

Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar a tolerância de cultivares de soja liberadas comercialmente para cultivo entre 1968 e 2014 à desfolha na fase reprodutiva da cultura. Os resultados obtidos demonstraram que não houve diferenças significativas na sensibilidade à desfolha das cultivares antigas Davis, Paraná, Br 16 e FT Abyara, em relação a cultivar contemporânea Elite.

Orientador: Luis Sangoi

Lages, 2020

ANO
2020

THAÍS LEMOS TUREK | TOLERÂNCIA À DESFOLHA DE CULTIVARES DE SOJA DE
DIFERENTES DÉCADAS DE CULTIVO



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PÓS GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**TOLERÂNCIA À DESFOLHA DE
CULTIVARES DE SOJA DE
DIFERENTES DÉCADAS DE CULTIVO**

THAÍS LEMOS TUREK

LAGES, 2020

THAÍS LEMOS TUREK

**TOLERÂNCIA À DESFOLHA DE CULTIVARES DE SOJA DE DIFERENTES
DÉCADAS DE CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Ph.D. Luis Sangoi

**Lages, SC
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Turek, Thaís Lemos
TOLERÂNCIA À DESFOLHA DE CULTIVARES DE SOJA
DE DIFERENTES DÉCADAS DE CULTIVO / Thaís Lemos
Turek. -- 2020.
61 p.

Orientador: Luis Sangoi
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages,
2020.

1. Glycine max L. Merrill. 2. Fotossíntese. 3. Área foliar. 4.
Rendimento de grãos. I. Sangoi, Luis. II. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção
Vegetal. III. Título.

THAÍS LEMOS TUREK
TOLERÂNCIA À DESFOLHA DE CULTIVARES DE SOJA DE DIFERENTES
DÉCADAS DE CULTIVO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Orientador:

(Professor Ph.D. Luis Sangoi)
UDESC

Membros:

(Professor Dr. Samuel Luiz Fioreze)
UFSC

(Professor Dr. Clóvis Arruda de Souza)
UDESC

Lages, 18 de fevereiro de 2020.

Aos meus pais José Rogério e Lúcia,
pelo apoio, esforço, auxílio e orações
durante todo esse período.

Ofereço e dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas oportunidades da vida e a Nossa Senhora Aparecida, por sempre atender aos meus pedidos e orações. Neste momento só me resta agradecer.

Aos meus pais José Rogério Turek e Lúcia Lemos Turek por toda a ajuda financeira e emocional. Se não fosse por vocês eu não teria realizado este sonho. Obrigada! Amo vocês.

Agradeço ao meu irmão Diêgo Lemos Turek, pelo auxílio nas mudanças, no apoio em casa para nossos pais e por me presentear com um sobrinho maravilhoso.

Ao meu sobrinho Matheus Hiroshi Uekubo Turek, que mesmo sem entender muito o que a tia fazia na escola, me apoiava e sempre queria me ajudar. A tia te ama muito.

Ao meu namorado Luiz Henrique Michelin, por sempre estar ao meu lado, por me fazer ter foco e nunca desistir. Você foi e é essencial em minha vida. Eu te amo!

Não poderia deixar de agradecer ao grupo de pesquisa do laboratório de plantas de lavoura e em especial ao grupo “Zea Mays”, Lucieli, Murilo, Hugo e Myumi, Antônio, Marcos, Vander, Jussara e André. Aos bolsistas Rafael, Youriki e Luiz Gabriel. Muito obrigada por todo o auxílio nas atividades, pelas histórias contadas, pelos almoços no Salto, sem vocês nada seria possível.

Agradeço ao meu orientador, professor Luis Sangoi, por me tratar tão bem, como uma filha. Obrigada por acreditar em mim. Sou muito grata pela oportunidade.

A todos os funcionários do CAV.

A Universidade do Estado de Santa Catarina, pelo ensino gratuito e de qualidade.

Obrigada!!

“A verdadeira felicidade não está em fazer o que se deseja, mas em amar o que se realizou”.

Sir Winston Churchill

RESUMO

Um dos principais fatores responsáveis pela redução da produtividade na soja é a perda de área foliar. Os programas de melhoramento aumentaram a precocidade e a produtividade das cultivares modernas. Estas alterações podem ter alterado a sensibilidade da cultura à desfolha. Este trabalho teve os seguintes objetivos: avaliar a tolerância de cultivares de soja de diferentes décadas de cultivo à desfolha na fase reprodutiva; quantificar o impacto da perda de área foliar sobre o rendimento de grãos; comparar a eficiência fotossintética de cultivares de soja de diferentes décadas e sua relação com a tolerância à desfolha na fase reprodutiva. O experimento foi implantado em casa de vegetação, no município de Lages, durante o ano agrícola de 2018/2019. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial 5x5. O primeiro fator correspondeu as cinco cultivares liberadas comercialmente para cultivo em diferentes décadas: Davis (1968), Paraná (1974), BR-16 (1985), FT Abyara (1991) e Brasmax Elite Ipro (2014). O segundo fator foi composto pelos níveis de desfolha a que cada cultivar foi submetida no estágio R3: 0 % (testemunha), 16,6%, 33,3%, 50,0% e 66,6% da área foliar apresentada pela cultura no momento da remoção das folhas. Os dados do experimento foram submetidos a análise de variância utilizando o teste F. Quando alcançada significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey para o fator qualitativo (cultivar) e análise de regressão para o fator quantitativo (nível de desfolha). Todas as análises foram conduzidas ao nível de significância de 5%. Níveis de desfolha de até 66,6% na fase reprodutiva não afetaram a taxa de assimilação líquida de carbono, a taxa de transpiração, condutância estomática e o rendimento de grãos das cultivares avaliadas. A concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) no estágio R5 e o diâmetro da haste principal decresceram linearmente com o incremento na percentagem de desfolha. A cultivar Elite teve a menor produção de grãos por planta, não apresentando incremento de produtividade em relação às cultivares antigas, independentemente do nível de desfolha. Não há diferenças significativas na eficiência fotossintética e na sensibilidade à desfolha das cultivares antigas Davis, Paraná, BR 16 e FT Abyara, em relação a cultivar moderna Elite.

Palavras-chave: *Glycine max L. Merril*, fotossíntese, área foliar, rendimento de grãos.

ABSTRACT

Leaf area loss is one of the main factors responsible for decreasing soybean grain yield. The breeding programs have increased the earliness and grain yield of soybean modern cultivars. These changes may have altered the crop sensitivity to defoliation. This work had the following objectives: evaluate the tolerance of soybean cultivars from different growing times to defoliation in the reproductive stage; quantify the effect of leaf area loss on grain yield; and compare the photosynthetic efficiency of soybean cultivars from different eras and its relationship with the tolerance to defoliation in the reproductive stage. A greenhouse experiment was carried out in Lages, SC, during the growing season of 2018/2019. A randomized block experimental design was used, with treatments arranged in a 5 x 5 factorial scheme. The first factor corresponded to five cultivars commercially released for crop production in different decades: Davis (1968), Paraná (1974), BR-16 (1985), FT Abyara (1991) and Brasmax Elite Ipro (2014). The second factor corresponded to the defoliation levels imposed in the growth stage of R3: 0% (control), 16.6%, 33.3%, 50.0% and 66.6%. Data were statistically evaluated by the variance analysis using the F test. When statistical significances were detected, averages were compared by the Tukey's test for the qualitative factor (cultivar) and regression analysis for the quantitative factor (defoliation level). Both comparisons were conducted at a significance level of 5%. Defoliation levels up to 66.6% in the reproductive stage did not affect the net carbon assimilation rate, transpiration rate, stomatal conductance and grain yield of all cultivars. The concentration of CO₂ in the intercellular spaces (C_i) at the R5 stage and the main stem diameter decreased linearly with increasing defoliation. The cultivar Brasmax Elite presented the lowest grain production per plant. It did not present productivity gain, in comparison to the old cultivars, regardless of defoliation level. There are no significant differences between photosynthetic efficiency and defoliation sensitivity of the old cultivars Davis, Paraná, BR 16 and FT Abyara, in relation to the modern cultivar Brasmax Elite.

Keywords: *Glycine max L. Merrill*, photosynthesis, leaf area, grain yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação dos níveis de desfolha impostos às plantas de soja.....	31
Figura 2 - Concentração de CO ₂ nos espaços intercelulares (Ci) em R5 de cultivares de soja, em cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.....	43
Figura 3 - Diâmetro médio da haste principal de cultivares de soja, em cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.....	46
Figura 4 - Produção de grãos por planta de cinco cultivares de soja de diferentes décadas em função do incremento da desfolha. Lages, SC, 2018/2019.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais características das cultivares utilizadas no experimento.....	30
Tabela 2 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis Área foliar em R3 (antes da desfolha), Área foliar em R5 (após a desfolha em R3) e Expansão foliar (R3 a R5). Lages, SC, 2018/2019.....	35
Tabela 3 - Área foliar em R3 antes da desfolha, em R5 após a desfolha em R3 e expansão foliar entre R3 e R5 de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.	35
Tabela 4 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis Índice de clorofila Falker em R3 e Índice de clorofila Falker em R5. Lages, SC, 2018/2019.....	37
Tabela 5 - Índice relativo de clorofila (ICF) nos estádios R3 e R5 de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.....	38
Tabela 6 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis taxa de assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO ₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA). Lages, SC, 2018/2019.	39
Tabela 7 - Taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO ₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA) de cultivares de soja no estádio R3. Lages, SC, 2018/2019.....	40
Tabela 8 - Taxa de assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO ₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA) de cultivares de soja no estádio R5, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.....	42
Tabela 9 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis comprimento da haste principal (CHP), número de nós da haste principal (NNHP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV), número de ramos produtivos (NRP) e diâmetro da haste principal (DH P). Lages, SC, 2018/2019.....	44
Tabela 10 - Comprimento da haste principal (CHP), número de nós da haste principal (NNHP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV), número de ramos produtivos (NRP) e diâmetro da haste principal (DHP) de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.....	45
Tabela 11 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de 1.000 grãos (M1000), rendimento de grãos por planta (RGP) e índice de colheita (IC). Lages, SC, 2018/2019.....	47
Tabela 12 - Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de 1.000 grãos, rendimento e índice de colheita (IC) de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 A CULTURA DA SOJA.....	25
2.2 EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE NO CULTIVO DA SOJA	26
2.3 MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP) NA CULTURA DA SOJA.....	27
2.4 ÁREA FOLIAR.....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 ASPECTOS GERAIS	30
3.2 VARIÁVEIS ANALISADAS	32
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 ÁREA FOLIAR E EXPANSÃO FOLIAR	35
4.2 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA.....	36
4.3 TROCAS GASOSAS	38
4.4 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	43
4.5 RENDIMENTO DE GRÃOS E COMPONENTES	46
5 CONCLUSÕES	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O surgimento da primeira cultivar de soja no Brasil ocorreu através de pesquisas utilizando germoplasmas trazidos dos Estados Unidos na década de 20 do século passado (PRIOLLI et al., 2004). As pesquisas com a cultura da soja se intensificaram na década de 60, pois mais instituições demonstraram interesse em estudar a cultura. No entanto, somente a partir da década de 70 ocorreu um maior avanço no melhoramento, impulsionado pela adesão de um maior número de empresas e pela criação do Centro Nacional de Pesquisa da Soja da EMBRAPA (EMBRAPA, 2018). Foi neste período que a iniciativa privada começou a realizar os primeiros trabalhos com o intuito de desenvolver novas cultivares (CALVO; KIIHL, 2006).

