

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

Elaine Silva Gomes

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA SOB
RESTRIÇÃO LUMINOSA**

Unai

2022

Elaine Silva Gomes

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA SOB
RESTRIÇÃO LUMINOSA**

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
Coorientador: M.Sc. Alessandro Ulrich

Unai
2022

Elaine Silva Gomes

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA SOB
RESTRIÇÃO LUMINOSA**

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

Coorientador: M.Sc. Alessandro Ulrich

Data de aprovação ____/____/____.

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

Profa Dra Xxxxxxxx
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Prof. Dr. Xxxxx
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Eng. Agrônomo e M.Sc. Alessandro Ulrich
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

RESUMO

O resumo neste formato de apresentação (em capítulos) deve apresentar a ideia geral do seu tema de pesquisa. O texto redigido pelo autor, na voz ativa e na terceira pessoa do singular, com os pontos relevantes do trabalho. Deve informar ao leitor a finalidade, a metodologia, o resultado e/ou as considerações finais, evitando-se símbolos, contrações, fórmulas, equações, diagramas, etc. Deve ser redigido em parágrafo único com, no mínimo 150 e no máximo 500 palavras. Deve-se usar o mesmo recurso tipográfico do texto (ver item 2.1 do manual de normalização). No título, caixa alta, negrito e centralizado; espaçamento 1,5 entre linhas e também entre o título da seção e o texto. Logo abaixo do resumo devem figurar as palavras-chave, indicadas pela expressão “Palavras-chave:” e as palavras iniciadas em caixa alta e separadas entre si e finalizadas por ponto final. Se utilizar mais de uma linha, a partir da segunda deve ser alinhada com o início da palavra-chave da primeira linha. As palavras-chave devem ser preferencialmente escolhidas em vocabulário controlado, ex.: Terminologia de Assuntos da Biblioteca Nacional, disponível em <<http://catalogos.bn.br/>>. O resumo em inglês (*Abstract*) é obrigatório, mas poderá também ser traduzido para tantos idiomas quantos forem necessários para a difusão do trabalho, usando-se os seguintes cabeçalhos: *Résumé* (Francês), *Resumen* (Espanhol) *Zusammenfassung* (Alemão) etc.

Palavras chave: Palavra 1. Palavra 2. Palavra palavra palavra 3. Palavra palavrapalavra 4.
Palavra 5.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 A cultura da soja.....	4
3.2 Crescimento e desenvolvimento da soja	5
3.3 Ecofisiologia e fisiologia da soja	7
4 MATERIAL E MÉTODOS	9
4.1 Local do experimento.....	9
4.2 Ambientes, cultivares e delineamento experimental.....	10
4.3 Condução dos experimentos.....	11
4.3.1 <i>Tratos culturais</i>	11
4.3.2 <i>Colheita</i>	12
4.4 Avaliações fitotécnicas.....	12
4.4.1 <i>Produtividade de grãos (PROD)</i>	12
4.4.2 <i>Massa seca de parte aérea (MSA)</i>	12
4.4.3 <i>Diâmetro de hipocótilo (DH)</i>	12
4.4.4 <i>Altura de planta (AP)</i>	13
4.4.5 <i>Índice de área foliar (IAF)</i>	13
4.4.6 <i>Taxa de crescimento relativo (TCR)</i>	13
4.5 Análise estatística.....	14
5 RESULTADOS	15
6 DISCUSSÃO.....	22
6.1 XXXXXXXX.....	Erro! Indicador não definido.
6.1.1 XXXXXX	Erro! Indicador não definido.
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
8 REFERÊNCIAS	24
9 ANEXOS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Com grande potencial para o agronegócio, o cultivo da soja (*Glycine max* L.) cresce consideravelmente numa proporção mundial, no entanto o seu rendimento está diretamente dependente a condições ambientais adequadas a expressão das suas características genéticas que são específicas para cada cultivar (FISS, 2015; CECATTO JÚNIOR, 2020).

Atualmente tem crescido constantemente o número de áreas cultivadas com soja no país, na safra 2022/2023 a estimativa é de 76,6 milhões de hectares (CONAB, 2022), conseqüentemente demandando deficiências nutricionais do solo, assim necessitando de manejo equilibrado de espécies para que os nutrientes do solo sejam recuperados e resultar num melhor rendimento e produtividade da soja. A produção agrícola e as técnicas de manejo inadequadas podem causar perdas exponenciais dos nutrientes do solo, para tanto faz-se necessário adotar técnicas de manejo sustentáveis para recuperar os nutrientes do solo (MACEDO, 2009; VILELA *et al.*, 2011)

Através de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), tem sido desenvolvidas alternativas sustentáveis de produção agrícola, como a integração lavoura pecuária floresta (ILPF). De acordo com Silva *et al.* (2015); Buzzello *et al.* (2021) as técnicas de integração é uma alternativa de cultivo inovadora e com alto potencial para reparar danos causados ao solo, podendo recuperar os nutrientes do solo por meio do uso de cultivos consorciados (FRANÇA *et al.*, 2013). O consórcio é um tipo de sistema de produção agrícola onde duas ou mais culturas crescem no mesmo ambiente visando usar de forma eficiente os recursos naturais (GONG *et al.*, 2015). A disponibilidade hídrica, temperatura e a radiação solar são elementos fundamentais para a produtividade da cultura (SANTOS, 2021), entretanto o consórcio com espécies arbóreas proporciona sombreamento da cultura, o que influencia nos parâmetros fisiológicos da planta (CECATTO JÚNIOR, 2020), tornando necessária a seleção das cultivares adaptadas a característica da região de plantio (SILVA, 2019).

Para estimar os efeitos do fotoperíodo de acordo com a época do ano, é necessário realizar uma avaliação técnica e criteriosa que considere alguns aspectos muito importantes, como o histórico da área a ser plantada, o grau de adaptação da espécie a região e a viabilidade econômica de seu cultivo (BERGAMASCHI; BORSOI; CASTILHO, 2022). Para tanto, compreende-se que a radiação solar influencia no crescimento e desenvolvimento das culturas (SEIXAS *et al.*, 2020). Desse modo, através deste estudo pretende-se identificar e analisar o crescimento e desenvolvimento de genótipos de soja mais tolerantes a restrição luminosa em sistemas consorciados com espécies arbóreas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o comportamento de genótipos de quatro cultivares de soja submetidas a restrição de radiação solar em 0%, 25% e 45%.

2.2 Objetivos específicos

- i Verificar a fisiologia e estrutura das cultivares de soja em diferentes restrições luminosas.
- ii Identificar as cultivares de soja que melhor se adaptam em ambientes com restrição luminosa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura da soja

A cultura da soja (*Glycine max* L.) tem se destacado mundialmente no setor agrícola por ser fonte de proteína e óleo, resultando no crescimento das áreas de cultivo em todo território agrícola (SALIB, 2018; TIBOLLA *et al.*, 2019), assim, sua produtividade e qualidade depende das técnicas de manejo e condições ambientais adequadas (SALIB, 2018).

No decorrer dos anos foram desenvolvidas e aperfeiçoadas técnicas de manejo através da implantação de sistemas integrados de produção. No manejo da cultura da soja quando cultivada nos sistemas consorciados é necessário enfatizar as características de crescimento e desenvolvimento, para minimizar os efeitos negativos que este tipo de sistema pode proporcionar à aos parâmetros de produtividade da cultura (SILVA, 2019). A soja quando consorciada com espécies arbóreas tem sua produtividade afetada, portanto, necessita da seleção de cultivares que melhor se adaptem ao sombreamento como forma de não haver interferência no rendimento da cultura e ainda contribuir com a sustentabilidade por meios diversificados (EVARISTO & ASSUNÇÃO, 2017).

Existem fatores que interferem na produtividade e qualidade da soja, como os genéticos e ambientais. Nesse contexto, Lapera, Lima e Vilarinho (2018) afirmam que a incidência de luz, a temperatura e as condições de solo são as principais responsáveis pelo desenvolvimento e rendimento da soja.

Os fatores ambientais incluem fatores climáticos e edáficos, eles estão relacionados com fatores do ambiente de cultivo, como temperatura, incidência de luz e características do solo. Esses fatores associados a cultura têm interferência direta no desenvolvimento, crescimento e produtividade da mesma (SANTOS *et al.*, 2017).

A temperatura está ligada aos fatores climáticos e tem sua faixa ideal para cada estágio fenológico da planta, para seu desenvolvimento vegetativo a faixa entre 20 °C e 30 °C é o adequado, já para o florescimento é desejável a temperatura acima de 13 °C. Porém no período de maturação elevadas temperaturas e alta umidade, podem causar danos a qualidade do grão (SANTOS *et al.*, 2017).

Outro fator relevante para desenvolvimento e crescimento da cultura da soja relacionados aos fatores climáticos é a radiação, que interfere diretamente no processo fotossintético; na alongação da haste principal e de suas ramificações; no prolongamento foliar; e na fixação biológica. A porcentagem de radiação fotosinteticamente ativa interceptada e a

eficiência de uso dela pela fotossíntese é responsável pelo total de fitomassa seca produzido pela soja. Porém níveis muito altos de radiação, ou saturados, diminuem a eficiência de seu uso, podendo prejudicar na produtividade (SANTOS *et al.*, 2017).

A água, como fator climático, provem através da pluviosidade, podendo também ser através de irrigação artificial. Santos *et al.* (2017) aponta que a quantidade necessária de água para que a cultura da soja alcance o máximo de seu rendimento é entre a faixa de 450 a 800 mm/ciclo. Tanto o déficit como o excesso de água durante o cultivo da soja podem causar prejuízos no desenvolvimento e declínio de produtividade.

