

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

João Paulo Ribeiro Leite

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE SOJA SOB DIFERENTES NÍVEIS
DE SOMBREAMENTO**

Unai

2021

João Paulo Ribeiro Leite

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE SOJA SOB DIFERENTES NÍVEIS
DE SOMBREAMENTO**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro (a) Agrônomo (a).

Orientador: Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo
Coorientadora: Me. Natanielly Rodrigues Avelino

**Unaí
2021**

João Paulo Ribeiro Leite

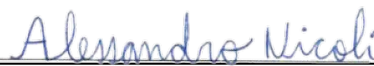
**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE SOJA SOB DIFERENTES NÍVEIS
DE SOMBREAMENTO**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro (a) Agrônomo (a).

Orientador: Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo

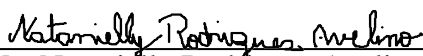
Coorientadora: Me. Natanielly Rodrigues Avelino

Data de aprovação 14 / 05 / 2021 .



Prof. Dr. Alessandro Nicoli
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Prof. Dr. Wellington Ferreira Campos
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM



Me. Natanielly Rodrigues Avelino
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM



Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da graduação.

Aos meus pais e irmãos e amigos, que me incentivaram nos momentos difíceis e me incentivaram a continuar essa caminhada.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional ao longo do curso, e em especial ao Dr. Anderson Barbosa Evaristo e Me. Natanielly Rodrigues Avelino pela orientação no desenvolvimento desse trabalho.

E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto (nº 423896/2018).

Muito obrigado!

Unaí, Minas Gerais,

Abril de 2021.

O autor.

RESUMO

Com a necessidade de técnicas de produção mais sustentáveis na agricultura surge como alternativa os sistemas integrados de produção que promove a diversificação dos meios de produção. A soja (*Glycine max*), principal cultura agrícola no Brasil atualmente, é também cultivada nos sistemas integrados de produção. No entanto, não há recomendações técnicas de cultivares de soja mais indicadas para uso nesses sistemas, que se caracterizam por apresentarem algum grau de sombreamento. O objetivo da pesquisa foi avaliar o comportamento de cultivares de soja em diferentes níveis de sombreamento para prever os materiais mais adaptáveis ao cultivo em ambientes com restrição luminosa. Foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação no delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições. Os experimentos I, II e III, correspondem a três níveis de sombreamento, 0%, 25% e 48% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), respectivamente. Nos experimentos foram utilizadas 16 cultivares de soja com diferentes grupos de maturação e hábitos de crescimento. Os genótipos de soja apresentaram comportamento distintos em função da restrição da radiação fotossinteticamente ativa o que contribuiu para a seleção de materiais para ambientes mais sombreados, especialmente em áreas de sistemas integrados de produção. Cultivares como RK 7518 IPRO, NS 8338 IPRO, NS 7667 IPRO, NS 7901 RR, NS 7780 IPRO, BONUS IPRO e RK 8115 IPRO resultaram em maiores produções quando cultivadas em condição de restrição luminosa. Enquanto as cultivares RK7518 IPRO, CD2728 IPRO, M7110 IPRO e RK6316 IPRO apresentaram menores ALT em ambiente sombreado, conseqüentemente, tiveram maiores valores para NH, contribuindo para o rendimento dessas cultivares nesses ambientes. As cultivares RK7518 IPRO, NS8338 IPRO, NS7667 IPRO, NS7901 RR e BONUS IPRO apresentaram desempenho satisfatório em ambiente sombreado avaliando número de vagens, massa de cem grãos e produção.

Palavras chave: *Glycine max*. Radiação Solar. Sustentabilidade. Diversificação. Produtividade.

ABSTRACT

With the need for more sustainable production techniques in agriculture, integrated production systems that promote the diversification of the means of production appear as an alternative. Soy (*Glycine max*), the main agricultural crop in Brazil today, is also grown in integrated production systems. However, there are no technical recommendations for soybean cultivars more suitable for use in these systems, which are characterized by having some degree of shading. The objective of the research was to evaluate the behavior of soybean cultivars at different levels of shading to predict the materials most adaptable to cultivation in environments with light restriction. Three experiments were carried out in a greenhouse in a randomized block design (DBC), with three replications. Experiments I, II and III, correspond to three levels of shading, 0%, 25% and 48% of photosynthetically active radiation (RFA), respectively. In the experiments, 16 soybean cultivars with different maturation groups and growth habits were used. The soybean genotypes showed different behavior due to the restriction of photosynthetically active radiation, which contributes to the selection of materials for more shaded environments, especially in areas of integrated production systems. Cultivars such as RK 7518 IPRO, NS 8338 IPRO, NS 7667 IPRO, NS 7901 RR, NS 7780 IPRO, BONUS IPRO and RK 8115 IPRO resulted in higher yields when cultivated under conditions of light restriction. While the cultivars RK7518 IPRO, CD2728 IPRO, M7110 IPRO and RK6316 IPRO had lower ALT in a shaded environment, consequently, they had higher values for NH, contributing to the yield of these cultivars in these environments. The cultivars RK7518 IPRO, NS8338 IPRO, NS7667 IPRO, NS7901 RR and BONUS IPRO showed satisfactory performance in shaded environment, evaluating the number of pods, mass of one hundred grains and yield.

Keywords: *Glycine max*. Solar radiation. Sustainability. Diversification. Productivity

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2.1 Objetivo Geral.....	6
2.2 Objetivos Específicos	7
3 REFERENCIAL TEÓRICO	7
3.1 Sistemas integrados de produção agropecuária.....	7
3.2 Cultura da Soja	8
3.3 Comportamento morfológico e fisiológico da soja em relação à sombra	9
3.4 Rendimento da soja em ambiente sombreado.....	10
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
4.1 Análises estatísticas	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
7 REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada a leguminosa mais importante do sistema agrícola mundial, sendo importante fonte de proteína e óleo vegetal, podendo ser utilizada na alimentação humana e animal (GROLI, 2016), além da produção do biodiesel e os diversos produtos derivados (BEZERRA e ANTONIOSI FILHO, 2015).

A estimativa de aumento populacional mundial para 9,8 bilhões de habitantes até 2050 torna o setor agropecuário cada vez mais importante para suprir a demanda por alimentos, esperando um aumento de 70% da produção mundial de alimentos, sem resultar em escassez ou alteração nos preços (FAO, 2017). Alguns fatores têm aumentado os desafios para a produção mundial atingir o patamar necessário, como a redução da disponibilidade de terras, multifuncionalidade da agricultura, mudanças climáticas, redução da disponibilidade hídrica (RODRIGUES *et al.*, 2017). Por esses motivos é necessário a busca por cultivares mais produtivas e mais adaptadas as condições adversas, além da adoção de práticas de cultivo mais conservacionistas.

A produção mundial de soja alcançou na safra 19/20 337,298 milhões de toneladas em 122,648 milhões de hectares (USDA, 2020), sendo o Brasil o maior produtor atingindo 135 milhões de toneladas (CONAB, 2021). A área plantada da soja brasileira cresceu 3% em relação à safra anterior, saindo de 35.874 mil hectares para 38 milhões de hectares (CONAB, 2021). Segundo o USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) a estimativa para a produção brasileira de soja é de 133 milhões de toneladas na safra 2020/2021. Aumento impulsionado pelos bons resultados em produtividade e financeiro na safra anterior, motivando os agricultores a incorporar novas áreas especialmente de pastagens degradadas (CONAB, 2020).

A intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção podem contribuir para harmonizar interesses de diversificação das atividades agrícolas e pastoril e melhor utilização dos recursos ambientais (BALBINO *et al.*, 2011). Nesse sentido, sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs), como exemplo integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), pode racionalizar o uso de insumos, máquinas e mão-de-obra na propriedade agrícola, além de diversificar a produção na propriedade rural (BALBINO *et al.*, 2011). Os SIPAs podem promover a diversificação na produção de alimentos e energia, otimizando os ciclos biológicos das plantas, bem como dos insumos e seus respectivos resíduos (BUNGENSTAB *et al.*, 2019). Dauber e Miyake (2016) apresentam

diversos benefícios que podem ser alcançados em sistemas integrados de produção de alimentos, principalmente entre culturas alimentares e culturas energéticas, como aumento na disponibilidade e eficiência na utilização dos nutrientes pelas plantas, redução de pragas, doenças e plantas daninhas, aumento de insetos polinizadores e inimigos naturais, aumento da água disponível no solo e melhoria da qualidade e produtividade das culturas produzidas nesses sistemas.

Entretanto, os cultivos consorciados nas diversas formas de integração podem proporcionar aspectos negativos entre os cultivos. Normalmente, espécies arbóreas no sistema podem promover redução significativa da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), no sub-bosque, influenciando a cultura agrícola utilizada no sistema (PILAU, 2014; SCHMIDT *et al.*, 2017; LEAL, 2004, TARDIVO, 2017). Ao perceber a redução da RFA a planta tende a induzir mudanças morfológicas para evitar a sombra, como alongamento do caule e dos entrenós, diminuição do diâmetro e número de hastes laterais (HEIFFIG, 2002; MUNDSTOK e THOMAS, 2005). Para a cultura da soja, perdas de mais de 40% na produtividade foram observadas quando a RFA foi reduzida, no entanto, o mesmo estudo mostra que existem diferenças comportamentais entre os genótipos (EVARISTO *et al.*, 2018).

O manejo da luz é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, considerando sua quantidade inibida pelos sombreamentos, e sua qualidade devido ao clima da região (TATAGIBA *et al.*, 2010). A soja é uma espécie muito influenciada pelas variações de latitude e altitude, sendo sensível à baixas temperaturas, ocorrência de déficit hídrico, principalmente durante a floração e o enchimento de grãos, o que prejudica fortemente o rendimento e o teor de óleo do produto final (NEUMAIER *et al.*, 2000). Nesta fase, a soja também é muito sensível à intensidade luminosa (NEUMAIER *et al.*, 2000).