A soja possui grande importância econômica no Brasil, sendo a cultura de maior relevância no agronegócio brasileiro. Na safra 2017/2018 foram produzidas 118,88 milhões de toneladas. Na safra 2018/2019 a produção foi de 115 milhões de toneladas. Estima-se que na safra 2019/2020 a produção alcance 121 milhões de toneladas (CONAB, 2018). A área cultivada aumentou de 33 milhões de hectares na safra 2016/2017 para 35 milhões de hectares na safra 2017/2018. Neste mesmo período ocorreu uma redução na produção de soja na região sul, devido às condições climáticas desfavoráveis para a cultura (CONAB, 2018). O Brasil evoluiu de terceiro produtor mundial de soja em 1970 para segundo produtor mundial de grãos em 1975. Na década de 70 a produtividade brasileira de soja era de 1.140 kg ha⁻¹. Já na safra 2017/2018 o rendimento de grãos atingiu 3.333 kg ha⁻¹ (BONATO; BONATO, 1987; EMBRAPA, 2018). Esta evolução se deve às novas cultivares que tiveram um incremento médio de 34 kg/ha/ano e ao aumento de áreas cultivadas neste período, que foi próximo a 1 milhão de ha/ano (BALBINOT JUNIOR et al., 2017).

A soja produzida e consumida mundialmente apresenta elevada importância como principal fonte proteica vegetal. A cultura se destaca pela produção de matéria prima para a produção de ração animal, produtos da culinária no consumo humano e óleo. A cadeia produtiva da soja engloba desde a produção interna para a exportação do produto bruto até a indústria que é responsável pela produção de farelo ou extração do óleo (SILVA et al., 2018).

Ao longo das últimas cinco décadas, o melhoramento vem buscando cultivares que atendam às características agrônômicas desejáveis, capazes de se adaptar às mais diversas condições de campo. O mais ativo dos tecidos fotossintéticos das plantas superiores é o mesófilo foliar (TAIZ; ZAIGER, 2017). Ele é responsável pela interceptação da radiação solar e assimilação do CO₂ da atmosfera, transformando energia luminosa em energia química. Muitos estudos são necessários com o objetivo de encontrar a melhor cultivar para cada região produtora buscando atender a uma série de requisitos, como resistência a desfolha por insetos, arquitetura de planta favorável para absorção de maior luminosidade e resistência/tolerância a patógenos.

A perda de área foliar é um dos principais fatores responsáveis pela redução na produtividade da soja. O rendimento máximo da soja é determinado pela otimização da capacidade da planta na interceptação da radiação solar e acúmulo de massa seca durante os estádios vegetativos e reprodutivos (HEIFFIG et al., 2006). Embora ao longo dos anos o potencial produtivo da soja tenha aumentado, a perda de área foliar ainda é uma das principais problemáticas estudadas por pesquisadores de todo o mundo. Neste sentido, os melhoristas buscam cultivares que melhor se adaptem a essa condição, os entomologistas almejam genótipos capazes de resistir ao ataque de pragas desfolhadoras e os fisiologistas objetivam identificar materiais que sejam cada vez mais eficientes na conversão de energia luminosa em biomassa. O melhoramento genético vegetal é umas das alternativas para se obter cultivares que resultem em maiores rendimentos.

Em cada região produtora de soja, tem-se como objetivo identificar cultivares com maior potencial produtivo e que tragam maior retorno financeiro para o agricultor. Para as cultivares atuais busca-se alta produtividade e estabilidade de produção. Para atingir estas duas características as cultivares precisam apresentar porte e ciclo adequados, resistência ao acamamento, tolerância a doenças, além de uma boa qualidade de sementes, grãos e teores adequados de óleo e proteína. Características mais específicas também são importantes nos genótipos, como a resistência a insetos e pragas (PÍPOLO et al., 2007).

Ganhos genéticos de 1,8% para cultivares do grupo precoce e 1,3% para as do grupo semi-precoce foram reportados na literatura por Toledo et al. (1990)

no estado do Paraná. Alliprandini et al. (1993) observaram ganhos médios anuais de 6,62% no grupo precoce, 4,54% no grupo semi-precoce e 0,89% no grupo de ciclo médio. Entretanto são escassos na literatura experimentos que avaliaram a evolução no rendimento de cultivares de soja oriundas de diferentes décadas levando em consideração as características fisiológicas da planta, como as mesmas contribuíram para o incremento de produtividade e qual a relação entre a eficiência fotossintética, tolerância à desfolha e rendimento de grãos de cultivares antigas e modernas de soja.

A fase reprodutiva é a mais importante durante o ciclo da soja. Os estádios reprodutivos englobam quatro fases do desenvolvimento da planta: florescimento, desenvolvimento da vagem, desenvolvimento do grão e maturação (NEUMAIER et al., 2018). Estresses causados neste período podem acarretar numa perda de produtividade elevada. As pragas devem ser consideradas no contexto de fatores que causam estresse em plantas de soja. Como estratégias de controle devem ser analisados o potencial de danos e os componentes do rendimento afetados. O uso de inseticidas não aumenta a produção da cultura, mas garante a expressão do potencial genético da cultivar (BONATO, 2000).

O ganho genético é uma das formas de se observar a evolução dos programas de melhoramento e o desenvolvimento das cultivares ao longo de décadas. Contudo, além de quantificar os incrementos de produtividade obtidos pelos programas de melhoramento, é importante também identificar as características fisiológicas responsáveis por esta evolução. Dentre estas se destacam a eficiência fotossintética e a tolerância da planta à desfolha.

A compreensão dos fatores que levam a perda de produtividade em períodos críticos, do nível tolerável de desfolha, bem como a importância de manter as folhas inteiras e saudáveis, é essencial para auxiliar o produtor na tomada de decisões referentes ao controle de pragas desfolhadoras. O desenvolvimento de estudos que avaliem a evolução fisiológica das cultivares de soja quanto a eficiência fotossintética e tolerância à desfolha da cultura da soja no Brasil e a sua relação com alterações nas características morfológicas e fisiológicas da planta poderá auxiliar no manejo e controle de pragas desfolhadoras.

Este trabalho foi conduzido com base nas seguintes hipóteses: a cultivar moderna Elite é a mais produtiva do que as antigas devido a sua maior eficiência

fotossintética; a cultivar moderna Elite é mais sensível à desfolha do que as antigas, em função da sua menor área foliar e maior potencial produtivo; o avanço genético propiciado pelo melhoramento de cultivares de soja é maior quando a área foliar da cultura é preservada.

Baseado nestas hipóteses, conduziu-se um experimento que teve como objetivos: avaliar a tolerância de cultivares de soja de diferentes décadas de cultivo à desfolha na fase reprodutiva em condições controladas; quantificar o impacto da perda de área foliar sobre o rendimento de grãos; comparar a eficiência fotossintética de cultivares de soja de diferentes décadas e sua relação com a tolerância à desfolha na fase reprodutiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max L. Merril*) é herbácea, anual e possui caule ereto. A espécie pertence à família *Fabaceae*, apresenta três tipos de folhas, cotiledonares, unifolioladas e trifolioladas. A soja é uma dicotiledônea cujo desenvolvimento é classificado em duas fases: vegetativa e reprodutiva (GARCIA, 1999). Devido às características fisiológicas, classifica-se como uma planta C3 (PERKINS; ZIMERMANN, 1995).

O hábito de crescimento das plantas de soja é definido basicamente pelo crescimento da haste principal e pelo florescimento da planta. Devido a estas características, as cultivares de soja são classificadas como de crescimento determinado, crescimento semideterminado e crescimento indeterminado (BISNETA, 2015). Conforme Borém (2000), as cultivares com hábito de crescimento determinado apresentam caules terminados por racemos florais. Após o início do florescimento, as plantas praticamente cessam o crescimento vegetativo. As cultivares com hábito de crescimento indeterminado não apresentam racemos florais terminais como as de crescimento determinado. Estas cultivares continuam se desenvolvendo e alongando o caule, promovendo a continuidade do crescimento da cultivar até o fim do estágio de florescimento.

O grão de soja apresenta variações de entre cultivares. Entretanto, em média ele possui de 30 a 45% de proteína e de 15 a 25% de óleo. A porcentagem de cada componente poderá variar conforme as propriedades físicas e composição química que dependerão da herança genética do genótipo e das condições climáticas onde ele está inserido (BORDINGON et al., 1994).

A partir da soja é possível se obter uma gama de alimentos, como óleo, leite, margarina, queijo, molhos, proteína texturizada e farinhas. Na extração do óleo bruto se obtém a lecitina. Ela é utilizada como estabilizante, espessante, emulsificador lipofílico em margarina, cosméticos, tintas e coberturas. Além do óleo, também se utiliza o farelo da soja para a alimentação animal (GONDIN, 2019). O grão é também uma alternativa na fabricação de biocombustíveis (CONAB, 2017). O biodiesel possui diversas vantagens em relação ao

combustível derivado do petróleo, pois ele é livre de enxofre e compostos aromáticos. Ele tem um maior ponto de fulgor, não é tóxico e pode ser biodegradável (FERRARI, 2005).

A temperatura e o fotoperíodo são fatores importantes para o desenvolvimento da cultura da soja (RODRIGUES et al., 2001). Em consequência da sua sensibilidade ao fotoperíodo, a eficiência de cada cultivar varia conforme a localização da região em que está inserida, que é influenciada pela latitude. Devido a estas características, cada cultivar terá condições próprias de adaptação, conforme o seu grupo de maturação (EMBRAPA, 2018). Os grupos de maturação para a cultura da soja são identificados por números de 0 (zero) a 10 (dez). As cultivares do grupo de maturação 0 são adaptadas a regiões de altas latitudes, mais próximas dos polos. As cultivares do grupo de maturação 10 são adaptadas a regiões de baixas latitudes, mais próximas ao equador (DECICINO, 2016). Cultivares que apresentam uma maturação mais tardia normalmente são mais sensíveis ao fotoperíodo do que cultivares precoces (MAJOR et al., 1975). Quanto menor o número do grupo de maturação, mais rapidamente a cultivar irá ser induzida a florescer e sua fase reprodutiva se apresentará com uma menor duração (ZANON et al., 2015).