Já o fator edáfico, está relacionado ao solo, e para que os grãos de soja se desenvolvam é necessário a presença de nutrientes em quantidades ideais em toda área cultivada para a garantir uniformidade do estande de plantas. O nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre e cálcio são exemplos desses nutrientes, a deficiência destes podem ocasionar prejuízos as plantas (SANTOS *et al.*, 2017).

A ausência de nitrogênio (N) pode resultar na ausência de proteínas e carboidratos que deveriam ser estocados e auxiliar ao longo do ciclo no crescimento e floração da cultura. No caso do potássio (K), seu déficit pode ocasionar uma menor produção de carboidratos, diminuição da síntese de proteínas e baixa resistências a doenças (SANTOS *et al.*, 2017).

O fósforo (P), em níveis menores do que os adequados podem acarrear menor desenvolvimento das plantas, baixa produtividade, qualidade e adiantamento da fase de senescência. A deficiência de enxofre (S) pode ocasionar menor síntese de proteínas e aminoácidos sulfurados. E no caso da ausência de cálcio ocorre a morte de raízes e menor crescimento e desenvolvimento de plantas (SANTOS *et al.*, 2017).

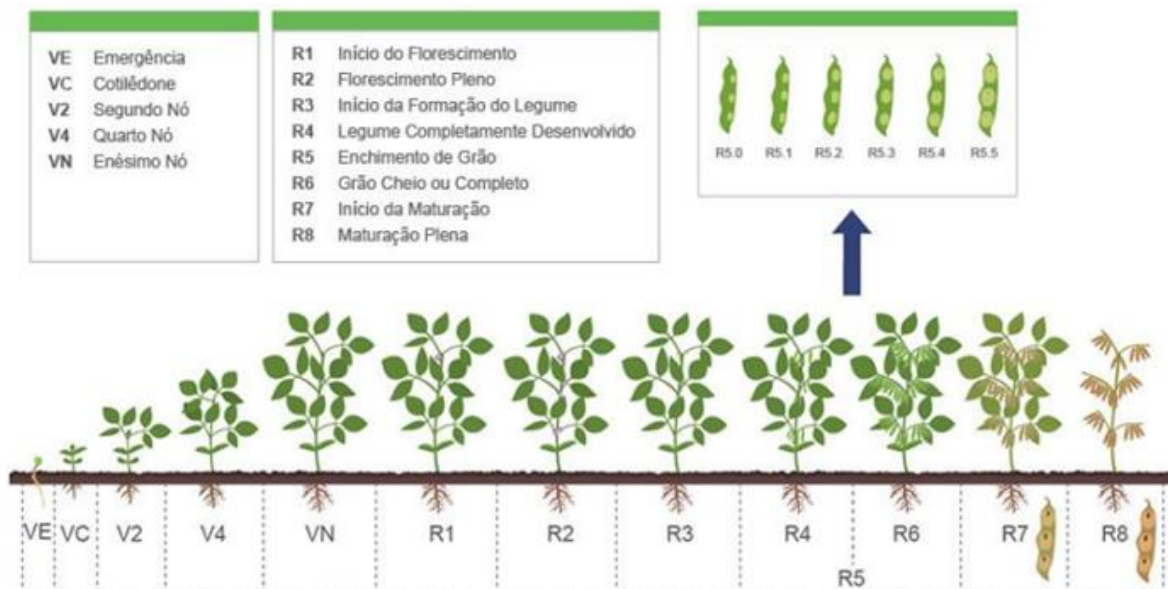
3.2 Crescimento e desenvolvimento da soja

O crescimento e desenvolvimento da soja são influenciados pelo fotoperíodo por ser uma planta de dias curtos, ou seja, seu florescimento é influenciado pelas horas de luz absorvidas durante o dia, assim as respostas aos estímulos fotoperiódicos dependem dos genótipos das diferentes cultivares de soja (TEJO; FERNANDES; BURATTO, 2019). Nesse sentido, compreende-se que o crescimento e desenvolvimento da soja são influenciados pela interação entre as condições ambientais e as cultivares usadas.

Para descrever e caracterizar os estádios fenológicos da planta, a metodologia mais aceita e utilizada foi proposta por Fehr & Caviness (1977), que considera duas fases como principais no decorrer de todo o ciclo da cultura, sendo elas: a fase vegetativa, a qual inclui

desde a germinação e emergência até o início do florescimento, e a fase reprodutiva que se começa com o florescimento e se prolonga até a maturação fisiológica dos grãos.

Figura 1. Estádios fenológicos da soja.



Fonte: FEHR & CAVINESS (1977).

Segundo Souza (2018), o aumento do crescimento da planta pode estar associado a capacidade da cultura de se adaptar as condições do ambiente, e também a quantidade de luminosidade. O autor ainda destaca que, modificações nos níveis de radiação e luminosidade em que uma planta está acostumada ocasionam diferentes respostas fisiológicas, anatômicas, bioquímicas e de crescimento.

A luminosidade é a fonte primordial de energia para o crescimento da planta, assim a cultura da soja quando submetida a restrição luminosa apresenta transformações no desenvolvimento e crescimento, diminuindo a produção de fotoassimilados e consequentemente dificultando o desenvolvimento de raízes, hastes e folhas (CECATTO JÚNIOR, 2020).

A incidência solar também é fator determinante na produtividade de soja, uma vez que por meio da fotossíntese a planta consegue usar a energia solar para armazenar naturalmente a matéria orgânica em seus tecidos (TEJO; FERNANDES; BURATTO, 2019), pois a radiação solar é a principal fonte responsável por fornecer a energia necessária para a realização da fotossíntese (SALIB, 2018).

Segundo Santos *et al.* (2017), altos níveis de radiação solar levam ao uso ineficiente da luz solar diminuindo a produtividade da soja. Já pelo outro lado quando a cultura é submetida

a baixos níveis de radiação solar, ela tende a apresentar baixo índice de fitomassa, de crescimento, e elevado estiolamento, ocasionando o acamamento em condições de campo (CARVALHO *et al.* 2017; CASAROLI *et al.*, 2007), podendo então, o sombreamento influenciar no rendimento da cultura (LIMA 2008; NASCIMENTO, 2011; CASAROLI *et al.*, 2007; TEJO; FERNANDES; BURATTO, 2019).

Entretanto, os estudos de Tibolla *et al.* (2019) , corroboram afirmando que o cultivo da soja em ambientes sombreados com espécies arbóreas precisa ter radiação solar abaixo de 30% para assim não interferir nas características morfofisiológicas e de produtividade da cultura.

3.3 Ecofisiologia e fisiologia da soja

A ecofisiologia estuda a maneira como os organismos atuam e reagem as mudanças em seu ambiente natural. Segundo Lapera, Lima e Vilarinho (2018), alguns fatores têm efeitos diretos sobre a qualidade e produtividade, sendo os fatores genéticos, ambientais, climáticos e edáficos. Fatores genéticos são aqueles que estão relacionados a genética da cultivar de estudo e tem relevância na escolha da variedade matriz pois isolam características desejáveis como a resistência a pragas e doenças; adaptabilidade ao clima e ao solo; características sensoriais e físicas; para assim atender as expectativas de produção (SANTOS *et al.*, 2017).

As plantas quando submetidas à situação de restrição luminosa não atingem sua total expressão fenotípica. Esta condição de sombreamento diminui a quantidade e qualidade da radiação fotossinteticamente ativa (RAF) que atinge as plantas. O funcionamento do aparato fotossintético da planta é prejudicado, pois com a restrição da radiação solar altera a quantidade e a qualidade da radiação fotossinteticamente ativa, e, portanto, a redução na produção de fotoassimilados. afetando o crescimento e rendimento de grãos (CECATTO JÚNIOR, 2020).

Se tratando de qualidade e intensidade, a luz solar é como uma chuva de fótons de distintas frequências em que, a clorofila absorve fortemente nas regiões do azul (cerca de 430 nm) e do vermelho (cerca de 660 nm) do espectro, um espectro de absorção oferece informações sobre a quantidade de energia luminosa captada ou absorvida por uma molécula ou substância em função do comprimento de luz (TAIZ *et al.*, 2017).

Algumas cultivares de soja tem a capacidade de se adaptar a diferentes níveis de radiação solar por meio de fatores morfológicos e fisiológicos que permitem a interceptação foliar da radiação fotossinteticamente ativa. Cultivares de soja em ambientes sombreados tem a capacidade de adaptação e tolerância ao sombreamento devido ao desenvolvimento de

estruturas fotossintéticas adaptadas aos baixos níveis de radiação solar (BUZZELLO *et al.*, 2015).

A soja é uma espécie com folhas capazes de acompanhar o sol e se ajustar conforme sua orientação para permanecer perpendicular aos raios solares, mas esse movimento é interrompido quando nuvens cobrem o sol acontecendo somente em dias claros. Esse fenômeno é conhecido como heliotropismo e ocorre de duas formas, dia-heliotrópicas nas folhas que maximizam a interceptação solar e de para-heliotrópicas para as que evitam a luz solar (TAIZ *et al.*, 2017).