Diante do exposto, estudos que visam compreender e selecionar genótipos de soja produzidos sob diversos ambientes de sombra, tornam-se uma estratégia eficaz para o desenvolvimento e seleção de genótipo adaptáveis as condições de restrição de luz, como o que ocorre em sistemas integrados de produção agropecuária.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar e compreender o comportamento de cultivares de soja em ambientes com sombreamento.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar parâmetros morfológicos, fisiológicos e agronômicos determinantes para altos rendimentos da soja em ambientes sombreados;
- ✓ Avaliar as alterações morfofisiológicas de cultivares de soja em diferentes níveis de sombreamento e a pleno sol.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sistemas integrados de produção agropecuária

Os sistemas integrados de produção são técnicas de incorporação de atividades agrícolas, florestal e pecuária, de forma consorciada, em sucessão ou rotação, a fim de obter ganhos pela diversificação das atividades e otimização no uso de recursos ambientais (MACHADO *et al.*, 2011).

Segundo Balbino *et al.* (2011) os sistemas de integração podem ser divididos em quatro grupos, (i) Integração Lavoura-Pecuária (ILP) onde engloba os componentes lavoura e pecuária numa mesma área em consórcio, sucessão ou rotação, (ii) Integração Lavoura-Floresta (ILF), composto pelos sistemas florestais e agrícola, sendo que o componente arbóreo pode ser implantado no início da atividade, e nos anos subsequentes a implantação de culturas anuais, (iii) Integração Pecuária-Floresta (IPF), com consórcio de animais e floresta, e (iv) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), formado pelas três atividades, agrícola, florestal e pecuária.

A ILPF visa uma produção sustentável, através da diversificação de atividades produtivas e otimização dos recursos, contemplando os fatores ambientais, sociais e econômicos (BALBINO *et al.*, 2011). A utilização de sistemas ILPF pode promover diversos benefícios, dentre eles a recuperação de pastagens degradadas, diversificação e estabilização de renda, redução de custos, melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo,

sequestro de carbono e ainda contribuir com a eficiência na ciclagem de nutrientes (ALVARENGA *et al.*, 2010).

O componente florestal da ILPF auxilia na melhor distribuição de vapor de água, estabilização da temperatura e da umidade relativa do ar e proteção da superfície do solo, contribuindo para redução das mudanças climáticas (BUNGENSTAB *et al.*, 2019). Os componentes arbóreos além de estabilizadores térmicos, atuam como interceptadores e armazenadores de águas pluviais, através dos resíduos depositados no solo (PRIMAVESI, 2007).

Nos últimos anos, os sistemas integrados de produção têm se expandido, especialmente para produção de grãos, fibra, energia, florestas e criação de animais. A utilização desses sistemas é de grande importância para a recuperação de áreas de pastagens e lavouras em processo de degradação (BUNGENSTAB *et al.*, 2019).

3.2 Cultura da Soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) foi introduzida no Brasil em 1882, no estado da Bahia onde os materiais não se adaptaram as condições de baixa latitude. Uma década depois (1891) novos materiais foram testados em São Paulo, e em 1901 foi introduzida oficialmente no Rio Grande do Sul, onde as variedades vindas dos Estados Unidos, melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas, principalmente em relação ao fotoperíodo (EMBRAPA, 2004).

A soja atualmente é a principal cultura agrícola no Brasil, e desde a sua chegada vários fatores em escala mundial contribuíram de forma direta para a expansão da cultura no território nacional, dentre eles a utilização da cultura como base na produção de ração, impulsionada pelo aumento da produção mundial de carne; crescimento da economia mundial a partir dos anos 1970, com aumento no preço da *commodities*; aumento demanda internacional, principalmente da china; substituição da gordura animal e da manteiga por óleo vegetal e margarina nos hábitos alimentares e crescente uso de biocombustíveis a partir do grão (CAMPOS, 2010; WESZ, 2016; ESCHER e WILKINSON, 2019).

Os programas de melhoramento da soja têm sido fundamentais no desenvolvimento de materiais resistentes à doenças, maior produtividade, obtenção de plantas com maior teor de óleo e de proteína, além de ter sido fundamental para o desenvolvimento de novas cultivares de período juvenil longo, que permitiu a expansão da cultura para áreas com baixas latitudes no território brasileiro (FERREIRA JÚNIOR *et al.*, 2010). Atualmente, existem grande variedade

de cultivares para diferentes latitudes, sendo estas cultivares classificadas em grupos de maturação dependendo da sua resposta ao ambiente e baseada no número de dias da emergência até a maturidade fisiológica (CORRÊA, 2008).

Ao longo dos anos, com o aumento na implantação de sistemas integrados de produção, a soja vem apresentando elevado potencial para utilização nesses sistemas, promovendo o enriquecimento do solo com nitrogênio devido a sua associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, favorecendo as outras espécies utilizadas no sistema (SCHREINER, 1989). A utilização de culturas anuais demanda adaptação de tecnologias de produção, tais como cultivares, fertilização, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, contribuindo para o desenvolvimento das outras espécies que compõe o sistema (BALBINO *et al.*, 2011). Além disso, as culturas anuais são utilizadas em sistemas de ILPF para amortizar os custos de implantação, com entrada de renda até o corte do componente florestal, além de incremento na qualidade física, química e biológica do solo (ALMEIDA, 2010). A escolha da cultura anual dependerá da aptidão agrícola da região, como no Cerrado brasileiro, onde as culturas tradicionais como soja, milho, sorgo e arroz vêm sendo empregadas de forma satisfatória (SERRA *et al.*, 2019).

3.3 Comportamento morfológico e fisiológico da soja em relação à sombra

A radiação solar é a fonte de energia necessária para realização da fotossíntese e um dos fatores mais limitantes para o desenvolvimento das plantas (TAIZ e ZIEGER, 2004). A produção de biomassa pelas culturas está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada e absorvida, e a eficiência com que é convertida a energia radiante em energia química no processo de fotossíntese (HEINEMANN *et al.*, 2006). Para a cultura da soja a radiação está relacionada com o processo de fotossíntese, crescimento da haste principal e formação de ramificações, aumento de área foliar, pegamento de vagens e a fixação biológica de nitrogênio (CÂMARA, 2000).

De toda RFA que atinge a planta apenas uma fração é interceptada, dependendo da arquitetura e da área foliar no dossel (LIMA, 2002). E de toda energia que alcança a Terra apenas 5% pode ser convertida em carboidratos pelo processo de fotossíntese, e o restante é dissipada na forma de calor (KLUGE *et al.*, 2015).

Segundo Lima (2002) a intensidade de luz presente no ambiente é capaz de influenciar os processos fisiológicos na planta, como as taxas fotossintética, respiratória, fotorespiratória e transpiratória. Esses processos influenciam o acúmulo de matéria seca pela planta, uma vez que este depende da área foliar, da duração da área foliar, da taxa assimilatória e do crescimento relativo (LIMA, 2002).

A soja em condições de baixa intensidade luminosa pode apresentar menores taxas de fitomassa, de crescimento, de assimilação líquida e um elevado estiolamento das plantas (CASAROLI *et al.*, 2007). Além da redução do número de ramos laterais, redução do diâmetro do caule e alongamento dos entrenós, podendo levar ao acamamento das plantas (MUNDSTOK e THOMAS, 2005; PEREIRA, 2002).

A soja apresenta características de alta plasticidade, ou seja, se adaptar a diferentes condições de ambiente e de manejo, através de modificações na morfologia e nos componentes do rendimento (HEIFFIG, 2002; PIRES *et al.*, 2000). Algumas espécies de plantas são capazes de adaptar a diferentes graus de radiação através de mecanismos fisiológicos e morfológicos, permitindo o aumento na eficiência de interceptação foliar da RFA, devido a um maior equilíbrio na alocação de recursos da planta, menor crescimento, aumento área foliar, número de ramos e ajuste em seu aparelho fotossintético (BUZZELLO, 2014; CASTRO, 2002).

Plantas em ambientes sombreados podem se adaptar tolerando o sombreamento com desenvolvimento de estruturas fotossintéticas eficientes em baixos níveis de radiação, como mudanças na estequiometria de tilacóides, ou a chamada Síndrome da Fuga da Sombra, onde é promovido o crescimento de pecíolos e internódios e menor desenvolvimento foliar (BUZZELLO, 2014; SZYMCZAK *et al.*, 2016). As respostas da Síndrome da Fuga da Sombra são coordenadas com mudança na qualidade da luz e atuação do fitocromo B, promovendo a ativação de proteínas que se ligam a promotores e regula a expressão de genes-alvo, resultando no aumento na síntese de hormônios responsáveis pelo alongamento da planta (GOMMERS *et al.*, 2013; RUBERTI *et al.*, 2012).

3.4 Rendimento da soja em ambiente sombreado

O potencial de rendimento da soja é determinado geneticamente e vai ser atingido de acordo com fatores limitantes que atuam em algum momento do ciclo da cultura (HEIFFIG, 2002; FISS, 2015). O rendimento máximo depende da capacidade da planta em otimizar o

processo de interceptação da RFA e o acúmulo de matéria seca durante as fases de desenvolvimento, além das condições de meteorológicas, época de plantio, fertilidade do solo, população, espaçamento e manejo cultural (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005; PETTER *et al.*, 2016).

