
Produtividade da soja com desfolha artificial em diferentes estádios fenológicos

Soybean productivity with artificial defoliation at different phenological stages

Klinsmann Lima Lacerda

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7934-0413>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena, Brasil

E-mail: klinsmannlima01@gmail.com

Glauco Vieira Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8283-8736>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena, Brasil

E-mail: glaucovmiranda@utfpr.edu.br

João Pedro Manzano Hubner

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3085-8283>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena, Brasil

E-mail: jhubner.2018@alunos.utfpr.edu.br

Erisson Mateus Weber Braun

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4741-9220>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena, Brasil

E-mail: erisson14mateus@gmail.com

RESUMO

A área foliar da soja está relacionada com a produtividade de grãos e é dependente das características das cultivares, como o ciclo e sua fisiologia e das condições climáticas para desenvolvimento da planta. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar os efeitos da desfolha em diferentes estádios fenológicos na produtividade de duas cultivares de soja. Para isto, foram instalados experimentos com as cultivares de soja M5947 IPRO e M6410 IPRO. Os tratamentos foram a combinação de desfolhas artificiais com redução de 33% e 66% da área foliar com os estádios fenológicos de V5, R1, R3 e R5. Cada experimento foi conduzido em blocos casualizados com três repetições. Houve interação significativa entre desfolhas e estádios fenológicos para cada cultivar. Para a M5947 IPRO, de ciclo mais precoce, somente a desfolha de 66% afetou a produtividade nos estádios reprodutivos, reduzindo em 25% a produtividade. Para M6410 IPRO, de ciclo mais tardio, a desfolha de 33% afetou a produtividade no estágio V5 e a desfolha de 66% no estágio R5. Conclui-se que a produtividade da soja reduz com a desfolha dependendo do estágio fenológico que incide e também é dependente do grau de maturidade da cultivar.

Palavras-chave: Área Foliar; Desfolha; Produtividade; Cultivar;

ABSTRACT

Soybean leaf area is related to grain productivity and is dependent on the characteristics of the cultivars, such as the cycle and its physiology and the climatic conditions for plant development. Thus, the objective of this work was to determine the effects of defoliation at different phenological stages on the productivity of two soybean cultivars. For this, experiments were carried out with soybean cultivars M5947 IPRO and M6410 IPRO. The treatments were a combination of artificial defoliation with a reduction of 33% and 66% of leaf area with the phenological stages of V5, R1, R3 and R5. Each experiment was conducted in a randomized block design with three replications. There was a significant interaction between defoliation and phenological stages for each cultivar. For M5947 IPRO, with an earlier cycle, only 66% defoliation affected productivity in the reproductive stages, reducing productivity by 25%. For M6410 IPRO, from a later cycle, 33% defoliation affected productivity at the V5 stage and 66% defoliation at the R5 stage. It is concluded that soybean productivity reduces with defoliation depending on the phenological stage that occurs and is also dependent on the degree of maturity of the cultivar.

Keywords: Leaf Area; Defoliate; Productivity; Cultivar; Row crop;

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) faz parte do grupo de commodities agrícolas com maior relevância no cenário mundial tal importância se justifica pelo uso dos grãos para alimentação humana e animal, óleo e biodiesel (CARVALHO et al., 2015).

Para as lavouras brasileiras de soja possuem a maior produtividade média global é devido às cultivares e o manejo cultural como também pela restrição da incidência dos estresses abióticos e bióticos que podem ocorrer como as plantas daninhas, insetos e pragas (MELO et al., 2001; FREITAS et al., 2003; GARCIA et al., 2007; FIDELIS et al., 2007; GLIER, 2013; SOARES et al., 2011; VIDELA-MENSENGUE et al., 2023).

A área foliar da soja é um importante indicativo da produtividade, pois está correlacionada com a fotossíntese e por isso o aumento da área foliar também aumenta a taxa de interceptação de luz (SANTRA et al., 2022). Essa maior capacidade de interceptação de luz está relacionada com o desenvolvimento fisiológico da planta como a fixação biológica, alongamento do caule herbáceo e ramificações, indução do florescimento da planta, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos (TAGLIAPIETRA et al., 2021).