A radiação solar é um fator ambiental de grande importância, pois fornece energia luminosa para a realização de fotossíntese pelos vegetais, e também indicativos ambientais para uma grande quantidade de processos fisiológicos, no caso da planta de estudo, *Glicine max* L. Dessa forma a intensidade da radiação, a duração e a qualidade do espectro luminoso são fundamentais para respostas morfológicas e fenotípicas importantes em soja, tais como indução ao florescimento, estatura da planta e seu desenvolvimento total da germinação à maturação (SEIXAS *et al.*, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

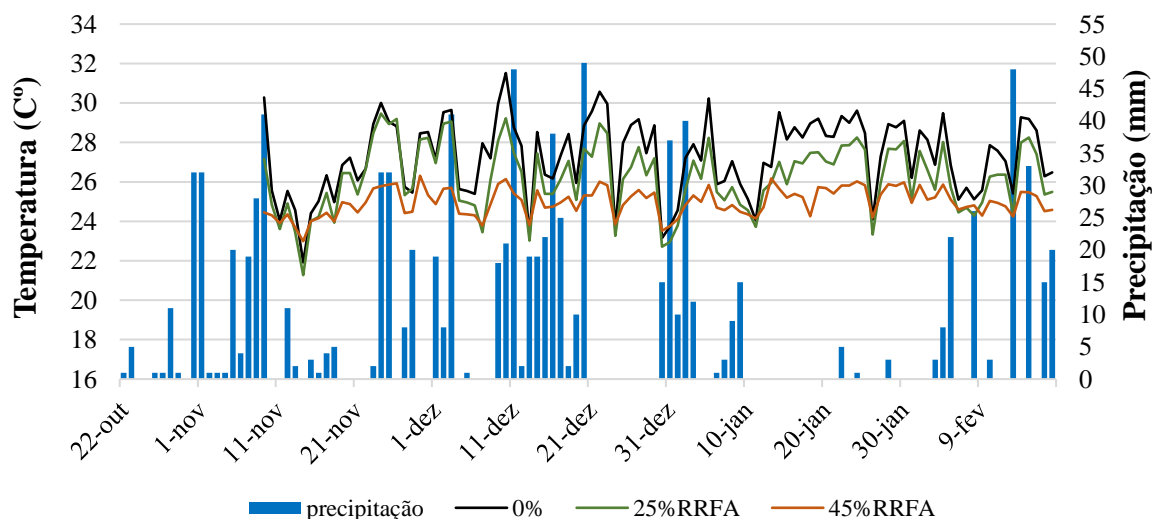
4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Santa Paula (FESP), localizada no *Campus* da UFVJM em Unaí, estado de Minas Gerais, situada nas coordenadas geográficas: Latitude 16° '6' 10."8" S e Longitude 46° '4' 2."8" O, com altitude média de 634 m. O mesmo foi conduzido em condições de campo no período agrícola da safra 2021/2022, sendo a área experimental de sequeiro com cultivo em sistema de plantio direto, sucedendo a cobertura de nabo forrageiro e crotalária.

O solo predominante onde o experimento foi conduzido foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) como Cambissolo de textura argilosa.

Durante o experimento a precipitação média foi de 1.000mm, com temperatura média no ambiente 0%RRFA de 27,3°C com mínima média de 19,8°C e máxima média de 42,9°C, a umidade média foi de aproximadamente 80%. O experimento de 25%RRFA a temperatura e umidade já apresenta valores diferentes devido a influência do sombreamento, onde a temperatura média foi de 26,2°C, mínima média de 19,8°C e máxima média de 39,8°C, a umidade média gira em torno de 81%. O mesmo se aplica no experimento de 45%RRFA, onde a temperatura média foi de 27,2°C, mínima média de 19,4°C e máxima média de 42,0°C, a umidade média desse ambiente foi de 79%, dados esses apresentados na Figura 1.

Figura 2. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica diária (mm) durante o período de condução do experimento no ano agrícola 2021/22.



Legenda: Barras= precipitação; Linhas= temperatura. Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

4.2 Ambientes, cultivares e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em três ambientes cada um deles com um nível de restrição luminosa, sendo um a pleno sol, e os demais com a utilização de telas do tipo sombrites de polietileno com o intuito de simular níveis de sombreamento, um sombrite com 18% de passagem de luz que promoveu uma restrição de 25% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e outro sombrite com 35% de passagem de luz que promoveu uma restrição de 45% de RFA. Para definir a Restrição de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RRFA) foram realizadas medições durante todo o experimento em vários horários por dia visando mensurar a densidade de fluxo de fóton fotossintético por meio de um medidor de radiação fotossinteticamente ativa (Apogee Quantum Meters – modelo MQ-200), chegando aos valores médios de 25% RRFA e 45%RRFA.

A instalação do experimento foi por meio de delineamento de blocos casualizados (DBC) com 16 cultivares de soja e três repetições. Cada parcela foi montada com duas fileiras de 6,5 m de comprimento com espaçamentos de 0,5 m entre cada linha. Em experimento prévio foram avaliadas 16 cultivares de soja com potencial para ambientes com restrição de luminosidade e destas, 4 cultivares foram selecionadas e utilizadas no presente estudo, sendo elas NS 7780 IPRO, NS 7901 IPRO, RK 7518 IPRO, e, DESAFIO, foram usadas cultivares de soja, pertencentes aos diferentes grupos de maturação e hábito de crescimento, de acordo com a Tabela 1 apresentada.

Tabela 1. Hábito de crescimento, grupo de maturação relativa e densidade de plantas das 16 cultivares de soja utilizadas no experimento.

Cultivar	Hábito de Crescimento	Grupo de maturação	Número de plantas por metro
NS7667	Indeterminado	7.6	19
NS8338	Determinado	8.3	17
NS6906	Indeterminado	7.0	21
RK6719	Indeterminado	6.8	21
RK8115	Indeterminado	8.1	15
RK6316	Indeterminado	6.3	21
M7110	Indeterminado	6.8	19
CD2728	Indeterminado	7.2	17
M6210	Indeterminado	6.2	19
AS3680	Indeterminado	6.8	15
8579 RSF(BÔNUS)	Indeterminado	7.9	15
74I77RSF(FOCO)	Indeterminado	7.4	21
NS7780	Indeterminado	7.8	17
NS7901	Indeterminado	7.9	15
RK7518	Indeterminado	7.5	15
8473RSF(DESAFIO)	Indeterminado	7.4	21

Fonte: Agroeste; Bayer; Brasmax; Brevant Sementes; Credenz; KWS Sementes; Nidera Sementes, 2022.

4.3 Condução dos experimentos

4.3.1 Tratos culturais

Os tratos culturais realizados durante cultura da soja na safra 2021/2022 desta pesquisa estão detalhados na tabela 2.

Tabela 2. Tratos culturais realizados na cultura da soja na safra 2021/2022.

Data de aplicação	Trato Cultural	Produto ou Substância	Dose ou Proporção
18/10/2021	Adubação de pré-plantio	Enxofre Cloreto de potássio	10 Kg.ha ⁻¹ 68 Kg.ha ⁻¹
22/10/2021	Adubação de plantio	Superfosfato triplo	162 Kg.ha ⁻¹
22/10/2021	Tratamento de Semente	Hober Soy (<i>Bradyrhizobium Japonicum</i> , Ballagro) Booster (Agrichem) CMZ Infinity (Agrichem) Standak Top (Piraclostrobina, 25 g.L ⁻¹ , Tiofanato Metílico, 225 g.L ⁻¹ , Fipronil, 250g.L ⁻¹ , Basf)	4,5 mL/kg de semente 3,5 mL/kg de semente 5 mL/kg de semente 2 mL/kg de semente
08/11/2021	Pós-emergente	Trop (Glifosato, 480 g.L ⁻¹ , Adama)	2,5 L.ha ⁻¹
17/11/2021	Adubação Foliar	Hober Soy (<i>Bradyrhizobium Japonicum</i> , Ballagro) Sulfato de Manganês Complex Express (Vittia) Magnésio Ultra	370 mLha ⁻¹ 321 g.ha ⁻¹ 921 mL.ha ⁻¹ 406 g.ha ⁻¹
26/11/2021	Primeiro Fungicida	Priori Xtra (Azoxistrobina, 200 g.L ⁻¹ , Ciproconazol, 80 g.L ⁻¹ , Syngenta) Aller (Forquímica) Desadere (Forquímica)	300 mL.ha ⁻¹ 90 mL.ha ⁻¹ 190 mL.ha ⁻¹
23/12/2021	Segundo Fungicida	Cronnos (Picoxistrobina, 26,66 g.L ⁻¹ , Tebuconazol, 33,33 g.L ⁻¹ , Mancozebe, 400 g.L ⁻¹ , Adama) Manganês Magnésio Wild (Clorpirifós, 480 g.L ⁻¹ , Albaugh) Aller (Forquímica) Desadere (Forquímica)	2,5 L.ha ⁻¹ 321 g.ha ⁻¹ 406 g.ha ⁻¹ 1,5 L.ha ⁻¹ 90 mL.ha ⁻¹ 190 mL.ha ⁻¹
08/01/2022	Terceiro fungicida	Loader (Fast Agro) Azimut (Azoxistrobina, 120 g.L ⁻¹ , Trbuconazol, 764 g.L ⁻¹ , Adama) Wild (Clorpirifós, 480 g.L ⁻¹ , Albaugh) Aller (Forquímica) Desadere (Forquímica)	1,0 Kg.ha ⁻¹ 510 mL.ha ⁻¹ 1,5 L.ha ⁻¹ 90 mL.ha ⁻¹ 190 mL.ha ⁻¹

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

4.3.2 Colheita

Aos 108 DAS (dias após a semeadura) em (07/02/2022) foi feita a colheita da cultivar RK7518. As cultivares NS7780 e 8473RSF foram colhidas aos 116 DAS (15/02/2022) e, a cultivar NS7901 foi colhida aos 124 DAS (23/02/2022). A colheita foi realizada de forma manual. Todas as parcelas foram colhidas 5m², correspondendo a duas fileiras de 5m de comprimento. Após a colheita, os feixes de soja foram secos em ambiente protegido com circulação do ar e em seguida as vagens foram trilhadas em uma trilhadora estacionária.

4.4 Avaliações fitotécnicas

As avaliações foram realizadas periodicamente durante todo o ciclo da cultura em um intervalo de 15 dias entre cada avaliação, sendo colhidas a cada avaliação duas plantas de cada parcela para realizar as avaliações fitotécnicas descritas a seguir.

4.4.1 Produtividade de grãos (PROD)

A produtividade de grãos foi determinada a partir da colheita de duas linhas de 5 metros de cada parcela. Após a trilha das vagens, os grãos foram pesados e determinado a umidade através de um medidor de umidade de grãos portátil (modelo G650i marca Gehaka®). A umidade dos grãos foi ajustada para 13% de umidade e a produtividade foi determinada em kg.ha⁻¹.