O rendimento da cultura da soja é favorecido quando a planta tem maior eficiência no uso da radiação solar, principalmente nos estádios vegetativos, reprodutivos iniciais e enchimento de grãos (SHIBLES e WEBER, 1966, SOUZA *et al.*, 2009; FISS, 2015). A eficiência na interceptação da RFA está relacionada ao índice de área foliar (IAF) e ao coeficiente de extinção da luz da planta (SHIBLES e WEBER, 1965; CORREA, 2008; BUZZELLO *et al.*, 2015; BUZZELLO, 2014; MULLER, 2017). Na ausência de estresse, a produção de fitomassa é uma função linear do acúmulo da RFA interceptada pela cultura (SHIBLES e WEBER, 1966, BUZZELLO *et al.*, 2015). Mas nem sempre o aumento linear de fitomassa promove aumento linear de produtividade, dependendo de fatores como potencial genético, disponibilidade de água e nutrientes (SCHOFFEL e VOLPE, 2001).

O aumento do IAF, até um valor crítico aumenta a interceptação de luz pela planta e, conseqüentemente, a taxa fotossintética. O “IAF crítico” é definido como a quantidade de folha requerida para interceptação de 95% da radiação solar ao meio dia (SCHOFFEL e VOLPE, 2001; PEREIRA, 2002; BORGES *et al.*, 2011; MULLER, 2017). Quando a taxa de crescimento é decrescente, abaixo de um dado IAF e, não havendo mais uma contribuição líquida ao acúmulo de fotossintetizados, será denominado “IAF ótimo” (MÜLLER, 1981).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus Unaí-MG, altitude 634 m, Latitude 16°26'10.48"S e Longitude 46°54'2.28"O.

Os experimentos foram conduzidos na casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizado (DBC) com 16 tratamentos (Cultivares), e três repetições, cada uma contendo um vaso com uma planta. Os experimentos foram divididos de acordo com os níveis de restrição luminosa, experimento I 0%; experimento II 25% e experimento III 48% de restrição da radiação fotossinteticamente ativa (RFA). O experimento I foi realizado em pleno sol. Para simular a restrição da RFA dos experimentos II e III foram utilizadas telas do tipo sombrite (material de polietileno) de 18% e 35% para a construção das casas de vegetação,

respectivamente (Figura 1). Medições ao longo do dia foram realizadas com o sensor RFA (Quantum meter model MQ-200) no interior das casas de vegetação para determinar a restrição da RFA em cada ambiente. Nos experimentos foram utilizadas as mesmas cultivares de soja, pertencentes a diferentes grupos de maturação e hábito de crescimento (Tabela 1).

Figura 1 - Casa de Vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri



Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 1 - Cultivares de soja selecionadas para serem utilizadas no experimento

Cultivar	Hábito de crescimento	Grupo de Maturação
NS 7667 IPRO	Indeterminado	7.6
NS 7780 IPRO	Indeterminado	7.8
NS 7901 RR	Indeterminado	7.9
NS 8338 IPRO	Determinado	8.3
RK 8115 IPRO	Indeterminado	8.1
M7110 IPRO	Indeterminado	6.8
BONUS IPRO	Indeterminado	7.9
RK 6719 IPRO	Indeterminado	6.8
CD 2728 IPRO	Indeterminado	7.2
RK 6316 IPRO	Indeterminado	6.3
CZ37B43 IPRO	Indeterminado	7.4
DESAFIO RR	Indeterminado	7.4
FOCO IPRO	Indeterminado	7.4
RK 7518 IPRO	Indeterminado	7.5
M 6210 IPRO	Indeterminado	6.2
AS 3680 IPRO	Indeterminado	6.8

Fonte: Dados da pesquisa.

O plantio foi realizado no dia 11 de outubro de 2019, em recipiente plástico de polipropileno com capacidade de 10 litros (vaso), com ½ de latossolo vermelho, ½ de areia (Figura 2). A calagem foi realizada de acordo com a necessidade do solo, utilizando 36 g de calcário dolomítico por vaso. A adubação foi de acordo com as recomendações da cultura, 8 g de Super Simples e 1,60 g de Cloreto de Potássio por vaso. As sementes de soja foram tratadas com STANDAK® TOP (Piraclostrobina; Tiofanato metílico; Fipronil), fungicida/inseticida de ação protetora, e inoculadas bactérias fixadoras de nitrogênio utilizando um inoculante a base de *Bradyrhizobium japonicum*. Para inoculação utilizou 2 ml do inoculante diluído em 250 ml de água, e dessa solução foi aplicado 3 ml por semente no momento do plantio. Foram semeadas 5 sementes por recipientes, e após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste e cultivado apenas uma planta por vaso.

Figura 2 - Recipiente plástico de polipropileno com capacidade de 10 litros



Fonte: dados da pesquisa.

As cultivares do ambiente sem restrição luminosa foram colocadas no ambiente 18% de restrição da RFA, para germinação com o objetivo de evitar danos causados por pássaros. Com 14 dias após a sementeira (DAS), os recipientes foram transferidos para o pleno sol.

Durante o experimento foi realizado uma adubação de cobertura com Super Simples e Cloreto de Potássio na mesma dosagem utilizada no plantio. Foram realizadas duas aplicações do inseticida DECIS 25 EC (Deltametrina) para controle da *Diabrotica speciosa*, aos 43 e 85 DAS. O manejo da irrigação foi realizado para manter o substrato com 70% da capacidade de retenção de água.

Para controle de doenças da soja foram realizadas aplicações de fungicidas durante o experimento. Aos 70 DAS foi realizada a primeira aplicação de fungicida ORKESTRA® SC, (Fluxapiraxade e Piraclostrobina) utilizando volume de calda de 100 litros/ha e dosagem de 2,7 ml de produto comercial/litro de calda. A segunda aplicação foi realizada aos 90 DAS, usando a combinação dos fungicidas SUPPORT® (Tiofanato metílico), e ORKESTRA® SC, com dosagem de 1,125 e 2,7 ml/litro de calda, respectivamente. Com 97 DAS foi a terceira aplicação de fungicida, utilizando o fungicida FOX® (Trifloxistrobina e Protioconazol), com dose de ml/litro de calda. A última aplicação de fungicidas ocorreu aos 112 DAS, aplicando a

combinação dos fungicidas FOX® e SUPPORT® com 112 DAS, utilizando as mesmas dosagens que as aplicações anteriores.

As cultivares foram cultivadas até o estágio R8 (maturidade completa das vagens), e a colheita foi realizada de forma escalonada, à medida que cada cultivar atingia o ponto de maturidade fisiológica.

Durante os experimentos foram avaliados os seguintes parâmetros (variáveis): i) Área foliar (AF); ii) Área foliar específica (AFE); iii) Teor de pigmentos cloroplastídicos (TPC); iv) Fluorescência de clorofila (FC); v) Índice de extinção da luz; vi) Temperatura foliar do dossel (TFD); vii) Diâmetro do coleto (DC); viii) Altura da planta (AP); ix) Número de nós (NN); x) Número de hastes (NH); xi) Número de vagens por planta (NVP); xii) Número de grãos por vagem (NGV); xiii) Massa de cem grãos (MCG); xix) Produção de grãos por planta (PGP).

Os parâmetros área foliar, área foliar específica, teor de clorofila foliar, fluorescência da clorofila, índice de extinção da luz e temperatura foliar do dossel, foram avaliados aos 62 DAS, e os demais no momento da colheita.

i) Área foliar (AF)

A área foliar foi obtida com o auxílio de um medidor de área foliar, Li-Cor, modelo LI-3100, analisando o folíolo central da terceira folha do ápice para a base, e os resultados expressos em cm².

ii) Área foliar específica (AFE)

Para determinação da área foliar específica foram retirados 5 discos foliares do folíolo central da terceira folha do ápice para a base, com auxílio do furador de 8,6 mm de diâmetro. Os discos foram secos em estufa de circulação forçada a 70 °C durante 72 horas, posteriormente foi determinada a massa seca em balança analítica. A AFE foi calculada pela fórmula:

$$AFE \text{ (g/cm}^2\text{)} = \frac{\text{área foliar dos discos}}{\text{massa foliar dos discos}}$$

iii) Teor de pigmentos cloroplastídicos (TPC)

Para determinação dos teores de clorofila e carotenoides foram retirados discos foliares obtidos do folíolo central da terceira folha do ápice para a base, com auxílio de um furador manual, com 8,6 mm de diâmetro. Os discos foram transferidos para frascos cobertos por papel alumínio contendo 5 ml do solvente dimetil-sulfóxido (DMSO), tendo a razão de 3 discos/frasco. Os frascos foram incubados por 12 horas em temperatura ambiente. Alíquotas de 280 µL das soluções foram transferidas para uma cubeta conhecida como placa de Elisa, onde foram feitas as leituras de absorvância (%) para as faixas de comprimentos de ondas de 480 nm, 649 nm e 665 nm, utilizando-se como o branco apenas o DMSO. A absorvância dos extratos foi medida em espectrofotômetro Molecular Devices. Os cálculos (em mg de clorofila por g de massa seca de tecido foliar) foram feitos segundo as equações 1, 2 e 3, de acordo com Wellburn, (1994):

$$1- \text{Chl a} = (12,47 \times A_{665,1}) - (3,62 \times A_{649,1})$$

$$2- \text{Chl b} = (25,06 \times A_{649,1}) - (6,5 \times A_{665,1})$$

$$3- \text{Carotenoides} = ((1000 \times A_{480}) - (1,63 \times \text{Chla}) - (53,78 \times \text{Chlb})) / 220$$

iv) Fluorescência da clorofila (FC)

Foi estimada a máxima eficiência fotoquímica do FSII (Fv/Fm) utilizando fluorômetro com pulso modulado (Junior-PAM, Alemanha). As folhas foram expostas a um fraco pulso de luz vermelho-distante (1-2 µmol m⁻².s⁻¹), para a determinação da fluorescência inicial (F0). Em seguida, um pulso de luz saturante, com uma irradiância de 6000 µmol (fótons) m⁻².s⁻¹ e duração de 1 s, foi aplicado para estimar-se a fluorescência máxima (Fm).

v) Índice de extinção da luz (IEL)

