase reprodutiva.

Houve interação significativa entre sistema de produção e locais de amostragem para MMG (Tabela 21). Observou-se MMG inferior no ILP em função dos percevejos marrom que interferiram neste sistema, provocando redução de peso nos grãos. No ILPF<sub>22m</sub> foi constatado resultados elevados de MMG nos pontos de amostragem A, B, C e E. Esse comportamento corrobora com as observações de Rambo et al. (2003) de que os maiores MMG influenciaram em elevada produtividade de grãos. No ILPF<sub>22m</sub>, os resultados são compatíveis com os relatados por Lamego et al. (2013), para outra cultivar de soja.

**TABELA 21.** Massa de 1000 grãos (MMG, em gramas) da cultura da soja cultivada em três sistemas de integração em diferentes locais de amostragem.

Sistemas	Local de amostragem				
	A	B	C	D	E
ILPF <sub>14m</sub>	121 Ab	128 Ab	128 Ab	128 Aa	122 Aab
ILPF <sub>22m</sub>	169 Aa	173 Aa	181 Aa	96 Bab	151 Aa
ILP	82 Ac	102 Ab	91 Ac	85 Ab	94 Ab
CV = 17,29%					

<sup>71</sup>Letras diferentes maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott e Tukey, respectivamente, a 5% de probabilidade

O ILPF<sub>22m</sub> se destacou com os maiores valores de MMG e este comportamento é explicado pelo fato de que no ILP, onde se esperava melhores resultados de MMG, ocorreu alta infestação de plantas daninhas e de percevejos, prejudicando o crescimento da cultura e produtividade de grãos. Resultados semelhantes, porém com outras cultivares, foram encontrados por Fioreze et al. (2013), que avaliando o efeito da cinetina e do cálcio sobre as características fisiológicas e produtivas de plantas de soja, submetidas a estresses por déficit

hídrico e sombreamento na fase de florescimento, encontraram valor médio de 162 g de MMG para cultivar BRS 245 RR.

O ILPF<sub>14m</sub> não diferiu estatisticamente entre os locais de amostragem. Apenas no ponto de amostragem D, o ILPF<sub>14m</sub> foi superior aos demais sistemas de integração estudados. Igualmente Almeida et al. (2014), trabalhando a soja consorciada com eucalipto no espaçamento entre renques de 15 m, observaram que a MMG foi maior na extremidade oeste (144 g) e menor na extremidade leste da faixa de cultivo (83 g), em função de serem os locais com maior e menor incidência de radiação solar ao longo do dia, respectivamente. De acordo com Gazzoni e Moscardi (1998), os caracteres mais importantes na redução da produção de grãos são o número de sementes por vagem e a massa de 1000 grãos.

Não houve efeito significativo de tratamentos e interação sobre o número de vagens por planta. Os sistemas de integração ILPF<sub>14m</sub>, ILPF<sub>22m</sub> e ILP apresentaram valores médios de 19; 24; 46 vagens por planta, seguidamente. Os resultados do sistema ILP foram semelhantes aos relatados por Mariani et al. (2012), que estudando a cultivar de soja Nidera 4910RR em Passo Fundo-RS nas condições de pleno sol, encontraram 49 vagens por planta. No entanto, os resultados nos sistemas agrossilvipastoris foram inferiores aos encontrados por Almeida et al. (2014), que nas extremidade oeste, leste e central observaram 52, 41 e 54 vagens por planta, respectivamente.

De outro modo, Fioreze et al. (2013) avaliaram o efeito da cinetina e do cálcio sobre as características fisiológicas e produtivas de plantas de soja submetidas a estresses por déficit hídrico e sombreamento na fase de florescimento. Para a imposição do estresse por sombreamento, as plantas foram recobertas com tela posicionada a um metro de distância do dossel, com capacidade de reter 80% da luz incidente. Estes autores citados acima encontraram 29 vagens por planta. Resultado este que foi superior aos valores médios dos sistemas agrossilvipastoris da presente pesquisa.

Os relatos de estudos quantificando o efeito do sombreamento nos componentes da produção da soja são escassos na literatura. Os sistemas agrossilvipastoris não diferiram estatisticamente entre si, assim o ILPF<sub>14m</sub> (2.038 kg ha<sup>-1</sup>) e ILPF<sub>22m</sub> (2.270 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram produtividade média de 2.431 kg ha<sup>-1</sup>, independente do local de amostragem, representando 83 e 80%, em relação ao ILP (2.915 kg ha<sup>-1</sup>) e a média brasileira na safra 12/13 (2.938 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente,

sendo em Mato Grosso do Sul a média estadual de 2.880 kg ha<sup>-1</sup> na safra 12/13.