4.4.2 Massa seca de parte aérea (MSPA)

A massa seca de parte aérea foi calculada por meio da colheita e separação da folha verde do caule, que foi levada para secar em estufa por 72 horas a 60C° para depois pesar a matéria seca em balança analítica de precisão.

4.4.3 Diâmetro de hipocótilo (DH)

O diâmetro de hipocótilo (mm) foi obtido utilizando um paquímetro digital, posicionado a aproximadamente 2,5 cm do solo.

4.4.4 *Altura de planta (AP)*

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

4.4.5 *Índice de área foliar (IAF)*

A avaliação do índice de área foliar foi realizada através de fotografias das folhas que foram inseridas no software MATLAB R2021a, responsável pela realização dos cálculos.

Foi realizada a criação de uma máscara que será usada para segmentar todas as outras imagens, a criação da máscara consistiu-se em importar as imagens para o MATLAB, onde existe a criação de uma função usando o aplicativo integrado na própria plataforma MATLAB denominado de Image Segmenter para segmentar e binarizar as imagens em preto e branco. Após segmentar algumas imagens um arquivo foi exportado, o qual foi usado como máscara e o código gerado foi uma função para usar a máscara.

Para o processamento das imagens foi utilizado um código que as importou em um banco de imagens para o MATLAB e aplicamos a função criada anteriormente em cada uma das imagens para binarizar e assim poder obter a área foliar em pixels e depois aplicamos a escala das imagens para converter os pixels em cm². E por fim utilizou um algoritmo para gerar um arquivo “.xlsx” e salvar os dados de cada uma das imagens.

4.4.6 *Taxa de crescimento relativo (TCR)*

Foram realizadas coletas de plantas aproximadamente a cada 15 dias, dos 17 aos 101 DAS (dias após a semeadura), do estágio de V2 a R7 para avaliação do crescimento. Na avaliação foi coletado todo o material vegetal, incluindo o legume nas fases de produtividade.

Para calcular a taxa de crescimento relativo foi utilizada a fórmula $S2-S1/T1-T2$ onde S2: altura atual da planta, S1: altura anterior da planta. T2: data da medição atual, T1: data da medição anterior, ou seja, é a evolução de tamanho da planta dividido pelo tempo gasto para essa evolução.

4.5 Análise estatística

Para cada experimento os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro Wilk a 5% de significância.

Foram usados os seguintes modelos para a regressão: Gaussian, Decay, Sigmoid, Logístico e Gompertz. Os cálculos utilizados e suas respectivas funções são descritas pelas seguintes equações:

$$\text{Decay: } y = ae^{-bx}$$

Equação (1)

$$\text{Sigmoid: } x = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}$$

Equação (2)

$$\text{Logístico: } y = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^b}$$

Equação (3)

$$\text{Gompertz: } y = ae^{-e\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}$$

Equação (4)

$$\text{Gaussian: } y = ae^{-0,5\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2}$$

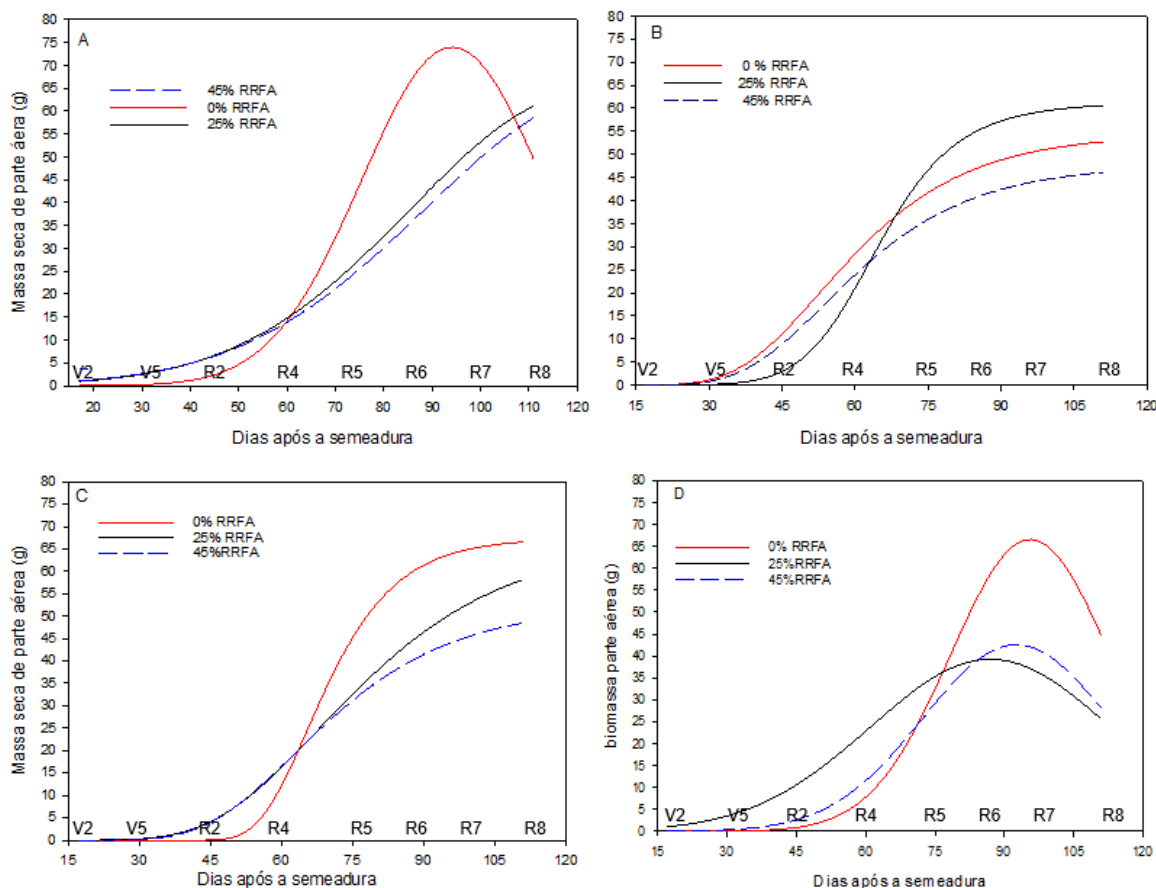
Equação (5)

Os parâmetros e os modelos utilizados em cada cultivar foram os seguintes. 8473: MPA, Gaussian; D, Gompertz; IAF, Gaussian; ALT, Gompertz; TCR, Exponented Decay. NS 7901: MPA, Gaussian; D, Gompertz; IAF, Gaussian; ALT, Gompertz; TCR, Exponented Decay. NS 7780: MPA, Gompertz; D, Gompertz; IAF, Sigmoid; ALT, Gompertz; TCR, Exponented Decay. RK 7518: MPA, Gompertz; D, Gompertz; IAF, Gaussian; ALT, Gompertz; TCR, Exponented Decay.

5 RESULTADOS

A figura abaixo demonstra através de gráficos o resultado da análise de massa seca de parte aérea (g) durante todo o experimento para cada cultivar em cada um dos ambientes.

Figura 3. Massa seca da parte aérea (g). Cultivares NS7901 (A), NS7780 (B), RK7518 (C), 8473RSF (D).



A cultivar NS7901 (Figura 3A) apresentou uma MSPA maior nos ambientes com algum nível de RRFA até o início do florescimento (R4) e a partir desse ponto a cultivar teve um aumento significativo no ambiente com 0% RRFA, sendo esse no qual a cultivar atingiu maior valor de MSPA com máxima de 73,96 g, esse pico aconteceu no estágio fenológico de grão cheio (R6).

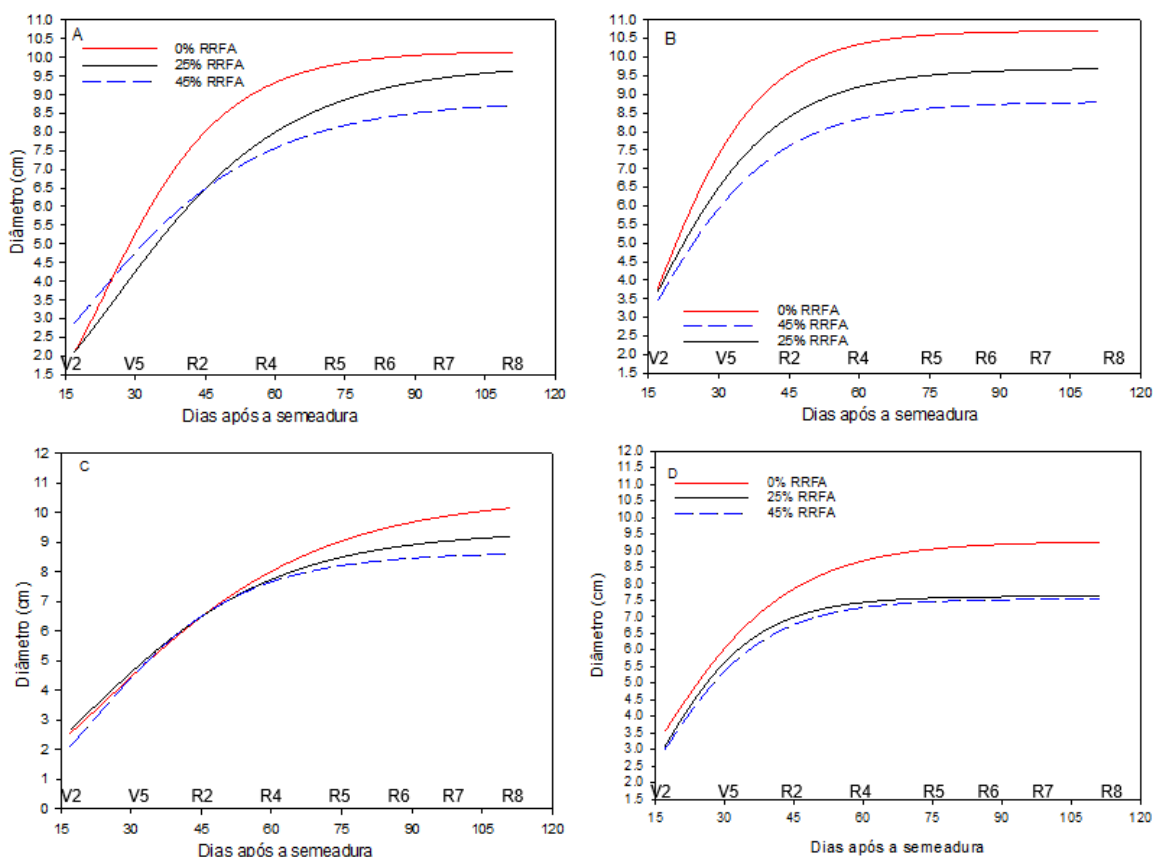
A cultivar NS7780 (Figura 3B) até ter seu legume completamente formado (R4) apresentou maior MSPA no ambiente com 0% RRFA, a partir do qual o ambiente com 25% RRFA passou do ??? com menor peso para o que atingiu a maior MSPA e assim se manteve até o final do ciclo da cultura, atingindo o máximo de 61,40 g.