Foi utilizado um sensor RFA medi (Quantum meter model MQ-200) para determinação do coeficiente de distinção da luz no dossel da planta. Foram mensurados os valores no ápice e na base de cada planta e estimado o índice de extinção da luz conforme fórmula abaixo:

$$\text{IEL}(\%) = \frac{\text{RFA parte basal da planta}}{\text{RFA ápice do dossel}} \times 100$$

Onde RFA é a radiação fotossinteticamente ativa em µmol.m⁻².s⁻¹ medida no ângulo da folha do ápice e no ângulo da primeira folha da parte basal da planta.

vi) Temperatura foliar do dossel (TFD)

Foi utilizada a câmera de imagens térmicas por infravermelho (modelo E5, FLIR) para obtenção das imagens térmicas. As imagens foram analisadas pelo software “FLIR Tools”, onde foram determinadas as temperaturas médias do dossel da planta. Para tanto, foram utilizados 3 pontos do dossel de cada planta para determinar a temperatura do dossel.

vii) Diâmetro do hipocótilo (DH)

O diâmetro do hipocótilo (mm) foi obtido utilizando um paquímetro digital, posicionado na altura do coleto da planta (rente ao solo).

viii) Altura da planta (ALT)

A altura da planta (cm) foi medida com auxílio de uma régua milimetrada, do nível do solo até o ápice da planta.

ix) Número de nós (NN)

Foi realizada a contagem do número de nós na haste principal da planta.

x) Número de hastes (NH)

Foi realizada a contagem do número de hastes laterais produtivas em cada planta.

xi) Número de vagens por planta (NVP)

Foi realizada a contagem do número de vagens por planta.

xii) Número de grãos por vagem (NGV)

Durante o beneficiamento, foram tomadas ao acaso 30 vagens por planta e realizada a média de grãos por vagem.

xiii) Massa de cem grãos (MCG)

Foi determinado pela pesagem em balança analítica de cem grãos, convertendo a massa para 13% de umidade dos grãos.

xix) Produção de grãos por planta (PGP)

Massa de todos os grãos produzidos por planta, convertendo a massa para 13% a umidade dos grãos.

4.1 Análises estatísticas

Para cada experimento os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos erros, Shapiro Wilk a 5% de significância, e ao teste homogeneidade das variâncias, Bartlett a 5% de significância. Os dados foram atendidos quanto a normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias e em seguida foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) para cada experimento. Para as variáveis que foram significativas até 5% de probabilidade do teste F da ANOVA em cada experimento, foi realizada a análise conjunta de experimentos. A análise conjunta dos experimentos foi efetuada para variáveis em que a razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos experimentos individuais foi menor do 7,0 (PIMENTEL-GOMES, 2000). Testes de média Tukey e testes de agrupamento de médias Scott Knott, foram realizados para os fatores cultivares e ambiente. Todas as análises estatísticas foram processadas nos programas GENES (CRUZ, 2001) e programa R (R -DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores genótipo x ambiente para os parâmetros Clorofila a (CLA), carotenoides (Caro), máxima eficiência fotoquímica do FSII (Fv/Fm), área foliar (AF), altura (ALT), número de hastes (NH), número de vagens (NV), massa de cem grãos

(MCG) e produção (PROD) (Tabela 2). Esses resultados demonstram que o ambiente influencia o comportamento dos genótipos e que esses apresentam comportamento distinto em diferentes ambientes. Avaliando os fatores de forma isolada, os parâmetros clorofila b (CLB), área foliar específica (AFE), diâmetro (DH), número de nós (NN) e número de grãos por vagem (NGV) foram significativos pelo teste F da Anova para o efeito isolado genótipo, e os parâmetros clorofila b (CLB), relação clorofila a/b (CLA/B) e diâmetro (D) foram significativos para o efeito isolado ambiente (Tabela 2). Os parâmetros fluorescência máxima (FVM), coeficiente de extinção não fotoquímica (NPQ) e índice de extinção da luz (IEL) não foram significativos na interação e nem nos fatores isolados pelo teste F da Anova.

Tabela 2- Análise de variância conjunta (quadrados médios) das variáveis analisadas em dezesseis cultivares de soja sob três ambientes (nível de retenção da radiação fotossinteticamente ativa 0%, 25% e 48%)

Variável	Análise conjunta		
	QM Ge	QM Amb	QM Ge x Amb
CLA	11,707**	28,533ns	5,020*
CLB	8,452**	65,074**	3,264ns
CARO	0.202ns	0.862ns	0.312*
CLA/CLB	0.010ns	0.248**	0.012ns
AFE	6903,134**	994,714ns	1433,577ns
Fv/Fm	0,035*	0,103ns	0,025*
FVM	0,007ns	0,007ns	0,003ns
NPQ	0,014ns	0,062ns	0,013ns
IEL	810,752ns	304,300ns	955,543ns
AF	231,180**	4750,889**	74,278**
ALT	406,788**	3090,326ns	189,449**
DH	32,226**	86,337**	3,771ns
NN	35,820**	16,521ns	4,380ns
NH	6,688**	16,750ns	3,276**
NV	29799,950**	9683,564ns	5324,875**
NGV	0,332**	0,003ns	0,040ns
MCG	43,299**	26,159ns	13,199**
PROD	3965,211**	4069,929ns	1464,336**

Fonte: dados da pesquisa.

*, ** Significativo a 5% ($p < 0,05$) e a 1% ($p < 0,01$) de probabilidade de erro pelo teste F respectivamente; ns = não significativo.

Abreviações: clorofila a (CLA); clorofila b (CLB); carotenóides (CARO); relação clorofila a/b (CLA/CLB); área foliar específica (AFE); máxima eficiência fotoquímica do FSII (Fv/Fm); área foliar (AF); altura da planta (ALT); diâmetro (D); número de nós (NN); número de hastes (NH); número de vagens (NV); número de grãos por vagem (NGV); massa de cem grãos (MCG); produção (PROD).

Para a variável clorofila a (CLA) apenas as cultivares NS8338 IPRO, M7110 IPRO e RK6316 IPRO tiveram diferenças significativas entre os ambientes, e os maiores valores foram

encontrados no ambiente mais sombreado (Tabela 3). O maior teor de clorofila a encontrado nas plantas cultivadas em ambiente sombreado é devido a plasticidade fenotípica observada em diversas espécies quando submetidas às condições de estresse de luminosidade, levando em alterações morfofisiológicas, como teores de fitocromos, clorofilas, carotenoides, antocianinas, e algumas estruturas foliares que se adaptam às condições do ambiente (ALBUQUERQUE *et al.*, 2016). Em presença de luz a clorofila é constantemente destruída e sintetizada pelo processo chamado foto-oxidação, sendo o processo de degradação mais intenso em condições de maior intensidade luminosa e de maior equilíbrio a uma concentração mais baixa de luz (ALMEIDA *et al.*, 2004). De acordo com Brisolara (2013) o sombreamento da soja atua no mecanismo fotossintético, fazendo com que a degradação da clorofila não ocorra normalmente, levando ao aumento de moléculas fluorescentes independentemente do nível de sombreamento.

Para a variável carotenoides (CARO) grande parte dos genótipos não tiveram diferenças significativas entre os ambientes, sendo significativa apenas para as cultivares NS7780 IPRO e RK8115 IPRO (Tabela 3). Santos *et al.* (2011), em trabalho realizado com feijão-caupi com dois níveis de sombreamento, pleno sol e artificial (50% de luminosidade), observou que os valores para conteúdo de carotenoides nas plantas mantidas em ambiente artificial foram maiores que os obtidos em pleno sol. Diversos estudos evidenciam a mudança de características das plantas como altura de planta, área foliar, produção matéria seca, alocação de biomassa, diâmetro, número de hastes laterais, teores de clorofilas a e b, e carotenoides, em relação a quantidade e qualidade da radiação fotossinteticamente ativa disponível (PIRES *et al.*, 2000; CÂMARA, 2000; HEIFFIG, 2002; CASTRO, 2002; ZANELLA *et al.*, 2006; GONDIM *et al.*, 2007; LÁZARO *et al.*, 2009; MARTUSCELLO *et al.*, 2009, SANTOS *et al.*, 2011; BUZZELLO, 2014).

A cultivar FOCO IPRO foi a única que apresentou diferença significativa entre os ambientes para a variável eficiência fotoquímica do FII (F_v/F_m), tendo maior rendimento quântico no ambiente sombreado (48% RFA) quando comparado a 0% de RFA (Tabela 3). No ambiente de 48% de retenção da luminosidade, as cultivares CZ37B43 IPRO, NS8338 IPRO, FOCO IPRO e BONUS IPRO tiveram a maior eficiência fotoquímica (Tabela 3). À 25% da restrição de luz, a maior eficiência fotoquímica foi obtida pelas cultivares CD2728 IPRO, RK6719 IPRO, DESAFIO RR, NS7901 RR, BONUS IPRO, RK8115 IPRO e RK6316 IPRO, enquanto no pleno sol as cultivares não tiveram diferenças significativas entre si. Segundo Cecatto Júnior (2020), plantas de soja submetidas a restrição de luminosidade apresentam folhas com maior área foliar específica, maior eficiência quântica aparente e incremento nas

taxas fotossintéticas em ambiente com baixa luminosidade. A razão de fluorescência Fv/Fm, que indica a eficiência quântica máxima do Fotossistema II (PSII), é usada como um indicador da capacidade fotossintética nas plantas, e em condições não estressantes, na maioria das espécies, tem uma variação típica de 0,75 a 0,85 (KRAUSE e WEISS, 1991; CORRÊA e ALVES, 2010; LOPES, 2017). Em condições estressantes o declínio em Fv/Fm é um bom indicador de dano no aparato fotoquímico das plantas (CORRÊA e ALVES, 2010). Os resultados do presente estudo mostram que a eficiência quântica máxima do Fotossistema II da maioria das cultivares permaneceu semelhante nos três ambientes de luz, indicando que a condição do estresse luminoso nos ambientes de 25% e 48% de restrição da luz não resultou declínio em Fv/Fm.