2.2 EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE NO CULTIVO DA SOJA

A soja sofreu grande evolução ao longo dos anos. A produção comercial de soja iniciou em 1914 no estado do Rio Grande do Sul. Contudo, ela ganhou destaque apenas no fim de 1940, quando a produção atingiu patamares internacionais, produzindo em torno de 26 mil toneladas (LEMOS et al., 2017). A partir deste período, a soja avançou de uma produtividade de 1.140 kg ha⁻¹ registrada na década de 70 do século passado, atingindo uma produtividade de 3.333 kg ha⁻¹ na safra 2017/2018 (BONATO; BONATO, 1987; EMBRAPA, 2018). Num primeiro momento, o crescimento na produção foi atribuído exclusivamente ao aumento de áreas para cultivo. Pelos expressivos aumentos da área e da produção da soja nos anos 70, essa década pode ser definida como a da consolidação da oleaginosa como a principal lavoura do Brasil (DALL'AGNOL, 2016).

Concomitantemente ao avanço de áreas houve um crescimento na pesquisa. Como resultado, houve um aumento significativo na produção brasileira entre os anos 70 e 90 (BONATO; BONATO, 1987; EMBRAPA, 2018). Este aumento se deve a soma de trabalhos da academia, do campo e da indústria. Pesquisas de novas variedades geneticamente modificadas e o emprego de agroquímicos mais eficientes e técnicas de manejo do solo foram responsáveis por grande parte no avanço de produção da cultura da soja. A partir destes trabalhos, houve um avanço produtivo em regiões do cerrado, alavancando novas fronteiras agrícolas (RODRIGUES; BARBOSA, 2011).

Duas contribuições da pesquisa foram fundamentais para o aumento da produtividade. A primeira delas foi a identificação de genótipos capazes de se adaptar as baixas latitudes, o que permitiu a expansão da cultura na região de Cerrado. A segunda característica foi a obtenção de cultivares com acentuada resistência às principais doenças da cultura na época, permitindo com isso que o cultivo fosse realizado sem o uso de fungicida até o final da década de 90 (CALVO; KIIHL, 2006).

Durante as safras de 2006 a 2016, o crescimento da produção foi em média de 6,8% ao ano. Já a área cultivada teve um aumento de 5,0% ao ano. É possível notar que o incremento na produtividade teve um impacto expressivo no aumento da produção (CONAB, 2017).

2.3 MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP) NA CULTURA DA SOJA

O manejo integrado de pragas (MIP) prevê a utilização de um agrupamento de técnicas para diminuir a população das pragas e reduzir os danos provocados à cultura. As estratégias utilizadas pelo manejo integrado de pragas são baseadas nos níveis de dano econômico (NDE), que dependem de métodos de amostragem (PEREIRA, 2016).

A soja está exposta ao ataque de pragas desde a germinação até a colheita, com maior ênfase nas fases vegetativa e de floração. Para esta situação, existem controles químicos e biológicos que podem ser utilizados para o controle das pragas e que fazem parte do MIP-SOJA (HOFFMANN-CAMPO et al; 2000). Porém, a utilização dos preceitos do MIP diminuiu com o passar dos

anos, pois as cultivares utilizadas para determinar as práticas eram predominantemente de ciclo tardio e hábito de crescimento determinado.

Com o passar das décadas, as plantas de soja sofreram alterações nas características morfológicas e fisiológicas. Uma das principais mudanças foi a alteração na área foliar da cultura. As cultivares atuais são mais precoces e apresentam menor área foliar do que as cultivares antigas (ZANON et al., 2018). Entretanto, as recomendações para o manejo integrado de pragas desfolhadoras, de se fazer o controle com 30% de nível de dano econômico (NDE) na fase vegetativa e com 15% na fase reprodutiva, são fundamentadas por trabalhos elaborados na década de 70 e 80. Isto leva a questionamentos sobre a adequação da utilização destes níveis para as cultivares contemporâneas (RIBEIRO; CONSTA, 2000; BUENO; BATISTELA; MOSCARDI et al; 2010).

2.4 ÁREA FOLIAR

A produtividade da soja depende diretamente da eficiência fotossintética. Um ataque de insetos desfolhadores ou de doenças causadas por patógenos pode provocar reduções no rendimento por afetar diretamente as folhas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os insetos são agentes bióticos importantes, pois afetam diretamente a área foliar, que irá interferir na diminuição da taxa fotossintética (DIOGO et al; 1997).

A soja possui a capacidade de tolerar determinadas intensidades de desfolha sem afetar significativamente o rendimento. Esta é uma característica importante para os rendimentos da cultura (SILVA, 2015). A capacidade da soja de evitar a queda de rendimento após a desfolha varia conforme a intensidade do desfolhamento, o desenvolvimento fenológico da soja no momento da desfolha, a habilidade da cultivar em tolerar ou compensar o desfolhamento e os fatores ambientais, como radiação, precipitação e fertilidade do solo. Além disto, a cultivar, depende do índice de área foliar, da taxa fotossintética e da distribuição de luz na planta (DIOGO et al; 1997; PARCIANELLO et al; 2004). A baixa disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais interrompem

o crescimento e desenvolvimento das plantas. Toda energia essencial para a execução da fotossíntese é oriunda da radiação solar (TAIZ; ZIEGER, 2008).

Os insetos que podem causar a desfolha na soja incluem a lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*), lagarta falsa medideira (*Chrysodeixis includens*), lagarta das maçãs (*Helicoverpa zea* e *Heliothis virescens*), lagarta militar (*Spodoptera frugiperda*), vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e o cascudinho verde (*Megascelis* spp.). Estes insetos atuam modificando a arquitetura do dossel, reduzindo a área foliar e, conseqüentemente, diminuindo a interceptação de luz e o acúmulo de massa seca. Todos estes efeitos causam perdas de rendimento (DIOGO et al; 1997).

Segundo Glier et al. (2015) para cultivares com crescimento determinado e indeterminado, o estágio R5 foi o mais sensível a desfolha, levando a perdas de 80% no rendimento de grãos para um nível de desfolha de 100%. Monteiro et al. (2017) observaram que as cultivares de hábito de crescimento indeterminado podem apresentar maior plasticidade e compensação do efeito da desfolha e melhor desempenho agrônômico, em relação às cultivares de soja de hábito de crescimento determinado.

A produção vegetal é dependente da fotossíntese. A atividade fotossintética das plantas é resultado da transformação de energia solar em energia química (ARGENTA et al; 2001). Deste modo, a taxa de crescimento leva em consideração um componente morfológico que é a área foliar e um componente fisiológico chamado de taxa de assimilação líquida. A taxa de assimilação correlaciona o incremento de massa seca total em função da área foliar (PINZÓN-TORRES; SCHIAVINATO, 2008).

A determinação do rendimento máximo de plantas de soja é definida pela capacidade de as plantas interceptarem radiação solar através do índice de área foliar (IAF) e converterem esta radiação em massa seca pelo processo fotossintético (ZANON et al; 2015). Pode-se observar que o acúmulo final de massa de uma cultura é dependente da assimilação líquida que é influenciada pela área foliar disponível na planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ASPECTOS GERAIS

O experimento foi implantado em cultivo protegido, no município de Lages, durante o ano agrícola de 2018/2019. As coordenadas geográficas do local são 27°48'58"S de latitude e 50°19'34"W de longitude.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial 5x5. O primeiro fator correspondeu as cinco cultivares liberadas comercialmente para cultivo em diferentes décadas: Davis (1968), Paraná (1974), BR-16 (1985), FT Abyara (1991) e Brasmax Elite Ipro (2014) com tecnologia intacta (Tabela 1). A escolha das cultivares foi feita com base na sua relevância em termos de área cultivada nas diferentes décadas (60,70,80,90 e atual).

Tabela 1 - Principais características das cultivares utilizadas no experimento.

Cultivar	Ano de lançamento	GM	Hábito de Crescimento	Tecnologia
Davis	1968	7.0	Determinado	Convencional
Paraná	1974	6.5	Determinado	Convencional
BR-16	1985	6.5	Determinado	Convencional
FT Abyara	1991	8.0	Determinado	Convencional
Elite	2014	5.5	Indeterminado	Ipro

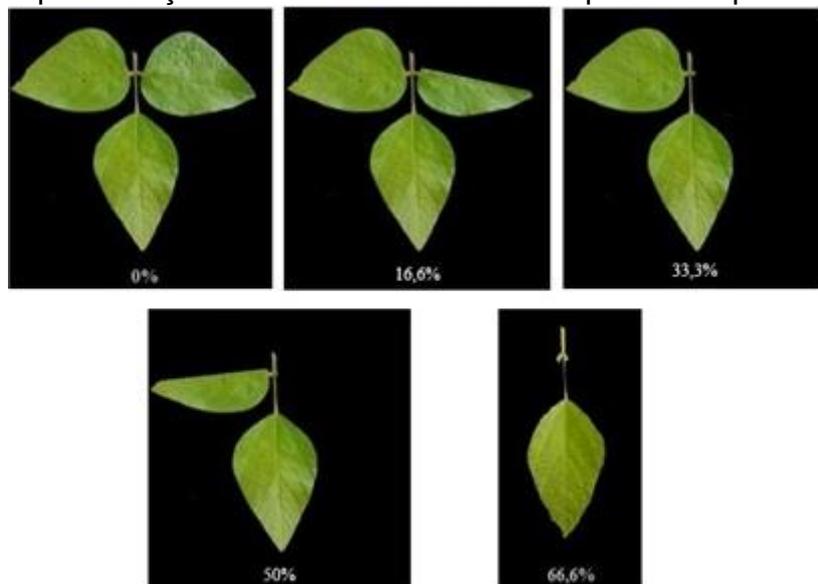
Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O segundo fator foi composto pelos níveis de desfolha a que cada cultivar foi submetida. Os níveis de desfolha foram: 0 % (testemunha), 16,6%, 33,3%, 50,0% e 66,6% da área foliar apresentada pela cultura no momento da remoção das folhas. Os níveis de desfolha de 16,6% e 33,3% estão próximos do nível de dano econômico preconizado para a cultura nas fases reprodutiva (15%) e vegetativa (30%), respectivamente.