A cultivar RK7518 (Figura 3C) chegou a seus maiores valores de MSPA nos ambientes com algum tipo de RRFA até R4. A partir desse estágio fenológico o ambiente com 0% de RRFA que anteriormente era o que tinha menor peso, passou a se destacar e se manteve assim até a maturação da cultura (xx), chegando a um peso máximo de 67,38g.

Cultivar 8473RSF (Figura 3D) veio com maior MSPA no ambiente com 25% RRFA até R4/R5, a parti de então esse ambiente diminuiu para o menor peso no final do ciclo, ao contrario do que ocorreu no ambiente com 0% RRFA que tinha menor peso inicialmente e a partir de R4/R5 (x dias) foi onde a cultivar alcançou maior valor de MSPA com máx. de 66,55 g quando a cultivar estava com grão cheio em R6.

As cultivar NNS7901 (Figura 3A) e 8473RSF (Figura 3D) tiveram um pico máx. de MSPA em R6 e com o início da maturação em R7 esse valor diminuiu. A NS7780 (Figura 3B) foi a única cultivar que alcançou maior valor de MSPA em um dos ambientes com níveis de RRFA, além de que juntamente com a cultivar RK7518 (Figura 3C) foram as que mantiveram estáveis depois de determinado valor.

Figura 4. Diâmetro do hipocótilo (cm). Cultivares NS7901 (A), NS7780 (B), RK7518 (C), 8473RSF (D).



Com relação a variável diâmetro de hipocótilo (DH) todas as cultivares chegaram ao maior valor de diâmetro no ambiente com 0% RRFA, seguido sucessivamente do ambiente 25% RRFA e o ambiente 45% RRFA.

A cultivar D nos ambientes com 25% e 45% não teve variações tão significativas durante o ciclo.

Cultivar NS7901 (Figura 4A) no início de seu ciclo, em V2 com seu 1° trifólio completamente desenvolvido, apresentou uma espessura maior no ambiente com 45% de RRFA, porém quando as plantas chegaram em V5, com o 4° trifólio completamente desenvolvido, o diâmetro do hipocótilo no ambiente com 0% de RRFA ultrapassou os demais ambientes e se manteve maior durante todo o ciclo alcançando o máximo de 10,16 cm. Em ambos os ambientes a cultura se estabilizou a partir do enchimento de grãos (R5).

A cultivar NS7780 (Figura 4B) manteve um padrão durante todo seu ciclo, com espessura maior do hipocótilo em 0% RRFA, seguido do ambiente com 25% RRFA e com menor espessura em 45% RRFA, com valor máximo de 10,70 cm em 0% RRFA. A partir do florescimento pleno (R2) a cultura se estabilizou independente do ambiente.

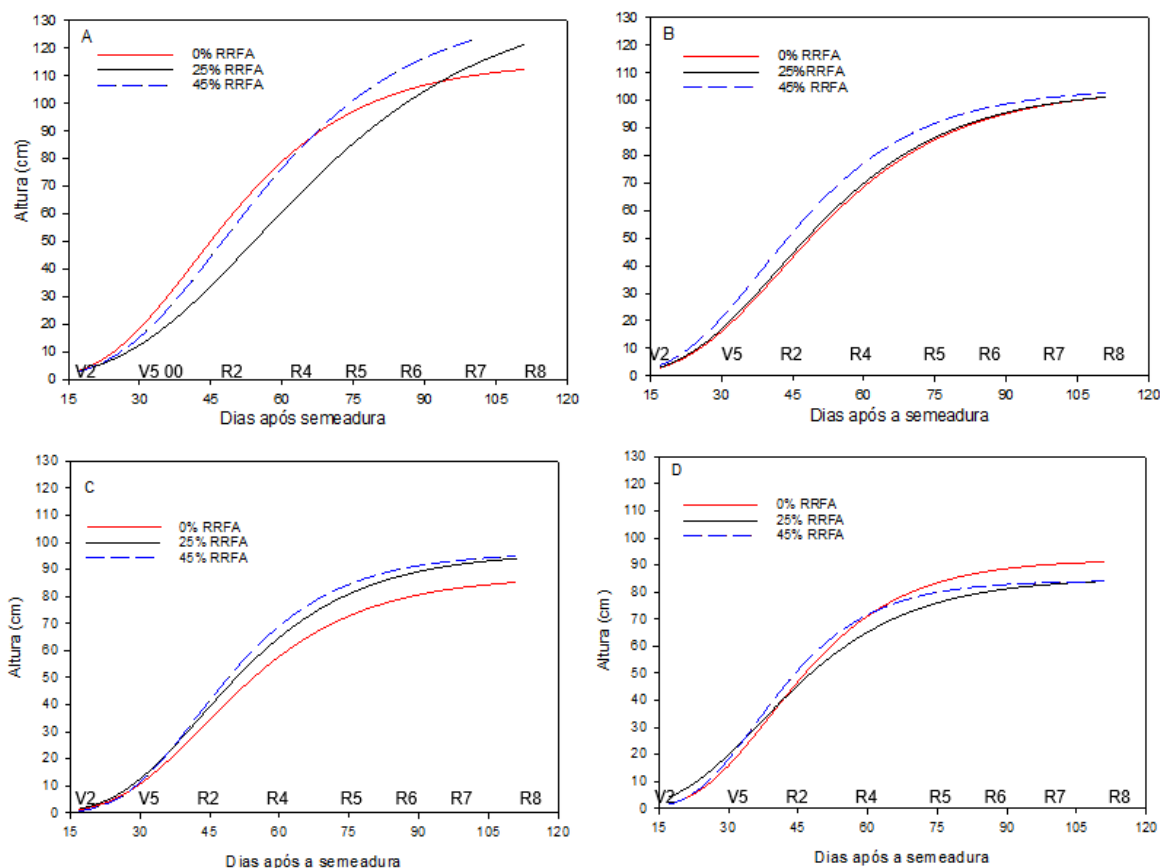
A cultivar RK7518 (Figura 4C), iniciou com maior diâmetro de hipocótilo no ambiente com 25% e quando chegou a fase de R2 os valores se mostraram semelhantes em todos os ambientes. Já a partir de R4 começou a aparecer diferença maior entre a espessura no ambiente com 0% RRFA proporcionando o máximo de 10,55 cm. Todas as cultivares se estabilizando a partir de R5.

A cultivar 8473RSF (Figura 4D) apresentou seu maior valor de diâmetro do hipocótilo no ambiente com 0% RRFA desde o início até o fim do seu ciclo com valor máximo de 9,27 cm. A baixo dessa espessura, nos ambientes com níveis de RRFA, houve pouca diferença no diâmetro sendo 7,62 cm em 25% RRFA e 7,53 cm em 45% RRFA.

Todas as cultivares alcançaram seu maior diâmetro de hipocótilo no ambiente com 0% RRFA.

Na variável altura de plantas (Figura 5) as cultivares A, B e C alcançaram maior altura no ambiente com 45% de RRFA enquanto a cultivar D teve maior altura no ambiente com 0% de RRFA. A cultivar B não teve diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os ambientes.

Figura 5. Altura de plantas (cm). Cultivares NS7901 (A), NS7780 (B), RK7518 (C), 8473RSF (D).



A cultivar NS7901 (Figura 5A) teve maior altura de planta (AP) no ambiente com 0% RRFA até R4, sequencialmente o ambiente com 45% RRFA proporcionou maior a altura até R7. Ao Final do ciclo, no início da maturação fisiológica (R7), o valor máximo de AP obtido foi de 138,63 cm alcançado no ambiente com 25% RRFA.