Vale ressaltar, que a produtividade obtida foi com RFA média de 68% no período, indicando que a soja tem tolerância ao sombreamento e, pode ser uma opção para rotação de culturas e de diversificação de sistemas de ILPF.

Souza (2011) concluiu que o espaçamento de 22 metros possibilitou rendimento satisfatório de soja até, no mínimo, o terceiro ano do consórcio. Assim, espaçamentos maiores entre os renques proporcionaram as produtividades médias de soja mais próximas ao pleno sol em comparação a espaçamentos mais estreitos.

A produtividade de grãos da soja, quando no sistema de produção em consórcio com eucalipto, no espaçamento 14 x 2 m, é inferior à produtividade obtida em áreas a pleno sol. Os valores dos componentes da produção da soja aumentaram à medida que aumenta a distância das linhas de eucalipto (França et al., 2013).

Assim, observa-se, que a cultura da soja em plantio direto, inserida no sistema ILPF, se mostrou tecnicamente viável, remunerou todos os custos de produção e apresentou lucro, nesta condição de produção (Scherer et al., 2010).

#### **4.4 CONCLUSÕES**

Nos locais de amostragens próximos às copas dos eucaliptos, houve redução nos índices de crescimento e componentes da produção da soja devido ao sombreamento intenso das plantas de eucalipto.

Os sistemas agrossilvipastoris com o arranjo espacial de eucalipto de 14 x 2 m e 22 x 2 m demonstraram a mesma produtividade de grãos de soja.

O sistema sem árvores proporcionou maiores índices de crescimento e produtividade de grãos de soja do que os sistemas com plantas de eucalipto.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.L.; CALONEGO, J.C.; CATUCHI, T.A.; TIRITAN, C.S.; ARAÚJO, F.F.; SILVA, P.C.G. Produtividade de soja em diferentes posições entre renques de eucalipto em cultivo consorciado. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.10, n.1, p.33-44, 2014.

ATROCH, E.M.A.C.; SOARES, A.M.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, p.853-862, 2001.

BAHRY, C.A.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; ZIMMER, P.D.; SOUZA, V.Q.; CARON, B.O. Desempenho agrônômico da soja em função da desfolha em diferentes estádios vegetativos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, Paraíba, v.7, p.19-24, 2013.

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; SILVA, V.P.; MORAES, A.; MARTINEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1-13, 2011.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; GONÇALVES, H.M.; SUTIL, V.R.; ROCCHI, C.E.; MATZENAUER, R. Perfis de radiação em uma comunidade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em dois estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2, 1981, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1981. p.173-178.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.6, p.1103-1106, 1994.

- BRANDELERO E.; PEIXOTO, C.P.; SANTOS, J.M.B.; MORAES, J.C.C, PEIXOTO, M.F.S.P.; SILVA V. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Bahia, v.14, p77-88. 2002.
- CÂMARA, G.M.S. Fenologia da soja. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n.82, 1998. 22p.
- CASAROLI, D.; FAGAN, E.B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S.P.; MANFRON, P.A.; DOURADO NETO, D.; LIER, Q.J.V.; MÜLLER, L.; MARTIN, T.N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de Soja . **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.2, p. 102-120. 2007.
- CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2015. Disponível em: <[http:// www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 24 jun. 2015.
- CORMACK, R.G.H. The effect of extreme shade upon leaf form and structure in *Vicia Americana* Muhl. **Canadian Journal of Botany**, San Francisco n.33, v.7, p.293-300, 1955.
- CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; ROMÁN, R.A.A. Características agronômicas de la soya en función de las densidades de siembra y profundidad de deposición de abono. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.1, p.62-68, 2011.
- DEBORTOLI, M.P.; TORMEN, N.R.; BALARDIN, R.S.; FAVERA, D.D.; STEFANELLO, M.T.; PINTO, F.F.; UEBEL, J.D. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem asiática da soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.920-927, 2012.
- DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A.L.; ISERNHAGEN, E.C.C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.8, p.639-647, 2014.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil, 2012 e 2013. Londrina: EMBRAPA Soja; EMBRAPA Cerrados; EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2011. 262 p. (EMBRAPA Soja. Sistemas de produção, 11).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2010. 474p.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, (Special report, 80), 1977. 11p.
- FERNANDES, A.A.H.; RODRIGUES, J.D.; CASTRO, P.R.C.; PINHO, S.Z. Efeitos do agrostemin em plantas de soja (*Glicine max* (L.) Merrill cv. IAC-8), através dos parâmetros fisiológicos: razão de área foliar, taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento relativo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.2,

p.339-345, 1995.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v.6, n.2, p.36-41, 2008.

FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v.35, p.161-169, 2011.

FERREIRA, F.T.R.; PITTA, R.M.; NUNES, N.R. Dinâmica populacional de insetos em lavouras de soja sob sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 25, 2014, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 2014.

FIOREZE, S.L.; RODRIGUES, J.D.; CARNEIRO, J.P.C.; SILVA, A.A.; LIMA, M.B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.11, p.1432-1439, 2013.

FRANÇA, A.N.; FERREIRA, A.D.; MACEDO, M.C.M.; ARAÚJO, A.R.; GONÇALVES, A.A. Índice de produtividade da lavoura de soja consorciada com eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEIS: 10 ANOS DE PESQUISA, 2, 2013, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 2013.

GAZZONI, D.L.; MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, v. 24, p.411, 1998.

GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M.; BROGIN, R.L.; SIMONETTO, R.; TOWNSEND, C.R.; Produção e custos de produção de soja no sistema integração lavoura-pecuária-floresta em Vilhena-RO. In: I Workshop sobre integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia. Vilhena. EMBRAPA, (EMBRAPA, **Série Documentos nº 141**), 2010.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

LAMEGO, F.P.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; KULCZYNSKI, S.M.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T.E.; SANTI, A.L. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n.4, p.929-938, 2013.

LINDSEY, A.A.; NEWMAN, J.E. Use of official weather data in spring time - temperature analysis of an Indiana phenological record. **Ecology**, Washington, v.37, n.4, p.812-823, 1956.

- LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C.; LUCCA FILHO, O.A.; ZABOT, L.; UHRY, D.; LISBOA, J.I.; JAUER, A. Características morfológicas de cultivares de soja convencionais e *Roundup Ready*™ em função da época e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.4, p.759-767, 2010a.
- LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C.; LUCCA FILHO, O.A.; ZABOT, L.; UHRY, D.; LISBOA, J.I. Produtividade de grãos da soja em função do manejo de herbicida e fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, p.1516-1522, 2010b.
- MACIEL, C.D.G.; CORRÊA, M.R.; ALVES, E.; NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O.; BOARO, C.S.F. Influência do manejo da palhada de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o desenvolvimento inicial de soja (*Glycine max*) e amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.3, p.365-373, 2003.
- MARIANI, F.; FONTANELI, R.S.; VARGAS, L.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. Estabelecimento de gramíneas forrageiras tropicais perenes simultaneamente com as culturas de milho e soja no Norte do RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.8, p.1471-1476, 2012.
- MATOS, F.S.; GAMBOA, I.; RIBEIRO, R.P.; MAYER, M.L.; NEVES, T.G.; LEONARDO, B.R.L.; SOUZA, A.C. Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.14, p.265-272, 2011.
- MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Influência do sombreamento artificial nas condições microclimáticas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.7, p.857-863, 1989.
- NAGASUGA, K.; KADOWAKI, M.; HAYAKAWA, Y.; FUKUNAGA, A.; NOSE, S.; UMEZAKI, T. Comparison of light-intercepting characteristics between soybean (*Glycine max*) cultivar "Misato-zairai" and "Fukuyutaka". **Environmental Control Biological**, Fukuoka, v.51 n.2, p.85-88, 2013.
- OLIVEIRA, B.S.; LANGE, A.; RONDON NETO, R.M.; WRUCK, F.J.; COBUCCI, T.; Integração lavoura-pecuária-floresta em Nova Canaã do Norte - Mato Grosso: primeiros resultados. In: XXIX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29, 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, SBCS, 2010.
- OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; CASTRO, T.A.P. Corn and soybean yields as affected by cover crops and herbicide timing under no tillage system. **Planta Daninha**, Viçosa, v.31, n.4, p.939-946, 2013.
- PANIZZI, A.R.; CORRÊA, B.S.; GAONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B.; NEWMAN, G.G.; TURNIPSEED, S.G. **Insetos da soja no Brasil**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, (EMBRAPA-CNPSo. Boletim Técnico, 1), 1977. 20p.
- PELUZIO, J.M.; BARROS, H.B.; BRITO, E.L.; SANTOS, M.M.; SILVA, R.R. Efeitos sobre a soja do desfolhamento em diferentes estádios fenológicos.