Uma das formas de avaliar o potencial produtivo de uma lavoura é analisando o índice de área foliar (IAF) que é a razão entre a área foliar unitária da cultura e a área da unidade de solo, podendo variar de acordo com a cultivar, sua adaptabilidade ao ambiente e aos fatores do solo (MALONE et al., 2002; YAMAMOTO et al., 2023).

A relação entre o IAF com a produtividade de grãos está relacionada a dois conceitos de ecofisiologia, o IAF crítico e IAF ótimo. O IAF crítico é a relação entre as quantidades de folhas necessárias para ocorrer 95% de interceptação de radiação solar e o IAF ótimo é quando a interceptação de radiação solar atinge seu máximo e o aumento do IAF não interfere na interceptação (HAY et al., 2006).

Segundo Tagliapietra et al., (2018) para atingir produtividades próximas a 6,0 ton ha⁻¹, os valores de IAF crítico são de 3,5 m²/m² para o início do florescimento e IAF ótimo de 6,2 m²/m², no início do enchimento de grãos.

Como exemplo de fator biótico que afeta o IAF, tem-se os insetos desfolhadores que se alimentam da planta de soja e no Brasil a maioria desses são desfolhadores, causando o maior uso de inseticida pois este dano é facilmente observado e prejudicial na produtividade (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). Entre estes insetos, ocorrem a falsa medideira (*Chrysodeixis includens*), a lagarta-da-soja, (*Anticarsia gemmatalis*) e as lagartas do complexo do gênero *Spodoptera* que fazem parte das espécies de lepidópteros desfolhadores da cultura, causando danos diretos nas folhas e que podem ocorrer durante todo o ciclo da cultura dificultando seu manejo (SOSA-GÓMEZ et al., 2023).

O fator abiótico que reduz o IAF é a chuva de granizo que causa danos às folhas, hastes, ápice de crescimento que pode acarretar à morte das plantas e redução de estande das lavouras (KLEIN e SHAPIRO, 2011).

Outra variável importante é em qual estágio fenológico da soja a desfolha ocorre (SINCLAIR et al., 2005). Mesmo com várias causas do desfolhamento durante todo seu ciclo, a soja possui tolerância à desfolha, a resposta das cultivares à redução do IAF pode variar, dependendo dos estádios de desenvolvimento das plantas e da época (BATISTELA et al., 2012).

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar os efeitos da desfolha em diferentes estádios fenológicos na produtividade de duas cultivares de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Área Experimental do Câmpus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR em Santa Helena, PR. As coordenadas geográficas são latitude Sul 24° 51' 51" e longitude Oeste 54° 19' 49". As condições

climáticas são subtropical úmida, com verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas em todos os meses do ano.

O solo da área foi classificado como Nitossolo Vermelho Latossólico de textura argilosa, com as seguintes características na camada 0-0,20 m: pH (H₂O) = 6,2; Al trocável (cmolc dm⁻³) = 0,17, baixo; Ca+Mg (cmolc dm⁻³) = 6,10, alto; P (mg dm⁻³) = 8,35, alto; K (cmolc dm⁻³) = 0,26 ou 101 mg dm⁻³, médio; matéria orgânica (g dm⁻³) = 32,17, médio; V (%) = 59,77, médio; saturação em alumínio (%) = 2,60, baixo; soma de bases (cmolc dm⁻³) = 6,36, alto; CTC (cmolc dm⁻³) = 10,64. O clima da região é o subtropical úmido, Cfa da classificação de Koppen (KOTTEK *et al.*, 2006). Nesta mesorregião, apresenta variações significativas de precipitação (1400 a 2000 mm/ ano) e temperatura média (21 a 23 °C) (ROCHA; BADE, 2018).