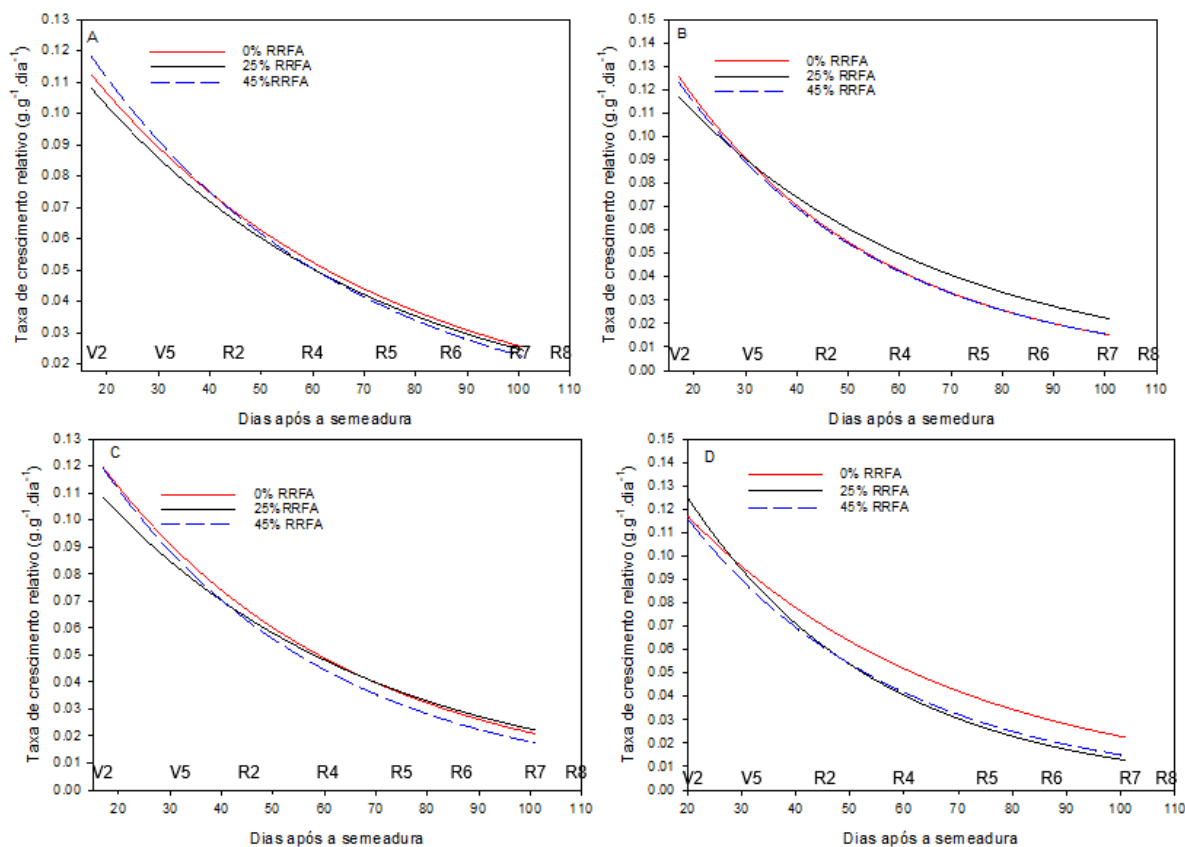
A cultivar NS7780 (Figura 5B) obteve pouca diferença em relação a AP entre os três ambientes mantendo o mesmo comportamento, sendo os valores máximos para cada ambiente, de 104,68 cm em 0%; 104,41 cm em 25%; e 104,57 cm em 45%RRFA.

A cultivar RK7518 (Figura 5C) se estabilizou em todos os ambientes a partir de R6 com o grão cheio. Os ambientes com RRFA de 25% e 45% diferiram pouco em altura com valores de 96,34 cm em 25% e 96,22 cm em 45%. Enquanto o ambiente com 0% RRFA obteve o menor valor de altura de planta com 87,54 cm.

A cultivar 8473RSF (Figura 5D) se estabilizou em todos os ambientes com R4 e diferente das demais cultivares essa teve maior altura de planta no ambiente com 0% RRFA

alcançando uma máxima de 92,09 cm, enquanto nos ambientes com níveis de sombreamento os valores foram próximos entre eles, sendo de 85,35 cm com 25% e 84,32 cm com 45%.

Figura 6. Taxa de crescimento relativo (TCR). Cultivares NS7901 (A), NS7780 (B), RK7518 (C), 8473RSF (D).

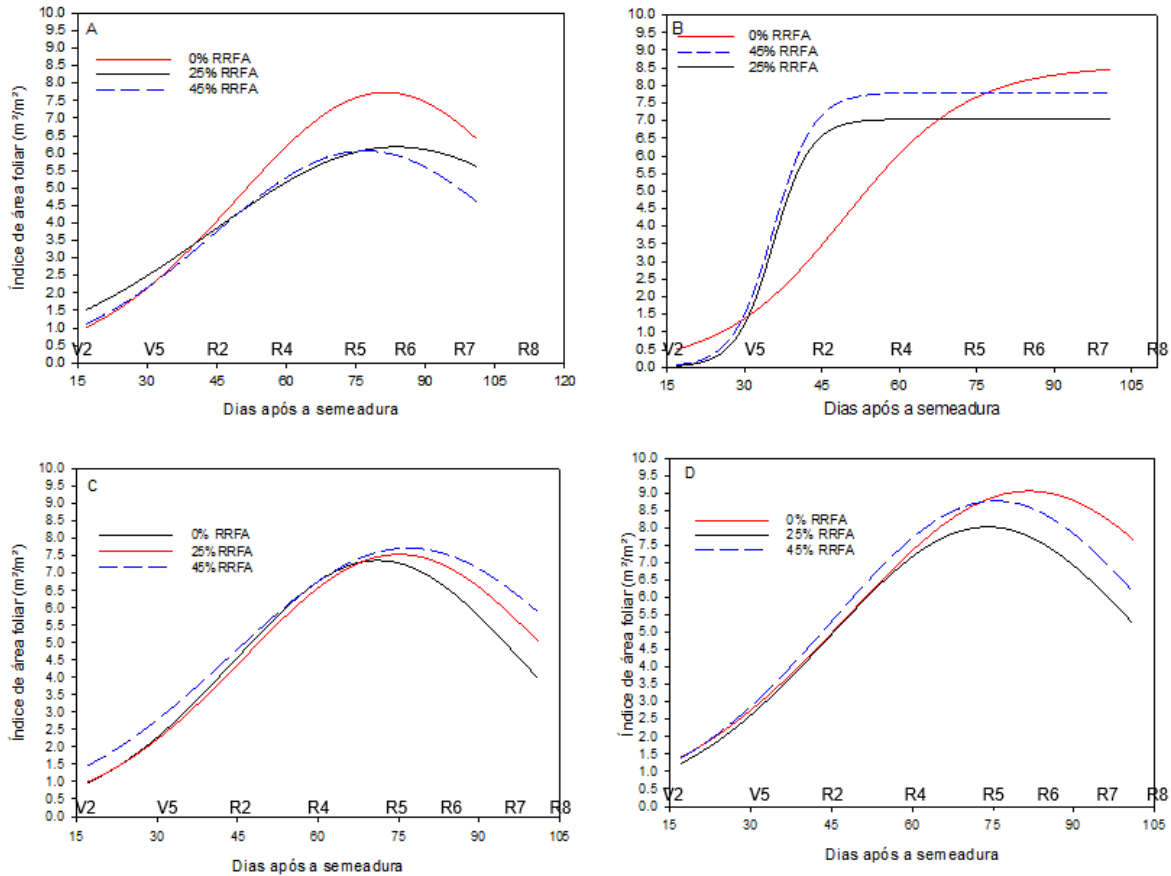


Para a taxa de crescimento relativo (TCR, Figura 6) observa-se que todas as cultivares independente do ambiente mantiveram uma similaridade na TCR, variando pouco.

As cultivares A e C Iniciaram sua maior TCR no ambiente com 45% RRFA, enquanto a cultivar B início com maior TCR no ambiente com 0% RRFA e a cultivar D no ambiente com 25% RRFA.

A cultivar 8473RSF (Figura 6D) sem restrição de luminosidade (0% RRFA) foi a única que apresentou superiormente maior diferença na taxa de crescimento relativo ($\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), variação também observada no diâmetro de hipocótilo com a mesma cultivar no mesmo ambiente.

Figura 7. Índice de área foliar (IAF). Cultivares NS7901 (A), NS7780 (B), RK7518 (C), 8473RSF (D).



O índice de área foliar observou comportamento diferente entre curva da cultivar B com relação as demais, essa cultivar nos ambientes com algum nível de sombreamento apresentou um crescimento acelerado de parte aérea em V5, estabilizando esse índice de área foliar a partir de R2 até o final de seu ciclo. Em contrapartida as demais cultivares apresentaram aumento de IAF até um ponto máximo que foi alcançado em ambas por volta do estágio fenológico de R5 e em seguida ocorreu um decréscimo.

A cultivar NS7901 (Figura 7A) iniciou seu ciclo com maior IAF no ambiente com 25% RRFA, porém a partir de R2 o ambiente com 0% RRFA ultrapassou e se manteve maior até o final do ciclo, chegando a valores de 7,73 m²/m², enquanto os ambientes com sombreamento pouco diferiram, sendo 6,17 m²/m² em 25% RRFA e 6,06 m²/m² em 45% RRFA.