**Revista Ceres**, Viçosa, v.51, p.575-585, 2004.

PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A.; MARTINEZ, C.A.; WERLANG, R.C. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.211-216, 2004.

QUINTINO, A.C.; ALMEIDA, R.G.; ABREU, J.G.; MACEDO, M.C.M.; ARANHA, A.S. Produtividade da soja em condições de sombreamento em sistemas de integração. In: CONGRESSO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEIS: 10 ANOS DE PESQUISA, 2, 2013, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 2013.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.P.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.405-411, 2003.

REIS, E.M.; SEGALIN, M.; MORAES, N.L.; GHISSI, V.C. Efeitos da rotação de Culturas na incidência de podridões radiciais e na produtividade da soja. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v.40, n.1, p.09-15, 2014.

ROSOLEM, C.A. Ecofisiologia da soja. In: SUZUKI, S.; YUYAMA, M.M.; CAMACHO, S.A. (Ed.). **Fundação MT - Boletim de Pesquisa de Soja 2006**. Rondonópolis: Fundação MT, 2006. p.41-51.

SAKAMOTO, C.M.; SHAW, R.H. Light distribution in field soybean canopies. **Agronomy Journal**, Madison. v.59, p.7-9, 1967.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro: EMBRAPA- SPI, 2013. 353p.

SANTOS, V.A.F.; NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Differential symbiotic efficiency by shading of soybean nodulated by b. Japonicum and *Elkanii* strains. **Soil Biology Biochemistry**, Amsterdã, v.29, n.5/6, p.1015-1018, 1997.

SCHERER, J.C.M.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M.; BROGIN, R.L. Sistema iLPF no Cerrado de Rondônia: produtividade e custos de produção de soja, safra 2010/2011. **Revista Pesquisa e Criação**, Porto Velho, n.10, Suplemento Especial, p.406-409, 2011.

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPE, C.A. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para a produção de fitomassa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v.9, p.241-249, 2001.

SCHREINER, H.G. Culturas intercalares de soja em reflorestamentos de eucaliptos no Sul-Sudeste de Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v.18, p.1-10, 1989.

SCHREINER, H.G.; BAGGIO, A.J. Sistemas agroflorestais no Sul - Sudeste do Brasil. In: TALLER SOBRE DISEÑO ESTADISTICO Y EVALUACION

ECONOMICA DE SISTEMAS AGROFORESTALES, 1986, Curitiba. **Apuntes**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ; [Roma]: FAO, 1986. p. 45-73.

SHAW, R.H.; WEBER, C.R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, n.3, v.59, p.155,1967.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v.6, p.575-577, 1965.

SILVA, H.T.; RODRIGUES, J.D.; COSTA, J.G.C. Influência do sombreamento causado pelo milho na anatomia da folha de feijoeiro de diferentes hábitos de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.12, p.1401-1406, 1988.

SOUZA, R.E.T. **Produção de soja em sistema agrossilvipastoril com eucalipto no Cerrado**. 2011. 39f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, FAMEV/UNB, Brasília, 2011.

SOUZA, V.Q.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D.N.; BAHRY, C.A.; CARON, B.O.; ZIMMER, P.D. Caracteres morfofisiológicos e produtividade da soja em razão da desfolha no estágio vegetativo. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.216-223, 2014.

THOMAS, J.F. Ontogenetic and morphological plasticity in crop plants. In: BOOTE, K.; SINCLAIR, T. (Ed.). **Physiology and determinations of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, cap.7B, p.181-185, 1994.

TORMEN, N.R.; SILVA, F.D.L.; DEBORTOLI, M.P.; UEBEL, J.D.; FÁVERA, D.D.; BALARDIN, R.S. Deposição de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.7, p.802-808, 2012.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. **Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máximas e mínimas**. São Paulo: USP, 1972. (Caderno de ciências da terra, n. 30).

WEBER, C.R. Physiological concepts for high soybean yields. **Field Crop Abstracts**, Wallingford, v.21, p.313, 1968.

## **5. CONCLUSÕES GERAIS**

Os índices de crescimento e componentes da produção das culturas milho e soja foram reduzidos pelo sombreamento ocasionado pelas plantas de eucalipto, principalmente, nos locais mais próximos das árvores.

A soja apresenta-se mais tolerante ao sombreamento do que o milho, pois respondeu com maior produtividade de grãos em maior restrição de radiação fotossinteticamente ativa.

O sistema agrossilvipastoril com o arranjo espacial de eucalipto de 22 x 2 m é mais apropriado para exploração comercial de culturas agrícolas em sistemas integrados de produção.