Tabela 3 – Parâmetros fisiológicos de diferentes cultivares de soja cultivados em três ambientes (nível de retenção da radiação fotossinteticamente ativa 0%, 25% e 48%)

Cultivares	CLA			CARO			Fv/Fm		
	0%	25%	48%	0%	25%	48%	0%	25%	48%
AS 3680	10,15Aa	8,88Ab	12,31Aa	1,71Aa	1,71Ab	1,73Aa	0,70Aa	0,59Ab	0,66Ab
M 6210	9,08Aa	10,26Aa	11,58Aa	1,57Aa	1,59Ab	1,26Aa	0,50Aa	0,56Ab	0,72Ab
RK 7518	9,03Aa	10,91Aa	9,74Ab	1,81Aa	1,98Ab	1,58Aa	0,50Aa	0,45Ab	0,69Ab
CZ 37B43	10,96Aa	10,70Aa	11,49Aa	1,73Aa	1,46Ab	1,79Aa	0,69Aa	0,62Ab	0,84Aa
CD 2728	10,53Aa	10,91Aa	9,32Ab	1,97Aa	1,83Ab	1,39Aa	0,58Aa	0,74Aa	0,74Ab
RK 6719	9,65Aa	11,12Aa	10,92Aa	1,75Aa	1,96Ab	1,77Aa	0,63Aa	0,86Aa	0,75Ab
NS 8338	6,21Ba	8,13ABb	10,82Aa	1,46Aa	1,93Ab	1,37Aa	0,68Aa	0,68Ab	0,88Aa
DESAFIO	9,96Aa	10,49Aa	13,31Aa	1,43Aa	1,64Ab	2,01Aa	0,72Aa	0,83Aa	0,59Ab
NS 7667	8,71Aa	10,60Aa	10,57Aa	1,31Aa	2,00Ab	1,68Aa	0,64Aa	0,59Ab	0,63Ab
NS 7901	8,42Aa	8,31Ab	10,59Aa	1,69Aa	1,65Ab	1,77Aa	0,66Aa	0,76Aa	0,69Ab
NS 7780	9,57Aa	10,69Aa	7,79Ab	2,11Aa	1,77ABb	1,20Ba	0,59Aa	0,65Ab	0,58Ab
M7110	9,05Ba	13,71Aa	13,45Aa	1,38Aa	2,15Ab	1,70Aa	0,50Aa	0,69Ab	0,71Ab
FOCO	9,79Aa	10,79Aa	12,12Aa	1,73Aa	1,93Ab	1,91Aa	0,50Ba	0,66ABb	0,85Aa
BONUS	9,51Aa	7,46Ab	8,31Ab	1,59Aa	1,29Ab	1,06Aa	0,70Aa	0,81Aa	0,88Aa
RK 8115	7,68Aa	10,04Aa	8,40Ab	1,33Ba	3,03Aa	1,49Ba	0,67Aa	0,74Aa	0,57Ab
RK 6316	11,60ABa	10,2Ba	13,81Aa	1,73Aa	1,68Ab	1,87Aa	0,61Aa	0,84Aa	0,65Ab

Fonte: dados da pesquisa.

Medias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha pelo teste Tukey e letra minúscula na coluna pelo teste Scott Knott não diferem entre si.

Abreviações: Clorofila (CLA); Carotenoides (CARO); Razão de Florescência (fv/fm).

Para a variável área foliar (AF) os maiores valores foram encontrados no ambiente 48% de retenção de luminosidade e os menores índices a 0% (Tabela 4). A justificativa para isso é porque as plantas sombreadas investem, relativamente, maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, para maximizar a captação da luz disponível (GOBBI *et al.*, 2011). Lopes *et al.* (2007) observaram que as plantas quando submetidas a tratamentos com sombra apresentaram uma maior área foliar. A área foliar é um fator muito importante para produtividade de uma cultura, já que é principal causa da interceptação da luz solar (MELGES *et al.*, 1989). Apesar disso, em condições de baixa luminosidade a planta pode se adaptar

reduzindo a taxa respiratória, aumentando a área foliar, para promover uma grande superfície de interceptação e absorção de luz e aumentando a taxa fotossintética por unidade de área foliar (MACEDO *et al.*, 2010).

De modo geral, os maiores valores de altura da planta (ALT) foram obtidos no ambiente de maior retenção da luz (48%) (Tabela 4). A diminuição da interceptação da radiação solar em ambientes sombreados leva a uma menor degradação de auxina na planta, estimulando o aumento da dominância apical e, conseqüentemente, acarretando o estiolamento da planta (TAIZ *et al.*, 2017). Cecatto Júnior (2020), estudando trocas gasosas e características produtivas de plantas de soja em condições de encharcamento do solo e restrição luminosa, relatou que exposição a restrição luminosa (80% de retenção), proporcionou incremento de 10% na altura de plantas em relação a pleno sol, segundo o autor o aumento na altura das plantas em condições de restrição luminosa está relacionado a alteração no balanço hormonal da planta. Resultado semelhante foi encontrado por Santos *et al.* (2011), avaliando crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão-caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade, onde a taxa de crescimento absoluto para comprimento da haste principal nas plantas cultivadas a pleno sol foi 77% inferior em relação às plantas submetidas ao sombreamento (50% de retenção).

Entre as 16 cultivares avaliadas, a NS7780 IPRO apresentou ALT significativamente superior em todos os ambientes estudados (Tabela 4). No ambiente mais sombreado as cultivares com maior ALT foram BONUS IPRO, RK8115 IPRO e NS7780 IPRO. No ambiente sem restrição de luz as cultivares AS3680 IPRO, CZ37B43 IPRO, RK6719 IPRO, NS7901 RR, NS7780 IPRO e BONUS IPRO apresentaram ALT significativamente maior que as demais. No ambiente com 25% de restrição luminosa NS7780 IPRO foi a cultivar com maior ALT. O comportamento das cultivares com crescimento exagerado é indesejável, porque o estiolamento afeta o desempenho agrônômico da soja e tornam as plantas mais sujeitas ao acamamento (BUZZELO *et al.*, 2015). Assim, selecionar cultivares com menor estiolamento e maior produção de biomassa é altamente desejável para cultivo em ambientes sombreados, uma vez que esses genótipos apresentam mecanismos genéticos como capacidade de adaptação para expressar essas características (BUZZELO *et al.*, 2015).

Para a variável número de hastes laterais (NH) apenas as cultivares RK7518 IPRO, CD2728 IPRO, M7110 IPRO e RK6316 IPRO apresentaram diferença significativa entre os ambientes, com maiores valores no ambiente à 48% RFA (Tabela 4). A menor ALT das cultivares RK7518 IPRO, CD2728 IPRO, M7110 IPRO e RK6316 IPRO na condição de 48% de restrição da luz influenciou em um aumento do NH nessas cultivares em relação as demais.

Segundo Lambers *et al.* (1998) em resposta ao sombreamento, as plantas tendem a aumentar a dominância apical, diminuindo, conseqüentemente, o número de ramificações laterais e a área foliar da planta, no entanto, para as cultivares mencionadas o número de ramificações laterais foi maior. Segundo Mundstok e Thomas (2005) o número de ramificações depende de fatores como cultivar, disponibilidade de água e nutrientes, temperatura e radiação solar. No presente trabalho notamos que o fator altura da planta também interferiu no NH.

Tabela 4 - Parâmetros morfológicos de diferentes cultivares de soja cultivados em três ambientes (nível de retenção da radiação fotossinteticamente ativa 0%, 25% e 48%)

Cultivares	AF (cm ²)			ALT (cm)			NH		
	0%	25%	48%	0%	25%	48%	0%	25%	48%
AS 3680	46,6ABa	45,3Ba	56,6Ab	52,3Ba	62,7Ab	66,7Ab	6,0Ab	5,3Ab	5,3Ab
M 6210	33,5Bb	41,8ABb	49,5Ac	49,3Ab	55,0Ab	58,0Ac	5,7Ab	5,3Ab	7,3Ab
RK 7518	22,7Bb	38,1Ab	47,6Ac	45,7Bb	55,0ABb	62,3Ab	4,7Bb	9,0Aa	10,7Aa
CZ 37B43	37,6Ba	44,8ABa	55,2Ab	53,3ABa	51,0Bc	63,0Ab	7,0Aa	7,0Aa	7,3Ab
CD 2728	30,1Bb	37,5ABb	42,2Ac	48,3ABb	44,3Bc	57,0Ac	7,7ABa	6,0Bb	9,3Aa
RK 6719	39,5Aa	40,6Ab	47,0Ac	51,3Ba	59,7ABb	66,0Ab	7,7Aa	8,3Aa	9,3Aa
NS 8338	32,3Cb	52,5Ba	65,4Aa	41,7Bb	48,3ABc	52,7Ac	7,3Aa	7,3Aa	7,7Ab
DESAFIO	34,1Ab	36,2Ab	44,0Ac	44,3Bb	55,7Ab	53,3ABc	6,3Ab	6,3Ab	6,0Ab
NS 7667	30,9Bb	43,0Ab	50,5Ac	48,3Bb	23,5Cd	66,0Ab	7,7Aa	7,7Aa	8,3Aa
NS 7901	30,2Bb	35,4Bb	46,9Ac	56,0Ba	63,3ABb	67,0Ab	8,0Aa	7,7Aa	7,7Ab
NS 7780	38,4Ca	51,3Ba	65,0Aa	55,5Ba	74,0Aa	71,3Aa	5,7Ab	7,0Aa	6,0Ab
M7110	40,7Ba	43,9Ba	56,9Ab	43,7Bb	48,3Bc	61,7Ab	5,7Bb	6,0Bb	8,7Aa
FOCO	32,5Bb	48,8Aa	54,5Ab	39,0Bc	49,0ABc	53,0Ac	7,0Aa	7,0Aa	6,0Ab
BONUS	27,5Cb	43,2Bb	68,5Aa	53,3Ba	55,7Bb	77,0Aa	7,3Aa	8,3Aa	9,0Aa
RK 8115	34,3Cb	46,4Ba	63,4Aa	21,3Bd	61,3Ab	70,0Aa	7,0Aa	5,7Ab	7,0Ab
RK 6316	31,2Bb	41,1ABb	47,4Ac	35,0Bc	45,7Ac	49,7Ac	5,7Bb	6,3ABb	8,7Aa

Fonte: dados da pesquisa.