Foram instalados dois experimentos, um com a cultivar M 5947 IPRO com grau de maturidade relativa (GMR) 5.9 e o outro com a cultivar M 6410 IPRO com GMR 6.4. As duas cultivares foram escolhidas por apresentarem ciclos diferenciados e ambas serem muito semeadas na região.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições e nove tratamentos em esquema fatorial com um tratamento adicional. Oito tratamentos foram compostos pela combinação de duas desfolhas (33 e 66%) e quatro estádios fenológicos e um tratamento adicional sem desfolha. Cada parcela possuía quatro linhas com espaçamento de 0,50 metros e 5 metros de comprimento.

A semeadura foi realizada em 26/10/2022 sendo distribuída 12 sementes por metro com adução de 310 kg/ha do adubo 2-18-18, (NPK).

As desfolhas artificiais foram realizadas manualmente com auxílio de uma tesoura em todas as folhas trifoliadas das plantas das quatro fileiras da parcela. Para a desfolha de 33% foi retirado um folíolo por trifólio de cada folha das hastes da planta e para a desfolha de 66% foram retirados dois folíolos de cada folha.

As desfolhas de 33% e 66% foram realizadas nos estádios V5 (quarta trifoliolada completamente desenvolvida) no dia 06/12/2022 (Figura 2), R1 (aparecimento da primeira flor aberta) no dia 26/12/2022, R3 (presença de vagens de 5 milímetros) no dia 13/01/23 e R5 (grãos perceptíveis ao tato) no dia 25/01/23. Para identificar os estádios fenológicos foi utilizada a classificação de Fehr e Caviness (1977).

A colheita foi realizada em diferentes datas, devido as cultivares apresentarem diferentes ciclos, M5947 IPRO colhida no dia 09/03/2023 com 127 dias após a emergência (DAE) e a M6410 IPRO colhida no dia 23/03/2023 com 141 (DAE).

Após a colheita procedeu-se a separação das parcelas foi realizada a pesagem das sementes e medida a umidade para realizar a correção da produtividade em kg/ha, a 13% dos grãos.

Inicialmente foi verificado a normalidade dos dados das variáveis pelo teste de Shapiro-Wilks. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e seus desdobramentos quando a interação foi significativa, o teste de F e a comparação de médias utilizando o pacote ExpDes.pt do software R (R CORE TEAM, 2021). As análises de variância foram desdobradas de acordo com a significância da interação da porcentagem de desfolhas x estádios fenológicos de desenvolvimento e o teste de média quando significativo.

RESULTADOS

O experimento com a cultivar M5947 IPRO apresentou o coeficiente de variação de 12,87% e da M6410 IPRO, 11,52%. Na análise de variância, a produtividade de grãos dos tratamentos que receberam as desfolhas ou em que estágio ocorreram foram não significativas (Tabela 1). Ainda, o contraste testemunha (sem desfolha) vs fatorial (desfolhas x estádios) também foram estatisticamente semelhantes e com médias de 1630 kg/ha para M5947 IPRO e 1730 kg/ha para M6410 IPRO (Tabela 1). No entanto, a interação entre as desfolhas e os estádios fenológicos foi estatisticamente diferente, indicando que a produtividade de grãos de cada desfolha foi diferenciada em cada estágio ou vice-versa.

Tabela 1. Análise de variância resumida da produtividade de grãos em função das desfolhas de 33% e 66% nos estádios fenológicos V5, R1, R3 e R5 e o contraste testemunha vs tratamentos com desfolha das cultivares M5947 IPRO e M6410 IPRO

	M5947 IPRO		M6410 IPRO
	GL	QM	QM
Blocos	2	32.244ns	144.499ns
Desfolhas	1	17.889ns	24.336ns
Estádios fenológicos	3	7.8471ns	51.707ns

Desfolha vs Estádios	3	180.780*	12.7525*
Testemunha vs Fatorial	1	28.084ns	7.140ns
Resíduo	16	44.110	33.096

* significativo a 5 % pelo teste de F; ns: não significativo a 5% pelo teste de F.