Os níveis de desfolha foram impostos no estágio R3 (início da formação das vagens) da escala fenológica proposta por Ritchie et al. (1977). A desfolha foi realizada de forma manual com o auxílio de tesouras. As folhas foram

cortadas longitudinalmente, de acordo com os níveis de desfolha impostos pelo tratamento (Figura 1).

Figura 1 - Representação dos níveis de desfolha impostos às plantas de soja.



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O experimento foi composto por 75 unidades experimentais (5x5x3) formadas por vasos de PVC com capacidade de cinco litros cada. Os vasos foram dispostos em três bancadas com 25 unidades experimentais, num ambiente com temperatura média de 25°C ($\pm 10^\circ\text{C}$) e umidade relativa do ar de aproximadamente 70%.

A semeadura foi realizada no dia 28 de novembro de 2018. Foram dispostas cinco sementes por vaso. As sementes foram tratadas com o fungicida Fludioxonil (Maxim®) e com o inseticida Clorantraniliprole (Dermacor®) e inoculadas com as estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, SEMIA 5079 e *Bradyrhizobium elkanii*, SEMIA 5080 (Simbiose Nod Soja®). Cada vaso foi preenchido com 4 kg de um Nitossolo Vermelho distrófico típico que foi previamente peneirado. Após a emergência, no dia 11 de dezembro, realizou-se o primeiro desbaste das plantas, retirando três plantas de cada vaso. No dia 17 de dezembro realizou-se o segundo e último desbaste, deixando apenas uma planta por vaso. O controle de umidade nos vasos foi realizado efetuando irrigação diariamente.

A adubação do solo nos vasos foi realizada conforme análise de solo e a necessidade da cultura para alcançar tetos produtivos de 6.000 kg ha⁻¹ (CQFS-

RS/SC, 2016). Utilizou-se 3 g de superfosfato triplo e 6 g de cloreto de potássio por vaso. O controle de pragas foi efetuado usando o inseticida chlorfenapyr (Pirate[®]). O controle de doenças foi efetuado com a aplicação dos fungicidas azoxistrobina + benzovindiflupir (Elatus[®]) e trifloxistrobina + tebuconazol (Nativo[®]). As aplicações foram realizadas apenas quando as plantas estavam entre os estádios R3 e R6 (28/02 e 06/03), pois o ataque de pragas e doenças foi muito baixo durante o ciclo.

3.2 VARIÁVEIS ANALISADAS

A área foliar foi determinada nos estádios R3 (início da formação de vagens) e R5 (início do enchimento de grãos) para se obter a expansão foliar. Mediu-se o comprimento e a maior largura do folíolo central de cada trifólio de todas as plantas de cada tratamento. Na sequência aplicou-se a equação de Ritcher et al. (2014) definida pela fórmula: $AF = a \times (C \times L)$, onde: AF é a área da folha (cm²), C é o comprimento da folha (cm), L é a maior largura da folha (cm) e a é o coeficiente angular para a cultura da soja de 2,0185.

O teor relativo de clorofila foi medido nos estádios R3 e R5, concomitantemente com as avaliações de área foliar. Ele foi obtido através do clorofilômetro digital, modelo Clorofilog CFL 1030 da marca FALKER, com leitura em dois pontos do folíolo central da folha completamente expandida no ápice da planta de todos os tratamentos. A partir destas medidas foi possível obter os valores de ICF (índice de clorofila Falker), que são proporcionais à absorbância das clorofilas. O clorofilômetro chamado Clorofilog (Falker Automação Agrícola, Brasil) utiliza fotodiodos emissores em três comprimentos de onda (FALKER, 2008): dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila (=635 e 660nm) e um outro no infravermelho próximo (=880nm).

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas em dois momentos durante o decorrer do experimento. A primeira foi efetivada 48 horas após a imposição da desfolha. A segunda avaliação foi realizada quando cada cultivar atingiu o estágio R5. As medidas de trocas gasosas foram realizadas sempre no folíolo central do trifólio com folhas completamente expandidas no ápice da planta, utilizando um medidor portátil de fotossíntese, com sistema aberto,

modelo IRGA LI-6400XT da LI-COR. As medidas foram realizadas sempre no período entre às 9:00 e 11:00 horas.

A partir das medidas de trocas gasosas determinou-se os valores de taxa de assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA).

A colheita foi realizada manualmente no dia 01 de abril de 2019 com o auxílio de tesouras de poda. Cada unidade experimental foi armazenada em pacotes de papel identificados. As hastes e as vagens foram separadas e na sequência realizou-se as seguintes avaliações morfológicas:

- Estatura de plantas, medindo-se a distância do nó cotiledonar até a extremidade da haste;
- Número de nós na haste principal;
- Número de ramos produtivos, considerando-se produtivo o ramo que apresentava pelo menos uma vagem;
- Altura de inserção da primeira vagem, medindo-se a distância do nó cotiledonar até a inserção do primeiro legume na haste principal;
- Diâmetro da haste principal, através de duas medições na parte média entre o colo da planta e o nó cotiledonar.

As hastes foram acondicionadas em estufas com 60 °C por três dias e as vagens com os grãos foram acondicionados em estufas com 35 °C por quatro dias. Após a secagem do material, realizou-se as seguintes avaliações:

- Número de legumes por planta, por meio de contagem simples;
- Número de grãos por legume, estimado em 10 vagens por planta selecionadas ao acaso,
- Número de grãos por planta, por meio de contagem simples;
- Massa de 1000 grãos, obtido pela contagem e pesagem de uma amostra de 100 grãos de cada unidade experimental que foi padronizada a 13% de umidade.
- O rendimento de grãos foi determinado através da pesagem dos grãos colhidos de cada unidade experimental com umidade corrigida para 13%.

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados do experimento foram submetidos a análise de variância utilizando o teste F. Quando alcançada significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey para o fator qualitativo (cultivar) e análise de regressão para o fator quantitativo (nível de desfolha). Todas as análises foram conduzidas ao nível de significância de 5% com o programa estatístico SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ÁREA FOLIAR E EXPANSÃO FOLIAR

As variáveis área foliar anterior à desfolha, área foliar em R5 (após a desfolha em R3) e expansão foliar entre R3 e R5 foram influenciadas pelo efeito principal do fator cultivar (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis área foliar em R3 (antes da desfolha), área foliar em R5 (após a desfolha em R3) e expansão foliar (R3 a R5). Lages, SC, 2018/2019.

Fonte de Variação	GL	AF em R3	AF em R5	Expansão foliar (R3 a R5)
Bloco	2	2,64ns	2,87ns	0,35ns
Cultivar (C)	4	45,25**	30,36**	27,66**
Nível de desfolha (ND)	4	-	0,29ns	0,86ns
C X ND	16	-	0,48ns	0,78ns
Erro	48			
Total	74			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

ns - não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A área foliar no estágio R3, antes da desfolha, diferiu entre as cultivares avaliadas no experimento (Tabela 3). A cultivar Davis apresentou a maior AF neste estágio fenológico, seguida pelas cultivares FT Abyara e BR-16. As menores áreas foliares no início da formação das vagens foram registradas para as cultivares Paraná e Elite.

Tabela 3 - Área foliar em R3, antes da desfolha, em R5 após a desfolha em R3 e expansão foliar entre R3 e R5 de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.

Cultivar	AF em R3 (m ²)	AF em R5 (m ²)	Expansão foliar entre R3 e R5 (m ²)
Davis	0,88a	0,93a	0,04b
Paraná	0,41c	0,59c	0,18a
BR-16	0,60b	0,66bc	0,06b
FT Abyara	0,71b	0,73b	0,03b
Elite	0,39c	0,45d	0,06b
CV (%)	20,10	18,37	61,05

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A área foliar em R5 (após a desfolha em R3) também apresentou diferenças entre as cultivares. Novamente as cultivares com o maior e o menor valor de área foliar foram a Davis e a Elite, respectivamente. A cultivar Paraná foi a que apresentou maior capacidade de expansão foliar entre R3 e R5, na média dos cinco níveis de desfolha. A cultivar Elite destacou-se por apresentar a menor área foliar antes e depois da desfolha.

A cultivar Elite pertence ao grupo de maturação 5.5 e é de crescimento indeterminado, o mais baixo, comparado com as demais cultivares utilizadas no experimento (Tabela 1). Devido a este fato, no estágio R3 foi a cultivar que apresentou menor área foliar. Quanto menor o grupo de maturação de uma cultivar de soja, mais cedo ela floresce e menor é a área foliar ao final do florescimento (ZANON et al., 2018). Entretanto, por também ser a única cultivar com hábito de crescimento indeterminado, esperava-se que ela tivesse uma maior capacidade em expandir novas folhas no estágio R5, o que não aconteceu. Um fator que pode ter contribuído para este comportamento é que a cultivar Elite apresenta uma elevada precocidade e um ciclo de aproximadamente 125 dias. Este ciclo é bem mais rápido, em comparação com às cultivares antigas.

As cultivares atingiram seus estádios reprodutivos em diferentes momentos. Para o início do florescimento (R1), a cultivar Elite atingiu em 44 DAE (dias após a emergência), a cultivar Paraná atingiu em 49 DAE, a cultivar BR-16 e FT Abyara atingiram em 51 DAE e a cultivar Davis aos 56 DAE. Para o início da formação das vagens (R3), a cultivar Elite, Paraná, BR-16, FT Abyara e Davis atingiram aos 61, 62, 67, 106 e 106 dias após a emergência respectivamente.

4.2 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA

Houve influência significativa do fator cultivar no índice de clorofila Falker em R3 e R5 (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis Índice de clorofila Falker em R3 e Índice de clorofila Falker em R5. Lages, SC, 2018/2019.

Fonte de Variação	GL	ICF R3	ICF R5
Bloco	2	3,9*	0,8ns
Cultivar (C)	4	26,8**	4,6**
Nível de desf. (ND)	4	-	0,8ns
C X ND	16	-	1,6ns
Erro	48		
Total	74		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

ns - não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Para o índice de clorofila Falker (ICF) no estádio R3, as cultivares Davis e FT-Abyara apresentaram os maiores valores, destacando-se a cultivar Davis com a maior média, de 34,8 (Tabela 5). As médias de índice de clorofila Falker no estádio R5 foram semelhantes para as cultivares FT Abyara, BR-16 e Paraná, as quais apresentaram os valores mais elevados. Já a cultivar Elite apresentou o menor valor de média com 30,8. A cultivar Davis foi a única que não alterou o Índice Relativo de Clorofila entre os estádios R3 e R5. Para todas as demais cultivares, o IFC foi maior em R5, após a desfolha, do que em R3, antes da imposição do estresse.