Medias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha pelo teste Tukey e letra minúscula na coluna pelo teste Scott Knott não diferem entre si.

Abreviações: Área foliar (AF); Altura da planta (ALT); Número de Hastes (NH).

O teor de clorofila b (CLB) aumentou à medida que intensificou o sombreamento (Tabela 5). As folhas em ambiente sombreado possuem uma concentração maior de clorofila em relação às plantas em pleno sol (Lázaro, 2007). Santos *et al.* (2011), verificaram em feijão que os teores de clorofila a e b aumentaram 34% e 39%, respectivamente, no ambiente com 50% de retenção luminosa em relação a pleno sol. O aumento de clorofila b é uma importante característica em ambientes sombreados, porque esta capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila a, e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa (SCALON *et al.*, 2003; ZANELLA *et al.*, 2006). Segundo Brisolará (2013) é provável o aumento de clorofila b em ambientes sombreados, como mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa.

Os maiores valores para a relação clorofila a/b (CLA/CLB) foram encontrados a 0% e a 25% de retenção da RFA (Tabela 5). O aumento dos níveis de sombreamento promoveu menor relação clorofila a/b em maracujazeiros (ZANELLA *et al.*, 2006). Burkey e Wells (1991) também verificaram menor relação clorofila a/b em plantas de soja sombreadas. A relação clorofila a/b tende diminuir com a redução da intensidade luminosa, devido a uma maior proporção de clorofila b em ambiente sombreado (KOZLOWSKI *et al.*, 1991).

A variável diâmetro de coleto do hipocótilo (DH) foi maior a pleno sol e a 25% de restrição luminosa, enquanto o ambiente mais sombreado obteve menores DH (Tabela 5). Procópio *et al.* (2014) estudando semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja, verificaram que a maior densidade de semeadura reduziu o diâmetro da haste principal das plantas de soja, uma vez que a maior densidade de plantas provoca uma menor intensidade luminosa, fazendo com que as plantas invistam em crescimento da haste principal e, conseqüentemente, menor diâmetro. Em condições de sombreamento, a soja apresenta maior sensibilidade a redução da razão entre os comprimentos de onda vermelho e vermelho distante, levando a respostas morfológicas como redução do diâmetro do caule (VIDAL, 2010).

Para a variável temperatura (TEMP) os valores diminuíram com o aumento do sombreamento (Tabela 5). Para crescimento e desenvolvimento da soja a faixa de temperaturas ótimas é entre 20°C e 30°C. O crescimento da cultura é baixo ou nulo em temperaturas abaixo de 10°C, e acima de 40°C ocorrem efeitos adversos no metabolismo, agravado em condições de déficit hídrico (FARIAS *et al.*, 2007; FERRARI *et al.*, 2015). Em condições de alta radiação solar a temperatura foliar tende a aumentar causando possíveis danos a planta, mas algumas espécies de plantas em condições de exposição a momentos alternados de luz e sombra, conseguem assimilar maiores quantidades de CO₂ (CLEMENTE e MARLER, 1996).

Tabela 5 -Clorofila b, relação Clorofila a/b, diâmetro do coleto e temperatura do dossel em diferentes ambientes independentemente do genótipo de soja.

Ambiente	CLB (mg.g ⁻¹)	CLA/CLB(mg.g ⁻¹)	DH(mm)	TEMP (°C)
0% RFA	7.18c	1,32a	14,02a	30,00a
25% RFA	8.00b	1,28a	13,99a	27,17b
48% RFA	9.48a	1,18b	11,68b	26,02c

Fonte: dados da pesquisa.

Médias seguidas pela letra na coluna pelo teste Scott Knott não diferem entre si.

Abreviações: Clorofila b (CLB); Relação Clorofila a/b (CLA/CLB); Diâmetro do hipocótilo (DH); Temperatura (TEMP).

As cultivares AS3680 IPRO, CD2728 IPRO, DESAFIO RR, NS7667 IPRO, NS7901 RR, NS7780 IPRO e M7110 IPRO obtiveram as maiores médias significativas de área foliar específica (AFE) (Tabela 6). A AFE é um indicativo da espessura da folha e estima a proporção relativa da superfície assimilatória e os tecidos de sustentação e condutores da folha (MAGALHÃES, 1979; CRUZ *et al.*, 2004). O aumento da AFE é o fator mais importante na maximização do ganho de carbono por unidade de massa foliar especialmente em condições de baixa luminosidade (EVANS e POORTER, 2001; GOBBI *et al.*, 2011).

Para a variável número de nós (NN) as cultivares RK7518 IPRO, NS7667 IPRO, NS7780 IPRO e BONUS IPRO tiveram os maiores valores. O NN é componente secundário de rendimento da soja que contribui para o rendimento da cultura, uma vez que quanto maior o número de nó produtivo, maior a formação de hastes laterais e vagens (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). Cultivares de soja com características genéticas que favorecem o, aumento da área foliar, ângulo foliar e simetria da distribuição das folhas em ambientes sombreados contribui para aumentar a produtividade, uma vez que a planta nessas condições aloca recursos para o crescimento em altura em detrimento ao número de ramos, área foliar e diâmetro, devido ao estiolamento (BUZZELO, 2014). Portanto, é necessários estudos que busquem cultivares com maior adaptabilidade e estabilidade em ambientes com restrição luminosa para posterior recomendação de genótipos para essas condições.

As cultivares RK7518 IPRO, CZ 37B43 IPRO, NS 7780 IPRO, FOCO IPRO, RK 8115 IPRO e RK 6316 IPRO obtiveram as maiores médias de número de grãos por vagem (NGV). Essa variável é fortemente relacionada às características genéticas das plantas e pouco afetada pelo manejo (BALBINOT JÚNIOR *et al.*, 2015). No entanto, é componente primário de rendimento da soja, sendo importante para a produtividade final da cultura (MUNDSTOK e THOMAS, 2005).

Tabela 6 - Área foliar específica, número de nós na haste principal e número de grãos por vagem dos diferentes cultivares de soja independentemente do ambiente onde foi cultivado

Cultivares	AFE(cm ² .g ⁻¹)	NN	NGV
AS 3680	281,94a	18,89b	2,37b
M 6210	237,15b	17,44c	2,43b
RK 7518	227,63b	20,67a	2,53a
CZ 37B43	222,19b	18,78b	2,66a
CD 2728	264,64a	17,22c	2,50b
RK 6719	261,83a	19,00b	2,46b
NS 8338	249,12b	14,67d	2,12c
DESAFIO	275,25a	17,33c	2,42b
NS 7667	305,16a	21,89a	2,25c
NS 7901	316,37a	18,33b	2,08c
NS 7780	298,81a	21,89a	2,67a
M7110	264,86a	16,22c	2,38b
FOCO	281,20a	18,78b	2,59a
BONUS	234,93b	20,56a	2,08c
RK 8115	270,95a	19,44b	2,57a
RK 6316	283,09a	16,89c	2,52a

Fonte: dados da pesquisa.

Médias seguidas pela letra na coluna pelo teste Scott Knott não diferem entre si.

Abreviações: Área Foliar Específica (AFE); Número de Nós (NN); Número de Grãos por Vagem (NGV).

Para a variável número de vagens (NV) as cultivares RK7518 IPRO, CZ37B43 IPRO, CD2728 IPRO, NS7667 IPRO, NS7901 RR, NS7780 IPRO e BONUS IPRO apresentaram diferenças significativas entre os ambientes, apresentando maiores valores para NV no ambiente 48% de retenção de luz, exceto para a cultivar NS7780 IPRO (Tabela 7), contrariando os trabalhos de Jiang e Egli (1993), Aufhammer e Götz (1989) e Fioreze *et al.*, 2013. No experimento à pleno sol, as cultivares NS8338 IPRO e NS7901 RR, apresentaram maior NV, valores significativamente superiores aos obtidos pelas demais cultivares. No ambiente com 25% RFA as cultivares NS8338, NS7667 e NS7780 apresentaram maior NV. Segundo Jiang e Egli (1993), quando ocorre sombreamento na fase reprodutiva da soja, a cultura apresenta redução no número de flores e vagens. Aufhammer e Götz (1989) avaliando feijão fava (*Vicia faba*) observaram que 50% de redução da RFA levou a diminuição do número de vagens e a produção da cultura. O estresse por sombreamento reduziu os componentes de produção, número de vagens, número de grãos e peso médio de grãos das plantas de soja tratadas com cinetina e cálcio (FIOREZE *et al.*, 2013).