Devido a interação entre as desfolhas e os estádios fenológicos, foi realizada a análise de variância do desdobramento das desfolhas para cada estágio fenológico e aplicado o teste de F (Tabela 2). Para a cv. M5947 IPRO no estágio V5, as desfolhas foram diferentes ao teste de F a 10%, nos estádios R1 e R5, as desfolhas foram semelhantes e para o estágio R3 foram diferentes pelo teste de F a 1%. Para a cv. M6410 IPRO nos estádios V5 e R5, as desfolhas foram estatisticamente diferentes ao teste de F a 5% e nos estádios R1 e R3, as desfolhas foram semelhantes (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância com o desdobramento de desfolha para estádios fenológicos das cultivares M5947 IPRO e M6410 IPRO.

		M5947 IPRO	M6410 IPRO
	GL	QM	QM
Desfolhas/V5	1	131.044*	136.161**
Desfolhas/R1	1	1.056 ns	210 ns
Desfolhas/R3	1	425.104***	51.984 ns
Desfolhas/R5	1	3.025 ns	218.556**
Resíduo	16	44.110	33.096

* significativo a 10 % de probabilidade; ** significativo a 5 % pelo teste de F.***significativo a 1 % de probabilidade; ns: não significativo a 5% pelo teste de F.

Para a cv. M5947 IPRO, as médias de produtividade dos tratamentos com as desfolhas para cada estágio foram superiores no estágio V5 para 66% de desfolha com 2020 kg/ha, semelhantes nos estádios R1 e R5 com médias ao redor de 1550 kg/ha e no estágio R3, a desfolha de 33% proporcionou maior produtividade do que em 66% (Tabela 3). Para a cv. M6410 IPRO, as desfolhas de 33% foram semelhantes a 66% nos estádios R1 com média de 1736 kg/ha e R3 com média de 1543 kg/ha, e para V5 e R5 foram estatisticamente diferentes com resultados invertidos sendo superior em 66% e 33%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das produtividades (kg/ha) das desfolhas (33% e 66%) para cada estágio fenológico V5, R1, R3 e R5 para as cultivares M5947 IPRO e M6410 IPRO.

Estádio Fenológico	M5947 IPRO		M6410 IPRO	
	33%	66%	33%	66%
V5	1658 b	2020 a*	1298 b	1667 a**
R1	1576 a	1544 a	1729 a	1743 a
R3	1924 a	1272 b	1657 a	1429 a
R5	1506 a	1561 a	1751 a	1283 b

* Para cultivar M5947 IPRO, médias seguidas pela mesma letra, na linha, são semelhantes pelo teste de F a 10%.**Para cultivar M6410 IPRO, médias seguidas pela mesma letra, na linha, são semelhantes pelo teste de F a 5%

O desdobramento da interação estádios x desfolhas também foi realizado para estádios em cada desfolha. Para a cv. M5947 IPRO, os estádios fenológicos para a desfolha de 33% foram estatisticamente iguais e para 66% foram diferentes estatisticamente a 5% do teste F (Tabela 4). Para a cv. M6410 IPRO, as produtividades nos estádios para as desfolhas de 33% e 66% foram estatisticamente diferentes a 10% pelo teste de F (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância com o desdobramento dos estádios fenológicos para as desfolhas de 33% e 66% das cultivares M5947 IPRO e M6410 IPRO.

	M5947 IPRO		M6410 IPRO
	GL	QM	QM
Estádios/Desfolha 33%	3	66825ns	89091*
Estádios/Desfolha 66%	2	192425**	90140*
Resíduo	16	44110	33095

*significativo a 10 % pelo teste F ; ** significativo a 5 % pelo teste de F. ns: não significativo à 10% pelo teste de F.