Não houve efeito significativo do nível de desfolha sobre o Índice de Clorofila Falker no estádio R5 (Tabela 4). Souza et al. (2014) também observaram similaridade nos dados quando comparados os níveis de desfolha, onde o tratamento testemunha não diferiu do tratamento com nível máximo de desfolha. Este fato pode ser explicado pela capacidade da folha em se tornar mais eficiente em condições de restrição das demais folhas da planta. Além desta situação do processo fotossintético, a planta também remobiliza reservas o que pode auxiliar esta igualdade nos dados de desfolha.

A cultivar Elite foi a que apresentou o menor IFC em R5, na média dos cinco níveis de desfolha (Tabela 5). Isto pode ser um indicativo de que as cultivares antigas apresentaram-se mais tolerantes a redução de área foliar do que a cultivar moderna, quando observado o índice relativo de clorofila. Presente nos cloroplastos das plantas, as clorofilas a e b são responsáveis pela captação

da radiação solar. Elas são os pigmentos naturais mais abundantes encontrados nas plantas. (ROCHA, 2013; VON ELBE, 2000).

Tabela 5 - Índice relativo de clorofila (ICF) nos estádios R3 e R5 de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.

Cultivar	ICF R3	ICF R5
Davis	34,8a	34,8ab
Paraná	25,2d	35,1a
BR-16	26,3cd	35,2a
FT Abyara	33,1b	37,1a
Elite	28,7c	30,8b
CV (%)	10,6	11,9

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

4.3 TROCAS GASOSAS

As variáveis taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA) no estádio R3 foram influenciadas pelos efeitos principais de cultivar (Tabela 6). Para o estádio R5, as variáveis taxa de assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA) sofreram influência do fator cultivar (Tabela 6). Também pode-se observar que o fator nível de desfolha interferiu sobre a variável concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci).

Tabela 6 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis taxa de assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA). Lages, SC, 2018/2019.

Trocas gasosas em R3						
Fonte de Variação	GL	A	E	gs	Ci	EUA
Bloco	2	1,0ns	6,3**	1,18ns	11,7**	5,7**
Cultivar (C)	4	2,0ns	8,4**	4,01**	18,1**	4,7**
Nível de desf. (ND)	4	0,8ns	0,4ns	0,4ns	2,0ns	0,7ns
C X ND	16	0,4ns	0,4ns	0,6ns	0,2ns	0,9ns
Erro	48					
Total	74					

Trocas gasosas em R5						
Fonte de Variação	GL	A	E	gs	Ci	EUA
Bloco	2	1,4ns	0,7ns	1,36ns	16,8**	1,7ns
Cultivar (C)	4	5,7**	18,2**	3,94**	12,7**	27,9**
Nível de desf. (ND)	4	2,6ns	1,3ns	0,90ns	2,6*	0,3ns
C X ND	16	1,3ns	0,6ns	0,87ns	0,7ns	0,6ns
Erro	48					
Total	74					

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

ns - não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Observando as médias das cultivares no estádio R3 (Tabela 7) para taxa de transpiração (E) é possível constatar que as cultivares Elite e Paraná apresentam os maiores valores, diferindo das cultivares FT Abyara, Davis e BR-16, que apresentaram médias semelhantes e não diferiram entre si. Para a variável condutância estomática (gs), semelhante a taxa de transpiração, a cultivar Elite foi a que apresentou maior valor de média, seguida pela cultivar FT Abyara. Quando se observa concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci), os valores variaram de 256,60 a 374,20, onde a cultivar Paraná obteve maior média e a cultivar Davis obteve a menor. A eficiência do uso da água (EUA) foi obtida através dos valores de taxa de assimilação líquida de carbono (A) e taxa de transpiração (E). Para esta variável houve diferença entre as médias das cultivares, a maior média foi da cultivar FT Abyara.

Tabela 7 - Taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA) de cultivares de soja no estádio R3. Lages, SC, 2018/2019.

Cultivar	<i>E</i> (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	<i>gs</i> (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	<i>Ci</i> (μmol CO ₂ mol ar ⁻¹)	EUA (μmol CO ₂ mmol H ₂ O ⁻¹)
Davis	7,2b	0,28b	256,6c	2,9ab
Paraná	9,6a	0,36ab	374,2a	2,1b
BR-16	6,8b	0,30ab	325,9b	2,3b
FT Abyara	7,3b	0,37ab	342,2ab	3,2a
Elite	10,4a	0,38a	320,1b	2,4ab
CV (%)	25,4	25,8	12,0	30,1

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Na Tabela 8 é possível observar os valores das médias das cultivares para as variáveis taxa de assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA) no estádio R5. Para taxa de assimilação líquida de carbono (A) apenas a cultivar Davis diferiu das demais, com a menor média. Observando as médias para taxa de transpiração as cultivares Paraná e Elite obtiveram os maiores valores, não diferindo entre si. As demais cultivares com menores valores também não diferindo entre si. A cultivar Elite foi a que apresentou maior média na condutância estomática (gs). Na eficiência do uso da água (EUA) pode-se observar que as cultivares BR-16 e FT Abyara possuem as maiores médias, com valores de 3,7 e 3,3, respectivamente, e não diferem entre si. As demais cultivares também não diferiram entre si, apresentando valores entre 2,2 a 2,5.

Uma das hipóteses elaboradas no trabalho é que a cultivar moderna Elite é mais produtiva do que as antigas devido a sua maior eficiência fotossintética. Quando se analisa os dados das Tabelas 7 e 8 é possível notar que a Elite teve maiores taxas transpiratórias e de condutância estomática. Estes são dois parâmetros fisiológicos que se correlacionam com a atividade fotossintética, pois indicam maior abertura estomática, o que favorece o fluxo de CO₂ da atmosfera para os cloroplastos. Contudo, isto não se refletiu em maior taxa de assimilação líquida de carbono da cultivar moderna, em relação as cultivares Davis, Paraná, Br 16 e FT Abyara (Tabela 8).

A desfolha pode reduzir a transpiração e a fotossíntese. Entretanto, se a redução de área foliar não for drástica, a planta de soja conserva-se viável para realizar fotossíntese em níveis satisfatórios para garantir a produção de grãos, sem que ela seja afetada (BUENO; BATISTELA; MOSCARDI et al; 2010). Neste sentido, Barros et al. (2002) relataram em estudo dos efeitos da desfolha na produção da soja em estádios reprodutivos que a planta apresentou alterações significativas apenas quando foram removidas todas as folhas, sendo o menor valor observado no estágio R4. Esta circunstância se deve possivelmente a baixa disponibilidade de assimilados para o dreno em decorrência da queda no potencial fotossintético da planta (SEDIYAMA et al; 1985).

No presente estudo não houve efeito significativo dos níveis de desfolha sobre a taxa de assimilação líquida de carbono e condutância estomática de todas as cultivares (Tabela 6). Isto é um indicativo de que desfolhas de até 66% não comprometeram a atividade fotossintética da planta no início do enchimento de grãos, independentemente da época de cultivo do genótipo.

É importante ressaltar que as trocas gasosas foram obtidas de medidas pontuais. Este método pode não ser representativo da eficiência fotossintética, pois é medido um ponto em toda a planta num curto espaço de tempo. Além disto, a segunda medida de trocas gasosas (R5) foi feita em momentos diferentes para cada cultivar, quando cada uma atingiu R5. Portanto, as condições climáticas de temperatura e luminosidade no momento da medição eram diferentes para cada cultivar.

Tabela 8 - Taxa de assimilação líquida de carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) e eficiência do uso da água (EUA) de cultivares de soja no estágio R5, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.

Cultivar	A ($\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O}$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	gs ($\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Ci ($\mu\text{mol CO}_2$ mol ar^{-1})	EUA ($\mu\text{mol CO}_2$ $\text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$)
Davis	17,7b	6,9b	0,30b	284,7bc	2,5b
Paraná	22,2a	9,7a	0,34ab	273,2c	2,2b
BR-16	22,1a	6,1b	0,31b	310,0ab	3,7a
FT Abyara	24,1a	7,3b	0,35ab	297,2bc	3,3a
Elite	22,5a	8,9a	0,39a	336,4a	2,5b
CV (%)	17,8	17,3	19,41	8,7	15,2

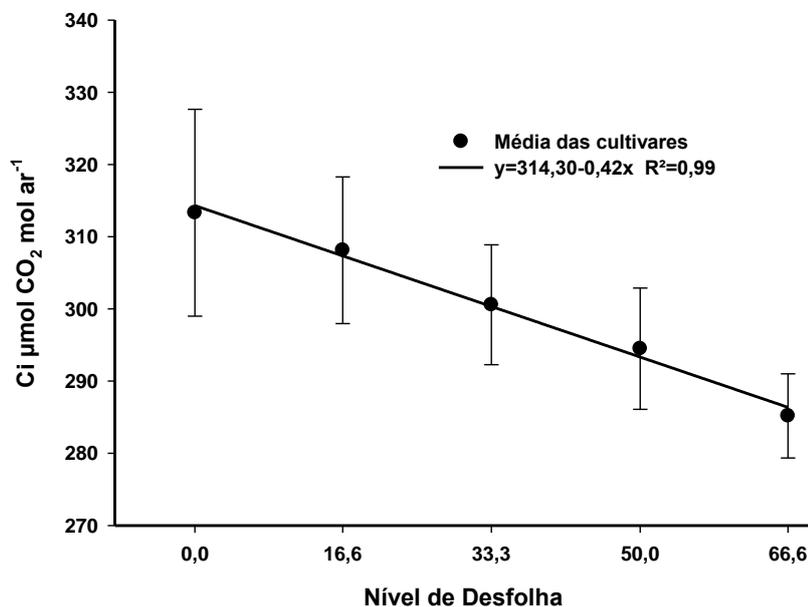
* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A concentração média de CO₂ das cinco cultivares nos espaços intercelulares (Ci) no estágio R5 apresentou decréscimo linear em função do aumento dos níveis de desfolha (Figura 1).

Em concentrações baixas de Ci, a fotossíntese pode ser limitada pela baixa disponibilidade de CO₂ nos cloroplastos. Na ausência de CO₂ atmosférico, as folhas liberam CO₂ devido à respiração mitocondrial (TAIZ; ZAIGER, 2013). No presente trabalho isto não ocorreu, pois, a percentagem de desfolha não interferiu significativamente na taxa de assimilação líquida de carbono no início do enchimento de grãos (Tabela 6).

Figura 2 - Concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) em R5 de cultivares de soja, em cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019. As barras indicam a média do tratamento \pm o erro padrão.