Para massa de cem grãos (MCG) as cultivares RK7518 IPRO, CD2728 IPRO, NS8338 IPRO, DESAFIO RR, NS7780 IPRO e BONUS IPRO apresentaram diferenças significativas

entres os ambientes (Tabela 7). No ambiente a 0% as cultivares CZ37B43 IPRO, CD2728 IPRO, NS8338 IPRO e BONUS IPRO tiveram valores significativamente superior para MCG. À 25% RFA os maiores valores de MCG foram obtidos pelas cultivares AS3680 IPRO, CZ37B43 IPRO, NS8338 IPRO, DESAFIO RR, NS7667 IPRO, NS7901 RR, NS7780 IPRO, M7110 IPRO e BONUS IPRO, enquanto no ambiente com 48% RFA pelas cultivares NS8338 IPRO e BONUS IPRO. A massa de grãos é uma variável fortemente determinada por características genéticas, pelas precipitações no período de enchimento de grãos e controle de doenças foliares (BRUIN e PEDERSEN, 2008; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2015; THOMPSON *et al.*, 2015). Mauad *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2013) estudando desempenho da soja em arranjos espaciais observaram que maior espaçamento na entrelinha de soja não afetou o peso de mil sementes. Luiz (2018) também observou que a população de plantas na soja não interfere no peso de mil grãos.

Em geral, as cultivares com menor NV também tiveram menores produções. A variável número de vagem por planta é um dos parâmetros mais importantes para avaliar a produtividade de grãos (BÁRBARO *et al.*, 2006). Cabral *et al.* (2011), estudando rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes, concluíram que o número de vagem por planta, o peso de cem sementes e o número de sementes por vagem apresenta maior potencial para estimar o rendimento de grãos.

Para o componente de produção (PROD), apenas as cultivares RK7518 IPRO, CZ37B43 IPRO, CD2728 IPRO, NS7667 IPRO, NS7780 IPRO e BONUS IPRO apresentaram diferenças significativas entre os ambientes (Tabela 7). Ambientes mais sombreados tendem a causar redução na produção da soja. Os níveis de radiação 30% e 50% causaram redução na produção de sementes de soja, em razão do acamamento e da redução no número de vagens, ocasionado pelo maior aborto de flores de vagens (LIMA, 2002). O rendimento de uma cultura é o resultado da produção de biomassa e índice de colheita, portanto, para aumentar o rendimento é necessário aumentar a produção de biomassa da planta por meio de uma maior eficiência na interceptação da radiação e o índice de colheita através do melhoramento genético (BUZZELO *et al.*, 2015).

Esses resultados são apenas iniciais para a linha de pesquisa destinada a seleção e melhoramento da soja para uso em sistemas integrados de produção, assim nossos resultados servem como partida para novas pesquisas.

Tabela 7 – Parâmetros agrônômicos de diferentes cultivares de soja cultivados em três ambientes (nível de retenção da radiação fotossinteticamente ativa 0%, 25% e 48%)

Cultivares	NV			MCG (g)			PROD (g)		
	0%	25%	48%	0%	25%	48%	0%	25%	48%
AS 3680	95,0Ac	155,7Ac	114,3Ac	18,2Ab	19,5Aa	17,8Ac	35,9Ac	59,5Ac	39,9Ab
M 6210	121,7Ac	151,7Ac	122,3Ac	17,7Ab	18,9Ab	17,7Ac	45,5Ac	60,3Ac	45,8Ab
RK 7518	193,0ABb	127,5Bc	248,0Ab	15,8Abc	13,0Bc	17,2Ac	63,7Bb	40,5Bd	106,6Aa
CZ 37B43	119,3Bc	195,5Ab	149,0Abc	21,5Aa	20,4Aa	19,4Ac	55,6Bb	88,2Ab	64,8ABb
CD 2728	211,5Ab	133,3Bc	190,0Abc	20,7Aa	17,5ABb	17,1Bc	84,7Aa	46,0Bd	61,0ABb
RK 6719	124,7Ac	174,7Ab	135,7Ac	16,7Ac	17,7Ab	15,8Ac	45,8Ac	65,1Ac	45,0Ab
NS 8338	264,3Aa	278,5Aa	214,7Ab	20,6Ba	23,3Aba	25,0Aa	97,9Aa	101,9Ab	91,8Aa
DESAFIO	129,3Ac	132,5Ac	98,7Ac	15,2Bc	21,0Aa	18,2Abc	43,0Ac	53,4Ad	39,Ab
NS 7667	145,0Bc	308,3Aa	266,3Ab	18,9Ab	20,5Aa	21,8Ab	44,2Bc	113,2Ab	99,9Aa
NS 7901	303,0Aa	227,5Bb	337,5Aa	19,3Ab	21,8Aa	21,6Ab	99,0Aa	101,6Ab	108,5Aa
NS 7780	215,0Bb	330,7Aa	239,3Bb	9,8Cd	21,6Aa	16,5Bc	24,7Cc	151,2Aa	91,3Ba
M7110	74,7Ac	101,0Ac	116,3Ac	18,5Ab	21,9Aa	21,3Ab	28,7Ac	41,6Ad	46,7Ab
FOCO	225,0Ab	193,3Ab	164,0Ac	18,7Ab	18,6Ab	17,0Ac	83,1Aa	75,9Ac	57,1Ab
BONUS	164,7Bc	198,2Abb	266,0Ab	22,4Aba	19,7Ba	24,2Aa	61,3Bb	76,7Bc	111,8Aa
RK 8115	184,0Ab	218,0Ab	238,0Ab	19,6Ab	18,4Ab	19,4Ac	91,7Aa	89,2Ab	97,0Aa
RK 6316	101,0Ac	151,3Ac	150,3Ac	15,4Ac	17,9Ab	16,6Ac	34,6Ac	57,0Ac	48,4Ab

Fonte: dados da pesquisa.

Medias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha pelo teste Tukey e letra minúscula na coluna pelo teste Scott Knott não diferem entre si.

Abreviações: Número de Vagens (NV); Massa de Cem Grãos (MCG); Produção (PROD).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observamos que o ambiente influencia o comportamento dos genótipos e que os genótipos de soja possuem comportamentos distintos em função da variação da radiação fotossinteticamente ativa, contribuindo para a seleção de cultivares mais aptas ao cultivo em ambientes sombreados. Assim, as cultivares RK 7518 IPRO, NS 8338 IPRO, NS 7667 IPRO, NS 7901 RR, NS 7780 IPRO, BONUS IPRO e RK 8115 IPRO foram as que resultaram em maiores produções quando cultivadas em condição de restrição luminosa. Enquanto as cultivares N8338 IPRO e NS7901 RR, se destacaram para a variável produção em todos os ambientes.

Para as variáveis NV, MCG e PROD as cultivares RK7518 IPRO, NS8338 IPRO, NS7667 IPRO, NS7901 RR e BONUS IPRO tiveram desempenho satisfatório em ambiente mais sombreado.

As cultivares RK7518 IPRO, CD2728 IPRO, M7110 IPRO e RK6316 IPRO apresentaram menores ALT em ambiente sombreado, conseqüentemente, tiveram maiores valores para NH, contribuindo para o rendimento dessas cultivares nesses ambientes.

As cultivares RK6719 IPRO e DESAFIO RR não tiveram aumento da AF com aumento do sombreamento, sendo que o aumento dessa variável é importante por promover uma superfície de interceptação e absorção de luz e aumentar a taxa fotossintética por unidade de área foliar.

7 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. C. S.; EVANGELISTA, T. C.; NETO, A. A. R. A. Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 9, n. 4, p. 440-445, 2016.

ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Revista Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2004.

ALMEIDA, R. G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. **Encontro sobre zootecnia de mato grosso do sul**, v. 7, p. 1-10, 2010.

ALVARENGA, R. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANC, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.

AUFHAMMER, W.; GÖTZ-LEE, I. Effects of inflorescence removal on seed yield performance of field beans (*Vicia faba*) under different shading treatments. **The Journal of Agricultural Science**, v. 113, n. 3, p. 317-323, 1989.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. **Embrapa Cerrados-Livro científico (ALICE)**, 2011.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Densidade de plantas na cultura da soja. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2015.

BÁRBARO, I. M.; CENTURION, M. A. P. D. C.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C.; COSTA, M. M. Path analysis and expected response in indirect selection for grain yield in soybean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, p. 151-159, 2006.

BEZERRA, K. S.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Análise comparativa do conteúdo em esteroides livres de diferentes óleos, gorduras e biodiesel por cromatografia gasosa. **Revista Química Nova**, v. 38, n. 4, p. 498-505, 2015.

BORGES, B. M. M. N.; SILVA JÚNIOR, L. C.; LUCAS, F. T.; SILVA, W. J. Relação entre o fluxo luminoso interceptado em diferentes épocas no índice de área foliar de diferentes forrageiras. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n. 4, p. 1589-1594, 2011.

BRISOLARA, C. V. **Sombreamento e utilização da fluorescência da clorofila na detecção de sementes esverdeadas de soja**. 2013. 06 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, 2013.

BRUIN, J. L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, p. 704-710, 2008.

BUNGENSTAB, D.J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Embrapa Gado de Corte-Livro científico (INFOTECA-E), 835 p., 2019.

BURKEY, K. O.; WELLS, R. Response of soybean photosynthesis and chloroplast membrane function to canopy development and mutual shading. **Rev. Plant Physiology**, United Kingdom, v. 97, p. 245-252, 1991.

BUZZELLO, G. L. **Interações biofísicas no desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em sistema ILPF com eucalipto**. 2014. 246 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2014.

BUZZELLO, G. L.; PELISSARI, A.; MORAES, A. D.; DESCHAMPS, C.; PORFIRIO-DASILVA, V.; OLIVEIRA, E. B.; LUSTOSA, S. B. C.; SKORA NETO, F.; OLIVEIRA, R. A. Índices não paramétricos estimados pela combinação de diferentes caracteres com acumulação de biomassa como critério de avaliação da competição de cultivares de soja com e sem sombreamento. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 310-329, 2015.

CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; SOARES, Y. J. B.; SILVA, J. A. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) e seus componentes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 132-138, 2011.

CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba:, 2000. 450p.

CAMPOS, M. C. Fatores da expansão do complexo sojicultor no território brasileiro. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, n. 11, p. 6-33, maio 2010.

CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; NETO, D. D.; LIER, Q. J. V.; MULLER, L.; MARTINS, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja-uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiiana, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.