Para cultivar M5947 IPRO, as desfolhas nos diferentes estádios fenológicos proporcionaram a produtividade semelhante estatisticamente (Tabela 5). Por sua vez, para desfolha de 66%, a produtividade no estágio V5 foi superior às produtividades nos estádios reprodutivos (Tabela 5). Para a cv. M6410 IPRO, Na desfolha de 33%, as produtividades nos estádios R1, R3 e R5 foram superiores ao V5 e na desfolha de 66%, a produtividade no estágio R1 foi superior ao R5 e semelhante a V5 e R3 (Tabela 5).

Tabela 5. Médias das produtividades (kg/ha) dos tratamentos com desfolha nos estádios fenológicos V5, R1, R3 e R5 para as cultivares M5947 IPRO e M6410 IPRO

Desfolhas	V5	R1	R3	R5
M5947 IPRO				
33%	1658 a*	1576 a	1924 a	1506 a
66%	2020 a	1544 b	1272 b	1561 b
M6410 IPRO				
33%	1298 b*	1729 a	1657 ab	1751 a
66%	1667 ab	1743 a	1429 ab	1283 b

* Médias seguidas pela mesma letra, na linha, são semelhantes pelo teste de Duncan a 10%.

DISCUSSÃO

A semeadura do experimento no final de outubro proporcionou o desenvolvimento das plantas de soja em condições de altas de temperatura com a intenção de avaliar o efeito da desfolha em duas cultivares de ciclo diferenciado e em presença de condições climáticas desfavoráveis. Isto também explica a semelhança estatística do contraste entre a testemunha sem desfolha e a média de todos os tratamentos, sendo que os tratamentos com as plantas sem desfolha não puderam apresentar todo seu potencial produtivo com as condições limitantes do ambiente. Assim, as condições climáticas desfavoráveis foram limitantes para o desenvolvimento adequado do potencial produtivo da cultura da soja na região lindeira ao Lago Itaipu no Oeste do Paraná, causando média geral de produtividade limitada em todos os tratamentos.

Winck et al., (2023) identificaram os potenciais de rendimento da cultura da soja limitados pela água no Rio Grande do Sul em modelo de simulação de soja CSM-CROPGRO utilizando dados de uma pesquisa de 853 campos relatados por agricultores ao longo de quatro estações de cultivo. Os autores identificaram que o aumento anual da produtividade da soja depende de melhorias no manejo (44%), melhoramento genético (42%) e mudanças climáticas (14%) com uma lacuna produtiva de 995 kg.ha⁻¹ atribuídos à escolha da cultivar e data de semeadura, 2.006 kg.ha⁻¹ atribuídos à disponibilidade de água durante o ciclo de desenvolvimento e 1.437 kg.ha⁻¹ atribuídos a melhorias no manejo.

Por sua vez, Videla-Mensegue et al. (2023) identificaram a diferença de produtividade média da soja de 1.630 kg.ha⁻¹ ou 54% do potencial produtivo e a produtividade de grãos foi em média de 2,24 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ ou 33% do potencial produtivo nos pampas argentinos. Fatores agrônômicos, incluindo fertilização com fósforo,

aplicação de fungicidas, data de semeadura, grupo de maturidade da soja e densidade de cultivo explicaram conjuntamente 61% da variação na diferença de produtividade. Fatores ambientais explicaram 55% da variação na lacuna de produtividade hídrica; abastecimento de água, precipitações antes do ciclo da cultura, presença de lençol freático, adubação fosfatada, aplicação de fungicidas e época de semeadura foram os fatores mais importantes.

A cultivar M5947 IPRO produziu 8% a mais do que a M6410 IPRO na média de todos os tratamentos devido ao menor ciclo da cultivar pois ocorreram mais veranicos na metade final do verão afetando mais as cultivares de ciclo tardio. Esta também é uma das razões das cultivares com GMR 5.9, caso da M5947 IPRO, serem as mais semeadas na região devido à irregularidade das chuvas na metade final do verão. Resultados diferentes foram encontrados no trabalho de Silva (2015) onde cultivares de maior GMR apresentaram maior número de vagens pois apresentam períodos vegetativo e reprodutivo maiores, possibilitando maior capacidade de recuperação a desfolha e manutenção de vagens. Porém, os autores não relataram a presença de veranicos durante o desenvolvimento das plantas, o que proporciona maior tempo de desenvolvimento para as cultivares de ciclo mais tardio, o que não ocorre na região lindeira ao Lago Itaipu no oeste do Paraná.