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

4.4 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

A estatura de plantas (EP), número de nós da haste principal (NNHP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV), número de ramos produtivos (NRP) e diâmetro da haste principal (DHP) foram influenciadas pelo efeito principal do fator cultivar (Tabela 9). O nível de desfolha influenciou a característica morfológica diâmetro da haste principal (DHP).

Tabela 9 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis estatura de plantas (EP), número de nós da haste principal (NNHP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV), número de ramos produtivos (NRP) e diâmetro da haste principal (DH P). Lages, SC, 2018/2019.

Fonte de Variação	GL	EP	NNHP	AIPV	NRP	DHP
Bloco	2	9,2**	1,2ns	1,2ns	7,3**	4,1*
Cultivar (C)	4	42,5**	6,1**	30,2**	33,2**	5,4**
Nível de desf. (ND)	4	0,2ns	1,3ns	0,6ns	1,0ns	2,5*
C X ND	16	1,4ns	0,4ns	1,7ns	1,2ns	0,6ns
Erro	48					
Total	74					

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

ns - não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A estatura de plantas (EP) oscilou de 62,0 a 94,6 cm. A cultivar com maior estatura foi a Elite. Teoricamente ela deveria ter menor estatura, em função do seu grupo de maturação mais baixo. Este comportamento discrepante pode ter ocorrido pela limitação de solo nos vasos para as cultivares mais antigas, que são cultivares que crescem mais e necessitam de maior espaço para externar esta característica. Em trabalhos desenvolvidos a campo com as cinco cultivares avaliadas no presente trabalho, observou-se que a cultivar Elite foi a de menor estatura. Outro ponto que pode ter contribuído foi a época de semeadura tardia (28/11), que restringiu mais o crescimento das cultivares antigas do que da moderna. A cultivar com menor comprimento de haste principal foi a FT Abyara. As cultivares Davis, Paraná e BR-16 se comportaram da mesma forma, apresentando valores de médias de estatura de 78,8, 85,4 e 85,1 cm respectivamente.

O número de nós da haste principal destacou-se na cultivar Davis com maior média (18,0), sendo esta cultivar caracterizada por nós numerosos e entrenós curtos, diferindo das demais cultivares que se mostraram semelhantes entre si. Para a variável altura de inserção da primeira vagem (AIPV), a cultivar Paraná apresentou a maior média, atingindo o valor de 9,5 cm. A cultivar Elite denotou a menor altura da inserção da primeira vagem, com 4,7 cm. O número de ramos produtivos, apresentando no mínimo uma vagem, foi maior na cultivar Davis, com uma média de 8,2, seguida pelas cultivares Elite e BR-16 que se comportaram da mesma maneira, apresentando 6,6 e 6,9 ramos, respectivamente. As menores médias foram observadas nas cultivares Paraná

com 5,1 e FT Abyara com 5,7 ramos. O diâmetro da haste principal se destacou na cultivar Paraná com o maior valor. As demais cultivares não diferiram entre si quanto a esta variável.

A estatura de plantas não apresentou diferença em função do nível de desfolha imposto, corroborando com os resultados obtidos por Bahry et al. (2013). Peluzio et al. (2004) conduziram um trabalho para analisar o comportamento de soja quando submetida a diferentes níveis de desfolha (33, 66 e 100%), em 11 estádios fenológicos, incluindo o reprodutivo R2, R4 e R6. Neste trabalho também não foram constatadas variações significativas para a estatura de plantas, exceto na desfolha de 100%, onde ocorreram diminuições significativas na estatura de plantas.

A variável número de ramos produtivos não apresentou diferença em função dos níveis de desfolha, corroborando os dados obtidos no trabalho desenvolvido por Santos et al (2018), onde se avaliou o efeito da desfolha em soja na fase vegetativa.

Para todas as variáveis morfológicas avaliadas é importante considerar a variabilidade genética existente entre os materiais estudados, justificando por muitas vezes algumas das diferenças observadas entre as cultivares.

Tabela 10 – Estatura de plantas (EP), número de nós da haste principal (NNHP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV), número de ramos produtivos (NRP) e diâmetro da haste principal (DHP) de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.

Cultivar	EP (cm)	NNHP (nº)	AIPV (cm)	NRP (nº)	DHP (mm)
Davis	78,8b	18,0a	7,6b	8,2a	8,7b
Paraná	85,4b	16,4b	9,5a	5,0c	9,7a
BR-16	85,1b	16,9b	8,5ab	6,9b	8,7b
FT Abyara	62,0c	16,4b	7,4b	5,6c	8,7b
Elite	94,5a	16,8b	4,7c	6,6b	9,2ab
CV (%)	8,8	5,9	16,7	12,5	8,0

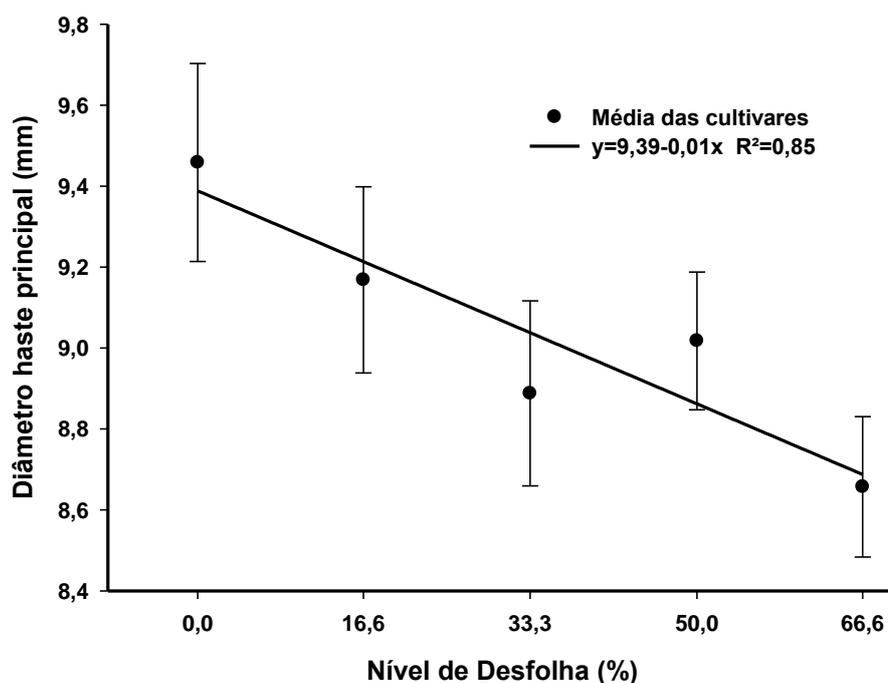
* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O diâmetro médio da haste principal das cinco cultivares apresentou decréscimo linear em função do aumento dos níveis de desfolha (Figura 3). Provavelmente nas parcelas não desfolhadas houve acúmulo de fotoassimilados

na haste principal. Com o aumento da percentagem de desfolha, o acúmulo de carboidratos no caule foi menor. Na Figura 3 pode-se observar que quanto maior o nível de desfolha menor foi o diâmetro da haste principal.

Figura 3 - Diâmetro médio da haste principal de cultivares de soja, em cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019. As barras indicam a média do tratamento \pm o erro padrão.



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

4.5 RENDIMENTO DE GRÃOS E COMPONENTES

O rendimento de grãos por planta, número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de 1.000 grãos e índice de colheita foram influenciados pelo efeito principal de cultivar (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de 1.000 grãos (M1000), rendimento de grãos por planta (RGP) e índice de colheita (IC). Lages, SC, 2018/2019.

Fonte de Variação	GL	NVP	NGV	NGP	M1000	RGP	IC
Bloco	2	0,2ns	3,8*	0,5ns	0,2ns	0,1ns	0,3ns
Cultivar (C)	4	13,5**	4,8**	9,6**	23,3**	4,4**	4,7**
Nível de desf. (ND)	4	0,2ns	0,6ns	0,5ns	0,6ns	1,6ns	1,6ns
C X ND	16	0,6ns	1,1ns	0,5ns	0,2ns	0,6ns	0,6ns
Erro	48						
Total	74						

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

ns - não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A cultivar FT Abyara apresentou o maior número de vagens por planta (118,5) e a cultivar Elite apresentou a menor média (79,0). Além de apresentar maior média de número de vagens por planta, a cultivar FT Abyara também expressou o valor para número de grãos por vagem, juntamente com a cultivar Paraná (Tabela 12). Estas duas variáveis contribuíram para que a cultivar FT Abyara apresentasse o maior número de grãos por planta. A variação no número de grãos por vagem foi pequena (2,0 a 2,3). Segundo Mundstock; Thomas (2005), o número de grãos por vagem é o componente que apresenta menos variação entre diferentes situações de cultivo. Isto demonstra a uniformidade do melhoramento genético que padroniza a produção de aproximadamente dois grãos por vagem. Em alguns casos existe a variabilidade entre as cultivares, oscilando entre um, dois ou três grãos por vagem.

Tabela 12 - Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de 1.000 grãos (M1000), rendimento de grãos por planta (RGP) e índice de colheita (IC) de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2018/2019.

Cultivar	NVP	NGV	NGP	M1000 (g)	RGP (g)	IC
Davis	96,1b	2,0b	183,6bc	183,7a	33,2 ^a	49,0a
Paraná	85,9bc	2,3a	179,0bc	180,7a	32,1ab	46,5ab
BR-16	102,4ab	2,2ab	207,6ab	166,0ab	34,1 ^a	49,7a
FT Abyara	118,5a	2,3a	237,6a	128,7c	30,6ab	46,3ab
Elite	79,0c	2,2ab	164,6c	162,0b	26,6b	39,4b
CV (%)	16,7	8,9	18,3	10,6	17,2	15,7

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Não houve efeito significativo do nível de desfolha sobre o número de vagens por planta (Tabela 11). Este é, segundo Zanon et al. (2018) o componente do rendimento que mais impacta a produtividade da soja. Segundo Souza et al. (2014) os níveis de desfolhamento não influenciam o número de legumes totais e não prejudicam o rendimento de grãos da cultura da soja quando as desfolhas artificiais são realizadas nos estádios vegetativos. Peluzio et al. (2004) concluíram que as plantas apresentaram menor número de vagens apenas com a remoção total das folhas nos estádios de formação e enchimento das vagens.

A massa de 1.000 grãos da cultivar FT Abyara foi a menor, quando comparada com as demais, demonstrando a compensação que normalmente ocorre entre os componentes do rendimento reportada por Mundstock; Thomas (2005) e Zanon et al. (2018). As cultivares com a mais elevada massa de 1.000 grãos foram Davis e Paraná, com 183,8 g e 180,8 g, respectivamente.