Para a cultivar 7780 (Figura 7B) ocorreu grande diferença na forma de como as plantas se comportaram nos ambientes com algum nível de RRFA quando comparado as demais cultivares. Iniciou com o ambiente com 0% RRFA com maior valor de IAF e em V5 isso mudou os ambientes 25% e 45% aumentaram sua quantidade de IAF significativamente ($p \leq 0,05$) e

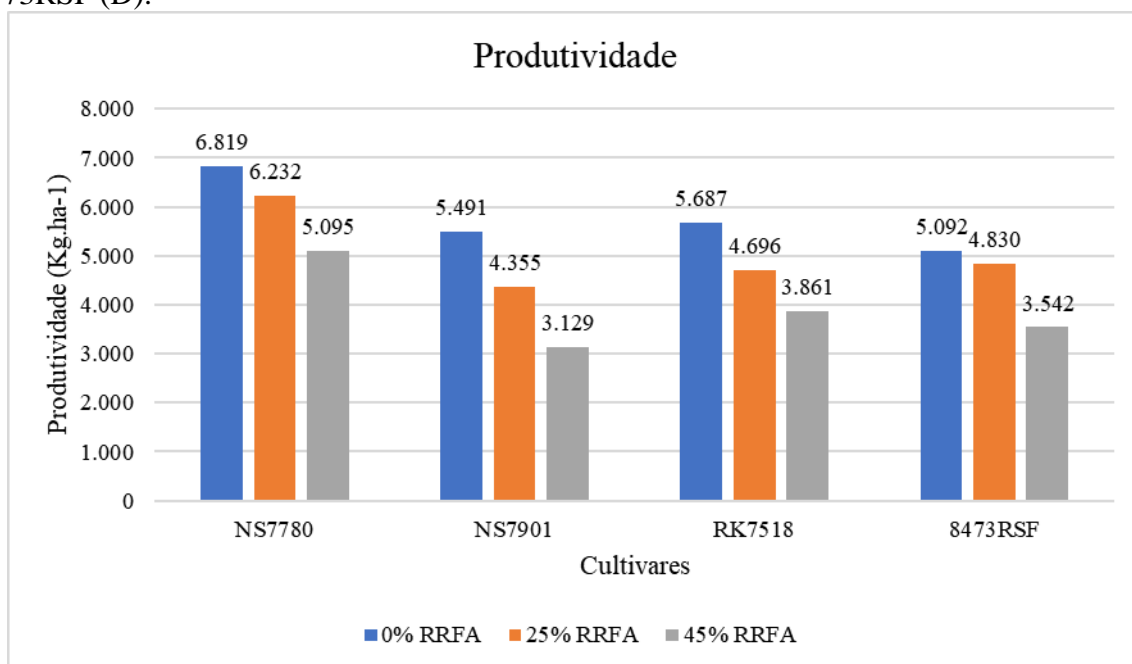
estabilizando em R2. Em R5 o ambiente com 0% ultrapassou os demais e por fim apresentou o valor máximo de 8,56 m²/m².

Cultivar RK7518 (Figura 7C) demonstrou pouca variação nos valores de IAF entre os ambientes mantendo mesmo comportamento e alcançando seu valor máx. de 7,71 em 45% RRFA, 7,35 em 0% RRFA e 7,35 em 25% RRFA. Foi a única cultivar com maior valor em um ambiente com níveis de RRFA.

A cultivar 8473RSF (Figura 7D) no início apresentou pouca variação entre os ambientes e a partir de R4 o ambiente com 0% RRFA teve destaque alcançando o máximo de 9,05 m²/m².

O Gráfico 1 abaixo, referentes a produtividade das cultivares de acordo com os ambientes, demonstrou que todas as cultivares alcançaram uma maior produtividade no ambiente com 0% de sombreamento.

Gráfico 1. Produtividade (kg.ha⁻¹). Cultivares NS7901 (A), NS7780 (B), RK7518 (C), 8473RSF (D).



O gráfico 1 apresenta os valores de produtividade de grãos (PROD) entre as cultivares em cada ambiente de RRFA e na comparação entre os ambientes para cada cultivar. É observado que a PROD apresenta valores menores de acordo com o aumento da restrição luminosa. Entre os ambientes 0%RRFA e 25%RRFA é possível observar que não houve a redução significativa ($p \leq 0,05$) da produtividade entre as cultivares de forma geral.

A cultivar NS7780 foi a que atingiu maiores valores de PROD independentemente do nível de RRFA. Já a cultivar 8473RSF não teve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o ambiente com 0% RRFA e o ambiente com 25% RRFA, mostrando que esse nível de sombreamento não interferiu na produtividade das cultivar.

A NS7901 foi a cultivar que apresentou maior perda de produtividade entre o ambiente de pleno sol 0% RRFA e os ambientes com sombreamento. As cultivares NS7901, RK7518 e 8473RSF se comportaram da mesma forma, não tendo diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre elas quando submetidas a 25% RRFA.

6 DISCUSSÃO

A cultivar NS7901 com 0% de RRFA apresentou um pico de massa seca da parte aérea (MSPA) maior e mais cedo (Figura 1), já em 88 dias – R6 (fase de grão cheio), isso contribuiu para que tivesse maior desenvolvimento da cultura e maior produtividade (Gráfico 1) entre os níveis de 0% de RRFA. Por outro lado, quando comparado entre as cultivares, a NS7780 foi a que apresentou maior índice de produtividade (PROD) em 0% RRFA mesmo apresentando o menor índice de MSPA em R6.

Para compreender os efeitos do desempenho da PROD observa-se que o estudo realizado por Cecatto Júnior (2020) afirma que as plantas sob a restrição luminosa acabam tendo seu desenvolvimento influenciado e prejudicado devido à redução de produção dos fotoassimilados. Tibolla et al. (2019) corroboram elencando que o nível de sombreamento influencia tanto nas características morfofisiológicas quanto na produtividade, portanto, é viável o cultivo da soja em sistemas consorciados arbóreos desde que a interceptação da radiação solar seja inferior a 30%.

Ainda, índices de produtividade podem ter sido influenciados pela quantidade dos índices pluviométricos na fase de enchimento de grãos e no manejo realizado para o controle de doenças foliares (BRUIN & PEDERSEN, 2008; BALBINOT JUNIOR et al., 2015; THOMPSON et al., 2015), diferença observada nos índices pluviométricos entre nas safras deste presente estudo (Figura 1)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultivar NS7780 foi a que atingiu maiores valores de PROD independentemente do nível de RRFA. Já a cultivar 8473RSF não teve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o

ambiente com 0% RRFA e o ambiente com 25% RRFA, mostrando que esse nível de sombreamento não interferiu na produtividade das cultivar.

8 REFERÊNCIAS

BERGAMASCHI, H. M.; BORSOI, A.; CASTILHO, C. Características agrônômicas e produtivas da soja cultivada em diferentes sistemas de preparo de solo em Latossolo Vermelho. **Cultivando o Saber**, v. 15, p. 28–35, 2022.

BUZZELLO, G. *et al.* 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. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 33, n. 3, p. 310–329, 2015.

CASAROLI, D., *et al.* Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja: uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 14, p. 102-120, 2007.

Disponível em:

https://www.academia.edu/3985473/radia%C3%87%C3%83o_solar_e_aspectos_fisiol%C3%93gicos_na_cultura_de_soja_-_uma_revis%C3%83o_solar_radiation_and_physiologics_aspects_in_soybean_-_a_reviewefici%C3%8ancia_do_uso_de_radia%C3%87%C3%83o. Acesso em: 11 nov. 2022.

[uma revis%C3%83o solar radiation and physiologics aspects in soybean -](https://www.academia.edu/3985473/radia%C3%87%C3%83o_solar_e_aspectos_fisiol%C3%93gicos_na_cultura_de_soja_-_uma_revis%C3%83o_solar_radiation_and_physiologics_aspects_in_soybean_-_a_reviewefici%C3%8ancia_do_uso_de_radia%C3%87%C3%83o)

[a reviewefici%C3%8ancia do uso de radia%C3%87%C3%83o](https://www.academia.edu/3985473/radia%C3%87%C3%83o_solar_e_aspectos_fisiol%C3%93gicos_na_cultura_de_soja_-_uma_revis%C3%83o_solar_radiation_and_physiologics_aspects_in_soybean_-_a_reviewefici%C3%8ancia_do_uso_de_radia%C3%87%C3%83o). Acesso em: 11 nov. 2022.

CARVALHO, G. *et al.* CARVALHO, G. *et al.* Determinação do índice de área foliar da soja em sistemas integrados de produção e exclusivo. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, 5., 2016, Sinop. Anais. Sinop, MT: Embrapa, 2017. p. 24-28. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1065664>.

Acesso em: 20 nov. 2022.

CECATTO JÚNIOR, R. **Trocas gasosas e características produtivas de plantas de soja em condições de encharcamento do solo e restrição luminosa**. Dissertação—Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2020.

CONAB. **Conab - Conab prevê novo recorde na produção de grãos em 312,4 milhões de toneladas na safra 2022/23**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4774-conab-preve-novo-recorde-na-producao-de-graos-em-312-4-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

EVARISTO, A.B; ASSUNÇÃO, P. M. *et al.* Crescimento e desenvolvimento de cultivares de soja em sistema integrado de cultivo. **VIII Congresso Brasileiro de Soja**, n. Minolta 509, p. 1–84, 2017.

FRANÇA, A. N. *et al.* **Índice de produtividade da lavoura de soja consorciada com eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável: 10 anos de Pesquisa**. Campo Grande - MS: [s.n.]. Disponível em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/980058/1/INDICEDEPRODUTIVIDADEALAVOURADESOJA...pdf%0Ahttp://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/980058/1/INDICEDEPRODUTIVIDADEALAVOURADESOJA...pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

FISS, G. **Plasticidade de plantas de soja dentro de uma população e sua relação com a produtividade**. Orientador: Luis Osmar Braga Schuch. 2015. 48 f. Tese (Doutorado) -

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
Disponível em:

http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/3359/1/tese_guilherme_fiss.pdf. Acesso em: 24 nov. 2022.

GONG, W. Z. *et al.* Tolerance vs. avoidance: two strategies of soybean (*Glycine max*) seedlings in response to shade in intercropping. **Photosynthetica**, v. 53, n. 2, p. 259–268, 2015.

LAPERA, C. A. I.; LIMA, M. W. de P.; VILARINHO, M. S. Ecofisiologia da Soja. In: DIAS, João Paulo Tadeu (Org.). **Ecofisiologia de culturas agrícolas**. Belo Horizonte: EdUEMG, 2018. p. 120132.

LIMA, J. D., *et al.* Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazônica**, v. 38 n. 1, p.5-10, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000100002>

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

NASCIMENTO, R. M. do. **Rendimento da soja consorciada com Eucalipto em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. Orientação: Cícero Célio de Figueiredo, Brasília 2010, 48 páginas. Monografia de Graduação – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1872/6/2011_RafaelMatosdoNascimento.pdf. Acesso em: 16 nov. 2022.