Frequentemente a região lindeira no Oeste do Paraná apresenta um verão com ar seco com altas temperaturas e com muitos veranicos durante outubro a fevereiro como também foi registrado na safra 2021/22, onde 90% dos dias apresentaram temperatura acima de 30° C e apenas um ou dois dias com temperaturas máximas inferiores a 30°C em Santa Helena (MIRANDA et al., 2021). Essa situação climática semelhante também ocorreu em 22/23 com a grande maioria dos dias com temperaturas acima de 30 graus.

A precipitação acumulada durante o experimento foi de 775 mm, que está pouco abaixo da média exigida para cultivares de GMR 5.6 a 6.4 que é de 830 mm (TAGLIAPIETRA et al., 2021). A precipitação acumulada (mm) ocorrida nos estádios de crescimento e desenvolvimento das plantas da soja para as cultivares foi na semeadura de 70 mm, em VE de 86 mm, em V5 de 40 mm, em R1 de 96 mm, em R3 de 49 mm, em R5 de 154 mm, em R6 de 22 mm, em R7 de 110 mm e em R8 de 93 mm. O ideal de precipitação era na semeadura 20 mm, em VE de 90 mm, em V5 de 90 mm, em R1 de 60 mm, em R3 de 60 mm, em R5 de 135 mm, em R6 de 135 mm, em R7 de 90 mm e em R8

de 90 mm. Ao comparar a precipitação ocorrida e a ideal, pode-se afirmar que a distribuição das chuvas não foi a ideal, como no estágio V5 em que as plantas começam a transição do estágio vegetativo para o reprodutivo. No estágio R3 onde é o início da formação de vagens, que foram marcados pela ausência ou baixas precipitações no final de novembro até final de dezembro. Também entre o final do enchimento de grãos em R5 até o grão cheio ou completo em R6 que ocorreu no final de fevereiro onde a precipitação foi bem abaixo da ideal.

Desta forma, o estresse da desfolha artificial das plantas de soja associado às condições climáticas, temperatura e distribuição de precipitação intensificaram a redução na produtividade de grãos e também o estágio em que ocorreram.

Caetano et al. (2023) estudaram Influência do veranico na demanda hídrica da soja cultivada em três safras no Centro Oeste brasileiro e Verificaram que o consumo total de água ao longo do ciclo da soja para as três safras foi inferior ao total de precipitação pluviométrica apesar de 22 veranicos sendo considerado forte quando teve duração superior a treze dias com precipitação mínima de 635 mm.ciclo⁻¹ e evapotranspiração total de 338 mm.ciclo⁻¹.

Estudos têm previsto que a produtividade da cultura da soja na Região Oeste do Paraná pode ser reduzida em até 30% devido às mudanças climáticas (CONFALONIERI et al., 2019) como pode ser constatado pelas produtividades obtidas quando a precipitação não ocorre nos estádios críticos de desenvolvimento da planta de soja

A produtividade da soja para as duas cultivares de ciclos diferenciados não foi estatisticamente diferente nem pelas desfolhas e nem pelos estádios fenológicos, considerando-as de maneira independente. No entanto, em valores absolutos, as produtividades nas desfolhas de 33% foram maiores do que na desfolha de 66% independentemente da cultivar ao redor de 7% para ambas cultivares. No entanto, a significância da interação desfolhas x estádios fenológicos mostrou que a maior ou menor produtividade depende de que estágio fenológico, a desfolha ocorre.

Devido às cultivares usadas no estudo apresentarem graus de maturidade relativas diferentes M5947 IPRO (GMR) com 5.9 e M6410 IPRO com 6.4 as respostas de cada tratamento se diferenciaram devido principalmente estarem associadas a disponibilidade de água no solo.