CASTRO, E. M. **Alterações anatômicas, fisiológicas e fotoquímicas em *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO) sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento**. 2002. 221 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

CECATTO JÚNIOR, R. **Trocas gasosas e características produtivas de plantas de soja em condições de encharcamento do solo e restrição luminosa**. 2020. 86 f. Dissertação (Mestrado

em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2020.

CLEMENTE, H. S.; MARLER, T. E. Drought stress influences gas-exchange responses of papaya leaves to rapid changes in irradiance. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 121, n. 2, p. 292-295, 1996.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 7, sétimo levantamento, abr. 2021.

CORRÊA, M. J. P.; ALVES, P. L. C. A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1136-1145, 2010.

CORRÊA, S. T. R. **Adaptação do modelo LINTUL (Light Interception and Utilization) para estimação da produtividade potencial da cultura de soja**. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CRUZ, J. L.; COELHO, E. F.; PELACANI, C. R.; COELHO FILHO, M. A.; DIAS, A. T.; SANTOS, M. T. Crescimento e partição de matéria seca e de carbono no mamoeiro em resposta à nutrição nitrogenada. **Revista Bragantia**, v. 63, n. 3, Campinas, 2004.

DAUBER, J.; MIYAKE, S. To integrate or to segregate food crop and energy crop cultivation at the landscape scale? Perspectives on biodiversity conservation in agriculture in Europe. **Energy, Sustainability and Society**, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **ILPF em números**. [s. l: s. n.].

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistemas de produção integrados – ILPF**. Embrapa, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**. Embrapa Soja: Sistema de Produção, Londrina, 2004.

ESCHER, F.; WILKINSON, J. The political economy of the Brazil-China Soy-Meat Complex. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 57, n. 4, p. 656-678, 2019.

EVANS, J. R; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, cell & environment**, v. 24, n. 8, p. 755-767, 2001.

EVARISTO, A. B.; ASSUNCAO, P. M.; BRITO, P. O.; RAMOS, B. H.; CAMPOS, L. J. M.; TEIXEIRA JUNIOR, T.; SANTOS, D. M. A.; RAMOS, M. R. Desempenho agrônômico de cultivares de soja em sistema integrado de cultivo. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

FERRARI, E.; DA PAZ, A.; DA SILVA, A. C. Déficit hídrico e altas temperaturas no metabolismo da soja em sementeiras antecipadas. **Revista Nativa**, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FERREIRA JUNIOR, J. A.; ESPINDOLA, S. M. C. G.; GONÇALVES, D. A. R.; LOPES, E. W. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de sementeira no município de Uberaba – MG. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.7, p. 13- 21, 2010.

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

FISS, Guilherme. **Plasticidade de plantas de soja dentro de uma população e sua relação com a produtividade**. 2015. 48 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/>>. Acesso em: 12 abril 2021.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; NETO, A. F. G.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GOMMERS, C. M. M.; VISSER, E. J.; ST ONGE, K. R.; VOESENEK, L. A.; PIERIK, R. Shade tolerance: when growing tall is not an option. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 2, p. 65-71, 2013.

GONDIM, A. R. O. et al. Crescimento, partição de fotoassimilados e produção de rizomas de taro cultivado sob sombreamento artificial. **Revista Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 418 - 428, 2007.

GROLI, E. L. **Seleção de genótipos de soja com alto potencial agrônômico e resistência ao complexo de percevejos**. 2016. 41 f. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine max(L.)Merril) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; TRINDADE, M. G.; SOARES, B. B.; MOREIRA, J. A. A.; CÁNOVAS, A. D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.2, p.352–356, 2006.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; DA SILVA, P. P. M. Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese. **Revista Virtual Química**, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

KOZLOWSKI, T. et al. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego: Academic Press, 1991. 308 p.

KRAUSE, G.H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.313-349, 1991.

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998. 540p.

LÁZARO, C. C. M., et al. Interferência do sombreamento no desempenho de genótipos de *Stylosanthes guianensis*. **Revista Científica**, Jaboticabal, v 37, n. 1, p. 1-8, 2009.

LEAL, A. C. **Avaliação de espécies florestais para a arborização de cafeeiros no norte do Paraná: efeitos na produtividade e na proteção contra geadas e radiação**. 2004. 115 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LIMA, F. Z. **Análise de eficiência do uso da radiação solar e da água pela cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), submetida a estresse de luz e água**. Tese (Doutorado em Ciência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

LOPES, C. M.; GALLÃO, M. I.; ARAÚJO, F. S. Crescimento inicial de *Licania rigida* Benth. (Chrysobalanaceae) sob diferentes níveis de irradiância, em viveiros. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu, MG. **Anais...** Caxambú: SBE, 2007. CD Rom.

LOPES, E. C. S. **Condutividade hidráulica, Eficiência Fotoquímica e trocas gasosas em genótipos de soja (*glycine max l.*) com diferentes capacidades de nodulação**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2017.

LUIZ, M. C. P. **Efeito da época de semeadura e população de plantas sobre o potencial produtivo e caracteres agronômicos em soja**. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2018.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2010.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L. C.; CECCON, G. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. 1. Estruturação dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 46 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 100).

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU, 1979. v.1, 362p.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

MAUAD, M.; SILVA, T.L.B.; ALMEIDA NETO, A.I.; ABREU, V.G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v.3, p.175-181, 2010.

MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento e conversão da energia solar em soja cultivada sob quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.9, p.1065-1072, 1989.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.L. **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109 - 129.

MULLER, M. **Arquitetura de plantas de soja: Interceptação de radiação solar, deposição de produtos fitossanitários e produtividade**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

MUNDSTOK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o desenvolvimento e o rendimento**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

NETO, A. L. F.; NASCIMENTO, A. F.; ROSSONI, A. L.; MAGALHÃES, C. A. S.; ITUASSÚ, D. R.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; IKEDA, F. S.; JUNIOR, F. F.; FARIA, G. R.; ISERNHAGEN, I.; VENDRUSCULO, L. G.; MORALES, M. M.; CARNEVALLIR, A. Sombreamento de soja e milho em sistemas de produção ILPF no norte de Mato Grosso. **Embrapa Agrossilvipastoril-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. Estresses de ordem ecofisiológica. In: BONATO, E.R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 254 p.

PEREIRA, C. R. **Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais**. 2002. 282 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016.

PILAU, J. **Efeitos do sombreamento na produção de matéria seca, valor nutritivo, morfologia e anatomia de azevém em sistemas agroflorestais**. 2014. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Educação Superior Norte, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

PIMENTEL, G. F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba, Degaspari, 2000, 477 p.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.8, p. 1541-154, 2000.

PRIMAVESI, O. A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global. **Embrapa Pecuária Sudeste-Docmentos (INFOTECA-E)**, 2007.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, S. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 212-221, 2014.

RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. **Agricultura Irrigada desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Embrapa, Brasília, 2017.

RUBERTI, I.; SESSA, G.; CIOLFI, A.; POSSENTI, M.; CARABELLI, M.; MORELLI, G. Plant adaptation to dynamically changing environment: the shade avoidance response. **Biotechnology Advances**, v. 30, n. 5, p. 1047-1058, 2012.

SANTOS, E. R.; BORGES, P. R. S.; SIEBENEICHLER, S. C.; CERQUEIRA, A. P.; PEREIRA, P. R. Crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão-caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 14-19, 2011.

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

SCHMIDT, D.; CARON, B. O.; PILAU, J.; NARDINO, M.; ELLI, E. F. Morfoanatomia foliar de azevém no sub-bosque de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais. **Revista Ceres**, v. 64, n. 4, p. 368-375, 2017.

SCHOFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para produção de fitomassa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n. 2, 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, n. 18/19, p.1-10, 1989.

SERRA, A. P.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D. Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto. **Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v.6, p.55-59, 1966.

SHIBLES, R. M., WEBER, C. R. Leaf area, solar radiation and dry matter production by soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 6, p. 575-577, 1965.

SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; ANDRADE, F. R. SILVA, Willian Batista et al. Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônômico da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Revista Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 146-153, 2013.

SOUZA, P. J. O. P.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P.; FARIAS, J. R. B.; LOURENÇO, R. S. BISPO, C. C.; SAMPAIO, L. Eficiência do uso da radiação solar pela soja em condições de campo na região Amazônica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p. 1211-1218, out. 2009.

SZYMCZAK, L. S.; SCHUSTER, M. Z.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; MORAES, A. Competitive ability with weeds during the establishment of ariens grass: morphological characteristics. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 471-480, 2016.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3º ed., Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TARDIVO, L. **A radiação fotossinteticamente ativa no manejo florestal otimiza o crescimento de vegetação sob plantios de eucalipto**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

TATAGIBA, S.D.; PEZZOPANE, J.E.M.; REIS, E.F. Crescimento vegetativo de mudas de café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Coffea Science**, v.5, n.3, p.251-261, 2010.

THOMPSON, N. M.; LARSON, J. A.; LAMBERT, D. M.; ROBERTS, R. K.; MENGISTU, A.; BELLALLOUI, N.; WALKER, E. R. Mid-South soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. **Agronomy Journal**, v. 107, p. 979-989, 2015.

USDA. ESTADOS UNIDOS. **Department of Agriculture**. [USDA.gov](http://www.usda.gov) - United States **Department of Agriculture**. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 10 de abril de 2021.

VIDAL, R. A. **Interação Negativa entre Plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 132p.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, 144, 307-313, 1994.

WESZ, V. J. Strategies and hybrid dynamics of soy transnational companies in the southern cone. **The Journal of Peasant Studies**, v. 43, n. 2, p. 1-27, 2016.

ZANELLA, F.; SONCELA, R.; LIMA, A.L.S.; Formação de mudas de maracujazeiro “amarelo” sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 880-884. 2006.