SALIB, N. C. Respostas fisiológicas de soja à aplicação de caulim e carbonato de cálcio. p. 3–54, 2018.

SANTOS, A. C. et al. Fatores e técnicas de produção e sua influência na produtividade e qualidade da soja. **XI Encontro de Engenharia de Produção Industrial**, p. 8, 2017.
SANTOS, M. S. DOS. **Sombreamento reduz a produtividade da soja? | MAIS SOJA - Pensou Soja, Pensou Mais Soja**. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/sombreamento-reduz-a-produtividade-da-soja/>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SEIXAS, C. D. S. *et al.* Tecnologias de produção de soja. **Embrapa soja**, p. 1–348, 2020.

SILVA, É. D. B. DA. **Estimando a produtividade na cultura da soja**. Disponível em: <<https://www.pioneersementes.com.br/blog/46/estimando-a-produtividade-na-cultura-da-soja>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SILVA, P. P. O. DA; COSTA, É. K. C. Atributos físicos de solos tropicais e recomendações de manejo: um referencial teórico. **CIÊNCIAS AGRÁRIAS: O AVANÇO DA CIÊNCIA NO BRASIL**, v. 2, n. 31, p. 413–421, 2021.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal Diversidade vegetal**. [s.l.: s.n.]. v. 6 ed.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. DOS S.; BURATTO, J. S. Soja : fenologia , morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF**, v. 35, n. 1, p. 1–9, 2019.

TIBOLLA, L. B. et al. Effect of artificial shading on soybean growth and yield. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1–7, 2019.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária**, v. 46, n. 10, p. 1127–1138, 2011.

TIBOLLA, L. B et al. Efeito do sombreamento artificial no crescimento e produtividade da soja. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v. 14 n. 4. Recife, PE - 2019.

Doi: <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i4a6876>

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

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

THOMPSON, N. M. et al. Mid-South soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. *Agronomy Journal*, v. 107, n. 3, p. 979-989, 2015. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0453>

9 ANEXOS

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros dos caracteres de crescimento em plantas de soja da cultivar 8473RSF em diferentes níveis de sombreamento.

Caractere	Ambiente (RRFA)	Modelo	Parâmetro			R ² ajustado	Erro padrão da estimativa
			a	b	xo		
MPA	0%	Gaussiano	66,5578**	17,2272**	95,6249**	0,8557	9,7849
	25%	Gaussiano	39,2398**	25,9860**	86,9807**	0,8817	5,2735
	45%	Gaussiano	42,5651**	20,1793**	92,5581**	0,8449	6,4764
D	0%	Gompertz	9,2786**	15,9453	16,3453**	0,8146	0,915
	25%	Gompertz	7,6202**	11,8639	15,7283	0,5192	1,3808
	45%	Gompertz	7,5394**	13,0241	15,8916**	0,6313	1,1224
ALT	0%	Gompertz	92,0989**	15,6009**	38,7710**	0,9542	7,0308
	25%	Gompertz	85,3547**	17,7626**	36,6131**	0,9607	5,6586
	45%	Gompertz	84,3221**	13,3650**	35,6687**	0,9528	6,441
IAF	0%	Gaussiano	9,0582**	33,5596**	81,6592**	0,7328	1,7994
	25%	Gaussiano	8,0267**	29,3957**	73,9271**	0,6923	1,6928
	45%	Gaussiano	8,7752**	30,4382**	75,4422**	0,7437	1,649
TCR	0%	Exp Decay	0,1764**	0,0204	-	0,5953	0,0283
	25%	Exp Decay	0,2202	0,0282	-	0,6841	0,0303
	45%	Exp Decay	0,1936**	0,0256**	-	0,713	0,0234

Legenda: 0%, 25% e 45% dos níveis de restrição da radiação fotossinteticamente ativa (RRFA); MPA= massa seca da parte aérea; D= diâmetro do hipocótilo; ALT= altura da planta; IAF= índice de área foliar; TCR= taxa de crescimento relativo.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros dos caracteres de crescimento em plantas de soja da cultivar NS7901 em diferentes níveis de sombreamento.

Caractere	Ambiente (RRFA)	Modelo	Parâmetro			R ² ajustado	Erro padrão da estimativa
			a	b	xo		
MPA	0%	Gaussiano	73,9624**	18,7710**	94,1395**	0,8448	10,9902
	25%	Gaussiano	63,8093	35,9937	121,5925	0,5003	22,5000
	45%	Gaussiano	63,9291	38,3625	127,0294	0,7178	13,6698
D	0%	Gompertz	10,1695**	14,8161	23,8177**	0,7157	1,2501
	25%	Gompertz	9,8178**	21,3385	26,2593	0,5426	1,842
	45%	Gompertz	8,8535**	21,8442	19,5631	0,4541	1,6577
ALT	0%	Gompertz	115,3082**	18,9954**	41,4675**	0,9358	9,3053
	25%	Gompertz	138,6387**	27,9921**	54,5730**	0,9490	9,5521
	45%	Gompertz	135,1801**	24,9477	50,9624**	0,9229	12,0766
IAF	0%	Gaussiano	7,7360**	32,0162**	81,3970**	0,7511	1,4885
	25%	Gaussiano	6,1763**	39,9034	83,7887**	0,4764	1,9117
	45%	Gaussiano	6,0685**	32,5587**	76,9091**	0,7164	1,1879
TCR	0%	Exp Decay	0,1516**	0,0177**	-	0,7068	0,0194
	25%	Exp Decay	0,1460**	0,0177	-	0,6102	0,0231
	45%	Exp Decay	0,1654**	0,0198	-	0,6308	0,0234

Legenda: 0%, 25% e 45% dos níveis de restrição da radiação fotossinteticamente ativa (RRFA); MPA= massa seca da parte aérea; D= diâmetro do hipocótilo; ALT= altura da planta; IAF= índice de área foliar; TCR= taxa de crescimento relativo.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros dos caracteres de crescimento em plantas de soja da cultivar NS7780 em diferentes níveis de sombreamento.

Caractere	Ambiente (RRFA)	Modelo	Parâmetro			R ² ajustado	Erro padrão da estimativa
			a	b	xo		
MPA	0%	Gompertz	54,4358**	16,8361	52,7521**	0,8454	8,8817
	25%	Logistic	61,4082**	-8,0655	65,0741	0,6509	17,7615
	45%	Gompertz	47,6724**	16,8649	53,7522**	0,8456	7,7485
D	0%	Gompertz	10,7057**	12,6046	17,4874**	0,6331	1,7113
	25%	Gompertz	9,6959**	14,7444	16,4693	0,5478	1,7641
	45%	Gompertz	8,7997**	15,0307	15,9923**	0,6938	1,1675
ALT	0%	Gompertz	104,6854**	20,0954**	42,6509**	0,9471	8,4024
	25%	Gompertz	104,4176**	19,8123**	41,8388**	0,9626	6,9622
	45%	Gompertz	104,5767**	17,9598**	38,4968**	0,982	4,8318
IAF	0%	Sigmoid	8,5648**	11,8512	49,5724**	0,8541	1,2541
	25%	Sigmoid	7,0578**	3,5905	35,6356**	0,9334	0,7431
	45%	Sigmoid	7,7997**	3,9004	35,6007**	0,872	1,1659
TCR	0%	Exp.Decay	0,1927**	0,0251**	-	0,8823	0,0145
	25%	Exp.Decay	0,1639**	0,0199	-	0,6082	0,0249
	45%	Exp.Decay	0,1882**	0,0249**	-	0,8111	0,0179

Legenda: 0%, 25% e 45% dos níveis de restrição da radiação fotossinteticamente ativa (RRFA); MPA= massa seca da parte aérea; D= diâmetro do hipocótilo; ALT= altura da planta; IAF= índice de área foliar; TCR= taxa de crescimento relativo.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros dos caracteres de crescimento em plantas de soja da cultivar RK7518 em diferentes níveis de sombreamento.

Caractere	Ambiente (RRFA)	Modelo	Parâmetro			R ² ajustado	Erro padrão da estimativa
			a	b	xo		
MPA	0%	Gompertz	67,3830**	10,3234	65,5740**	0,8638	11,1769
	25%	Gompertz	67,2269	22,3134	67,8636**	0,8099	10,9534
	45%	Gompertz	52,3241**	18,7255	62,7265**	0,7697	10,2735
D	0%	Gompertz	10,5530**	26,1952	26,1735**	0,718	1,358
	25%	Gompertz	9,3807**	22,8923	22,2354	0,6533	1,2902
	45%	Gompertz	8,6490**	17,5559	23,0155**	0,6018	1,3409
ALT	0%	Gompertz	87,5426**	18,4748	43,6627**	0,8794	10,1704
	25%	Gompertz	96,3470**	18,2805**	42,9870**	0,9198	8,9026
	45%	Gompertz	96,2215**	16,0328**	421610**	0,9038	10,0599
IAF	0%	Gaussiano	7,5306**	28,8433**	75,0744**	0,7866	1,2622
	25%	Gaussiano	7,3569**	26,8690**	71,1502**	0,7002	1,5093
	45%	Gaussiano	7,7112**	32,7677**	76,8071**	0,6731	1,6618
TCR	0%	Exp Dacay	0,1701**	0,208**	-	0,8137	0,0174
	25%	Exp Dacay	0,1493	0,0189	-	0,5026	0,0303
	45%	Exp Dacay	0,1757**	0,0229	-	0,6901	0,0247

Legenda: 0%, 25% e 45% dos níveis de restrição da radiação fotossinteticamente ativa (RRFA); MPA= massa seca da parte aérea; D= diâmetro do hipocótilo; ALT= altura da planta; IAF= índice de área foliar; TCR= taxa de crescimento relativo.