As maiores médias para rendimento de grãos e índice de colheita (IC) foram das cultivares BR-16 e Davis (Figura 3). A cultivar Elite foi a que expressou os menores valores para estas duas variáveis, na média dos cinco níveis de desfolha, não havendo aumento de produtividade desta cultivar, em relação as cultivares mais antigas. A ausência de incremento de produtividade significativo da cultivar Elite contrasta com os resultados reportados por Todeschini (2018) que avaliou 29 cultivares de soja disponibilizadas para cultivo entre os anos de 1965 e 2011. Neste trabalho, as cultivares modernas apresentaram maior rendimento, índice de colheita e número de vagens por planta. O comportamento

observado no presente experimento divergiu da hipótese do trabalho de que o avanço genético propiciado pelo melhoramento de cultivares de soja é maior quando a área foliar da cultura é preservada.

Um fator que pode ter interferido para que a cultivar Elite não expressasse o seu potencial produtivo é a sua maior exigência nutricional. A produção contemporânea de soja caracteriza-se pelo de elevado nível tecnológico. Devido a este fato, o produtor procura todos os recursos para suprir a exigência nutricional das cultivares modernas para obter maiores margens de lucro pelo incremento em produtividade (ARAÚJO et al; 2012). Todas as cultivares utilizadas no experimento receberam a mesma adubação e a quantidade de fertilizantes utilizada pode não ter sido a ideal para atender a demanda da cultivar Elite.

Outro fator importante é que o trabalho foi conduzido em casa de vegetação e que cada unidade experimental tinha apenas uma planta. Esta situação pode não refletir o que ocorre nas lavouras. Trabalhos conduzidos a campo por Barros et al. (2002) apresentaram resultados contrastantes, onde níveis de desfolha de 33%, 66% e 100%, nos estádios reprodutivos R4, R5 e R6, decresceram a produção de grãos conforme o incremento da desfolha.

A redução de área foliar não afetou significativamente o rendimento e seus componentes para nenhuma das cultivares utilizadas no trabalho. Possivelmente este comportamento se deve ao estágio fenológico em que o estresse foi imposto (R3). A redução de área foliar no início da formação das vagens não comprometeu parâmetros fisiológicos importantes, como a taxa de assimilação líquida de carbono, a taxa de transpiração e a condutância estomática após a imposição do estresse (Tabela 6). Isto possibilitou que as plantas se recuperassem e não sofressem decréscimos significativos na produtividade.

Segundo Parciannelo et al. (2004), o estágio mais crítico para as perdas de área fotossintética é o R5 (enchimento de grãos), onde a perda do rendimento acontece conforme se tem o aumento da intensidade de desfolhamento. Gazzoni; Moscardi (1998) estudaram quatro níveis de desfolhamento (0, 33, 67 e 100%), em quatro estádios de desenvolvimento (V3, V8, R2 e R6), na cultivar Paraná. Neste trabalho, apenas desfolhamentos entre 67% e 100% afetaram a produção de grãos no estágio R6, enquanto as principais características

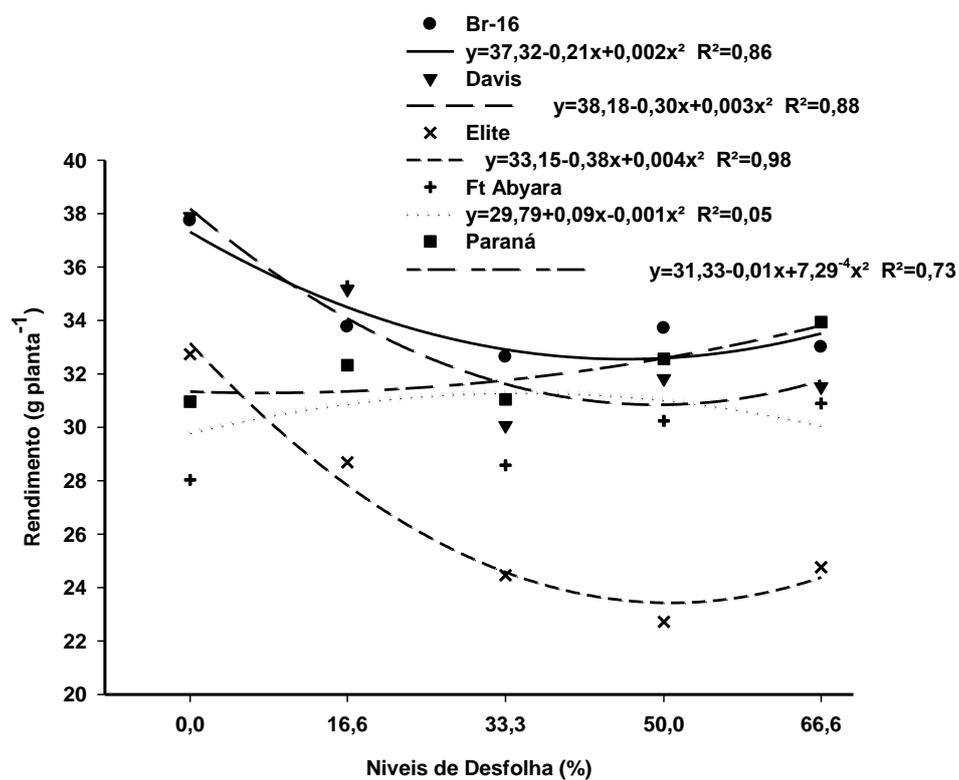
agronômicas, como data de maturação para colheita, acamamento, e altura de plantas, não foram afetadas pelos tratamentos.

Ribeiro; Costa (2000) relataram que para a cultivar BR 16, submetida a desfolhamento em diferentes níveis (0, 17, 33, 50, 67 e 100%) e estádios de desenvolvimento (V9, R3, R5 e R6), o rendimento diminuiu apenas com desfolhas maiores que 67%. Desta forma, os resultados dos trabalhos conduzidos por Gazzoni; Moscardi (1998) e Ribeiro; Costa (2000) com duas das cinco cultivares utilizadas no presente trabalho corroboram os dados reportados nesta dissertação.

Outro aspecto a ser considerado para explicar por que o incremento na percentagem de desfolha não reduziu significativamente a produção de grãos por planta foi o ambiente em que o ensaio foi conduzido (casa de vegetação), com cada unidade experimental sendo representado por uma planta. Nesta condição, com plantas isoladas, a luminosidade recebida pelas folhas do terço inferior da planta é maior do que numa situação de campo, onde as densidades variam de 200.000 a 400.00 pl ha⁻¹. A campo as folhas do baixeiro podem se comportar como drenos de fotoassimilados por estarem sombreadas. Já na casa de vegetação elas podem atuar como fontes, em função da maior quantidade de radiação solar que recebem. Esta alteração na relação fonte/dreno pode ter mitigado os efeitos negativos da desfolha sobre a produção de grãos das cultivares avaliadas no trabalho.

A Figura 4 apresenta uma análise de regressão para a produção de grãos das cinco cultivares em função do nível de desfolha. Pela análise de variância, o valor de F não foi significativo para esta interação (Tabela 11). No entanto, pela análise de regressão das médias dos tratamentos percebe-se que o aumento na percentagem de desfolha decresceu mais o rendimento da cultivar Elite do que das cultivares mais antigas. Esta resposta vai ao encontro de uma das hipóteses do trabalho de que as cultivares atuais são mais sensíveis à desfolha em função de sua maior precocidade e menor área foliar.

Figura 4 – Produção de grãos por planta de cinco cultivares de soja de diferentes décadas em função do incremento da desfolha. Lages, SC, 2018/2019.



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

5 CONCLUSÕES

A taxa de assimilação líquida de carbono, taxa de transpiração, condutância estomática e eficiência do uso da água não são afetados por desfolhas de até 66,6% no estágio R3 em ambiente protegido com medições pontuais.

A cultivar moderna Brasmax Elite não apresenta maior taxa de assimilação líquida de carbono em R5 quando comparada com as cultivares antigas, independentemente do nível de desfolha, em avaliações de medidas pontuais de fotossíntese.

Níveis de desfolha de até 66,6% em R3 não afetam o rendimento de grãos e seus componentes das cultivares avaliadas em ambiente protegido.

O incremento na porcentagem de desfolha reduz a concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci) no estágio R5 e o diâmetro da haste principal da soja na colheita.

A cultivar Elite não apresenta incremento de produtividade significativo em relação às cultivares antigas, independentemente do nível de desfolha, em ambiente protegido.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi conduzido baseado em três hipóteses. A primeira era de que a cultivar moderna Elite é mais produtiva do que as antigas devido a sua maior eficiência fotossintética. Esta hipótese não foi confirmada, pois não houve diferenças significativas na taxa de assimilação líquida de carbono da cultivar moderna para a maioria das cultivares antigas em R5 (Tabela 8). Isto indica que a eficiência fotossintética das cultivares antigas foi similar à da cultivar moderna. Além disto, a cultivar Brasmax Elite foi a que apresentou menor produção de grãos por planta, na média dos níveis de desfolha (Tabela 12).

A segunda hipótese foi a de que as cultivares modernas são mais sensíveis a desfolha do que as antigas, devido a sua menor área foliar e maior potencial produtivo. Esta hipótese precisa ser melhor avaliada em experimentos futuros. A cultivar moderna apresentou menor área foliar do que as cultivares antigas, tanto antes quanto após a imposição da desfolha (Tabela 3). Contudo, pela análise de variância não houve efeito significativo do fator desfolha e de sua interação com o fator cultivar sobre o rendimento de grãos e componentes (Tabela 11). O resultado da Anova conduz à não confirmação da hipótese, indicando não haver diferenças entre as cultivares na tolerância à desfolha. Por outro lado, os resultados da análise de regressão reportados na Figura 4 indicam uma tendência de maior decréscimo no rendimento de grãos da cultivar Brasmax Elite com o incremento na percentagem de desfolha. Este comportamento vai ao encontro da hipótese do trabalho.

A terceira hipótese era de que o avanço genético propiciado pelo melhoramento das cultivares de soja é maior quando a área foliar da cultura é preservada. Esta hipótese também não foi confirmada, pois a produção de grãos da cultivar Brasmax Elite foi similar ou inferior ao rendimento das cultivares antigas, independentemente do nível de desfolha (Tabela 12, Figura 4). Isto indica que, nas condições em que o trabalho foi conduzido, não houve incremento de produção, tanto nas parcelas em que a área foliar foi preservada quanto nas desfolhadas.

Em síntese, a maior parte das hipóteses do trabalho não foi confirmada. Contudo, para melhor avaliar os efeitos da desfolha sobre o desempenho agrônomico e fisiológico de cultivares de soja provenientes de diferentes épocas

de cultivo é importante conduzir outros experimentos com níveis de desfolha mais elevados, impostos em diferentes estádios fenológicos. Além disto, deve-se incluir nestes ensaios outras cultivares contemporâneas com maior potencial produtivo que a cultivar Brasmax Elite. Por fim, é importante conduzir ensaios a campo, com um maior número de plantas na área útil de cada unidade experimental, com desfolhas em diferentes extratos da planta e estádios fenológicos.

REFERÊNCIAS

ALLIPRANDINI, L. F.; TOLEDO, J. F. F. de.; FONSECA JUNIOR, N. S.; KIHIL, R. A. de S.; ALMEIDA, L. A. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento, no período de 1985/86 a 1989/90. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 28, n. 4, p. 489–497, 1993.

ARAÚJO, B.H.; RESENDE, A.V.; CONCEIÇÃO, O.P.; NETO, A.E.F.; CARDINALI, A.F.; MOREIRA, S.G. Produtividade da Soja Decorrente de Práticas de Complementação Nutricional e Hormonal em Ambiente de Alto Potencial Produtivo. **FERTBIO**. Maceió (AL), 2012.

ARGENTA, G.; DA SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.

BAHRY, C. A.; DANTAS, E. L.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Efeito da desfolha na fase vegetativa em alguns caracteres agronômicos da cultivar de soja BMX Potência RR. **Revista de Agricultura**, v.88, n.3, p.179-184, 2013.

BALINOT JUNIOR, A.A.; HIRAKURI, M. H.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; RIBEIRO, R.H. **Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016)**. Londrina: Embrapa Soja, 2017, 21p.

BARROS, H.B.; SANTOS, MM.; PELUZIO, J.P.; ROCHA, R.N.C.; SILVA, R.R.; VENDRUSCULO, J.B. Desfolha na produção de soja (*Glycine max* 'M-SOY 109'), cultivada no cerrado, em Gurupi – TO, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 2, p. 5-10, 2002.

BISNETA, M. V. **Influência do tipo de crescimento, época e densidade de semeadura em caracteres morfoagronômicos de cultivares de soja**. 2015. Dissertação - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

BONATO, E.R. **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000, p. 254.

BONATO, E.R., BONATO, A.L.V. **A SOJA NO BRASIL: História e Estatística**. Londrina: Embrapa soja, 1987, p. 61.

BORDINGNON, J.R.; MANDARINO, J.M.G. **Soja: composição química, valor nutricional e sabor**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo (Documentos, 70), 1994, 32p.

BOREM, A. Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 10, p. 101-107, 2000.

BUENO, A. F.; BATISTELA, M.J.; MOSCARDI, F; **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade**. Londrina: Embrapa soja (Circular técnica 79), 2010.

CALVO, E. S.; KIIHL, R. A. S. Melhoramento genético: de onde partimos e para onde vamos. **Visão Agrícola**, n.5, 2006.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.1, n.1 2018. Brasília, 2018.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira grãos. v.4 safra 2016/2017 – Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 140, 2017.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11 ed. Frederico Westphalen: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 2016.

DALL´AGNOL, A. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Embrapa. Brasília, 2016.

DECICINO, T. A importância do posicionamento de cultivares de soja para o sucesso da cultura. 12 p., 2016. Disponível em: <http://www.monsoy.com.br/site/wp-content/uploads/2016/08/job_02_97_informativos_tecnicos4_ano4_n9_ok_atualizado_ok.pdf>. Acesso em 28 ago. 2019.

DIOGO, A.M.; SEDIYAMA, T.; ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, C.S. Influência da remoção de folha, em vários estádios de desenvolvimento, na produção de grãos e em outras características agrônômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merril). **Ceres**, p. 272-285, 1997.

EMBRAPA, Dados econômicos/soja em números (safra 2017/2018). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 09 jun. 2018.

EMBRAPA. História, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/historia>. Acesso em 11 jun. 2018.

FALKER, Automação agrícola. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030). Porto Alegre, 2008. 33p. Disponível em: http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=4. Acesso em: 28 ago. 2019.

FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja — Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v.28, n.1 São Paulo, 2005.

FERREIRA, D, F. SISVAR 4. 3 Sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 2003.

GARCIA, A. G. **Cultivos herbáceos extensivos**. 6. ed. Madri: Mundi-prensa, 1999.

GAZZONI, D.L.; MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 411- 424, 1998.

GLIER, C. A. da S.; DUARTE JUNIOR, J.B., FACHIN, G.M., DA COSTA, A.C.T.; GUIMARÃES, V.F.; MROZINSKI, C.R. Defoliation percentage in two soybean cultivars at different growth stages. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 19, n. 6, p. 567-573, 2015.

GONDIN, P.H.R. **Industrialização da soja no brasil**. 2019. Monografia - Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES. L.A., PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; OLIVEIRA, L.J.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; PANIZZI, A.R. CORSO, I.C.; GAZZONI, D.L.; DE OLIVIRA, E.B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja (Circular técnica 30), 2000.

LEMOS, M.L.F.; GUIMARÃES, D.D.; MAIA, G.B.S.; AMARAL, G.F. **Agregação de valor na cadeia da soja**. Agroindústria-BNDES Setorial, n. 46, p. 167-217, 2017.

MAJOR, D.R.; JOHNSON, D.R.; TANNER, J.W.; ANDERSON, I.C. **Effects of Daylength and Temperature on Soybean Development**. v. 15, n. 2, p. 174-179, 1975.

MONTEIRO, M. A.; KOCH, F.; NOBRE, F. L.; ZULLI, F. S.; ARAÚJO, B. O. N.; BORGES, E. G.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; SANTOS, E. L. Intensidade de desfolha e desempenho de plantas de soja com diferentes hábitos de crescimento. **Scientia Agrária Paranaensis**, v. 16, n. 2, p. 265-269, 2017.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre, 2005. 31 p.

NEUMAIER, N., NEPOMUCENO, A.L., FARIAS, J.R.B., OYA, T. **Estádios de desenvolvimento da cultura de soja**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/estudios.neumaier_000g4yai9ub02wx5ok0dkla0sd076il2.pdf. Acesso em: 05 junho 2018.

PARCIANELLO, G., COSTA, J.A., PIRES, J.L.F., RAMBO, L., SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 357-364, 2004.

PELUZIO, J.M.; BARROS, H.B.; BRITO, E.L.; SANTOS, M.M.; SILVA, R.R. Efeitos sobre a soja do desfolhamento em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ceres**, v. 51, n. 297, p. 575-585, 2004.

PERKINS, D.D.; ZIMMERMAN, M.A. **Empowerment theory, research, and application**. **American Journal of Community Psychology**, v. 23, n. 5, 1995.

PEREIRA, P.S. Níveis de dano econômico e planos de amostragem sequencial para *Frankliniella schultzei* em cultivos de melancia. 50 p. Dissertação. Universidade Federal do Tocantins., 2016.

PINZÓN-TORRES, J.A., SCHIAVINATO, M.A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **Hoehnea**. p. 395-404, 2008.

PÍPOLO, A.E., ARIAS, C.A.A., CARNEIRO, G.E.de S., DE TOLEDO, J.F.F., DE OLIVEIRA, M.F., PANIZZI, M.C.C., KASTER, M., ANDELNOOR, R.V., MOREIRA, J.U.V. **Desenvolvimento de germoplasma e cultivares de soja**. Londrina: Embrapa Soja (Circular técnica 52), 2007.

PRIOLLI, R. H. G.; MENDES JUNIOR, C. T.; SOUSA, S. M. B.; SOUSA, N. E. A.; CONTEL, E. P. B. Diversidade genética da soja entre períodos e entre programas de melhoramento no Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n.10, Brasília, 2004.

RIBEIRO, A. L.P., COSTA, E.C. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, Cultivar BR 16, no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, p. 767-771, 2000.

RICHTER, G. L.; ZANON, A. J.; STRECK, N.A.; GUEDES, J. V. C.; KRAULICH, B.; ROCHA, T. S. M.; WINCK, J. E. M.; CERA, J. C. Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 416-425, 2014.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 20 p. 1977.

ROCHA, D. M. **Índice de clorofila no desenvolvimento de soja e milho e sua correlação com atributos químicos e físicos do solo e produtividade**. 92 p. Dissertação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2013.

RODRIGUES, O., DIDONET, A.D., LHAMBY, J.C.B., BERTAGNOLLI, P.F., DA LUZ, J.S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.

RODRIGUES, W., BARBOSA, G.F. Custos ambientais da produção da soja em áreas de expansão recente nos cerrados brasileiros: o caso de Pedro Afonso – TO. **Custos e agronegócio**, v. 7, n. 3, 2011.

SANTOS, M. A.; TROGELLO, E.; VIEIRA, D.; RODRIGUES, R. E.; RIBEIRO, A. C. L.; MODOLO, A. J.; BAESSO, M. M. Simulação de desfolhas em diferentes estádios vegetativos na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 2, p. 191-197, 2018.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S., GOMES, J. L. L. **Cultura da Soja – 1ª parte**. Viçosa, MG. Boletim 211, 1985, p. 1-96

SILVA, A. F. **Simulação de desfolha por estresses bióticos, diversidade fenotípica e molecular e seleção em genótipos de soja**. 2015. Tese - Universidade Federal de Viçosa, 2015.

SILVA, A.C.; LIMA, E.P.C.; BATISTA H.R. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação**. Disponível em:
http://www.apec.unesc.net/V_EEC/sessoes_tematicas/Economia%20rural%20e%20agricultura%20familiar/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20SOJA%20PARA%20O%20AGRONEG%C3%93CIO%20BRASILEIRO.pdf. Acesso em: 05 junho 2018.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TODESCHINI, M. H. **Progresso genético da soja no Brasil quanto à caracteres fisiológicos e agrônômicos**. 2018. Dissertação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

TOLEDO, J. F. F.; DE ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; MENOSSO, O.G. Ganho genético em soja no estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 89–94, 1990.

VON ELBE, J. H. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 2000.

ZANON, A. J.; STRECK, N., A; RICHTER, G., L; BECKER, C. C.; ROCHA, T. S. M. D.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, A. P.; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER P. S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 1-13, 2015.

ZANON, A.J.; SILVA, M. R.; TAGLIAPIETRA, E. L.; CERA, J.; BEXAIRA, K. P.; RICHTER, G. L.; DUARTE, A. J. J.; ROCHA, T. S. M.; WEBBER, P. S.; STRECK, N. A. **Ecofisiologia da soja visando altas produtividades**. 1. ed. Santa Maria, 2018.