Os desdobramentos das interações das análises de variância indicaram que a cultivar M5947 IPRO apresentou maior produtividade no estágio V5 para a desfolha 66%

e R3 para a desfolha de 33%. Nestes estádios fenológicos, a desfolha com maior impacto causou a redução de 25% da produtividade. Nos demais, estádios fenológicos R1 e R5, ambas as desfolhas reduziram a produtividade em aproximadamente 25% de 2000 kg/ha para 1500 kg/ha. Para esta cultivar, a desfolha de 66% no estágio vegetativo ou 33% no estágio reprodutivo pode até ser benéfica em condição de seca pela redução da transpiração das folhas.

No que se refere a cultivar M5947 IPRO, no desdobramento dos estádios fenológicos para cada desfolha, com 33%, os quatro estádios fenológicos foram igualmente prejudiciais reduzindo a produtividade, apesar do maior valor absoluto em R3, não diferenciando estatisticamente dos demais. Resultados semelhantes foram encontrados nos trabalhos de Bahry et al., (2013) e Parcianello et al., (2004) em que não se constataram diferenças significativas na produtividade da soja quando a desfolha foi de até 33% nos estádios vegetativos e reprodutivos. Uma das justificativas desses resultados é que a perda foliar é compensada pela maior incidência de radiação solar nas folhas inferiores, aumentando a produção de fotossintetizados para a planta e fazendo com que não reduza na sua produtividade permitindo que a soja apresente desfolha de 33% sem afetar a produtividade (ALVES e BELLETTINI, 2020).

Por sua vez, as desfolhas de 66% nos estádios reprodutivos afetaram negativamente a produtividade média das cultivares em relação ao estágio vegetativo concordando com a ideia geral que as desfolhas intensas no estágio vegetativo são menos prejudiciais do que nos reprodutivos. Reichert e Costa (2003) afirmaram que no momento que a soja atinge o período reprodutivo, os produtos fotoassimilados são redirecionados para produção e fixação dos legumes na planta e a diminuição de sua área foliar nesse momento afeta diretamente na produtividade final.

Para cultivar M6410 IPRO, de ciclo mais tardio, ao redor de 20 dias em relação a M5947 IPRO na região oeste do Paraná, os desdobramentos das interações das análises de variância indicaram produtividades diferentes entre as desfolhas nos estádios V5 e R5 porém de efeito contrário e também de maneira diferente do que para a cultivar M5947 IPRO.

Para M6410 IPRO, em V5, a desfolha de 66% em relação a 33% favoreceu a produtividade em 23%, provavelmente pela redução do IAF que em condições de seca pode reduzir o desenvolvimento de vagens e enchimento de grãos. Também cultivares de ciclo tardio possuem maior IAF do que de ciclo mais precoce. Resultados semelhantes

foram encontrados no trabalho de Alves e Bellettini (2020) onde justificaram que a soja tem capacidade de emitir novas brotações como reação à desfolha, essa é uma maneira usada para tolerar ataque de insetos. No entanto, no estágio reprodutivo, quando as folhas são fonte de fotoassimilados para enchimento de grãos (R5), a produtividade foi 26% maior, com 33% de desfolha do que em 66%, resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Silva (2015) onde justificou que quanto maior a desfolha nos estádio reprodutivos, menor é a produtividade final. Isso acontece pois as desfolhas causaram a queda no número de vagens e massa de grãos, pois a atividade fotossintética da planta foi reduzida junto com os assimilados para a formação e enchimento de grãos (PELUZIO et al., 2002; REICHERT e COSTA, 2003).

O índice de área foliar (IAF) é um indicador do potencial do desenvolvimento da folhagem e do potencial de rendimento da cultura (Zanon et al., 2015). A floração precoce leva a um encurtamento do ciclo de crescimento vegetativo e no atingimento do valor máximo de IAF. De acordo com Zanon et al. (2015), o índice de área foliar máximo ocorre entre estádios R1 e R3 nas cultivares com crescimento determinado, e entre os estádios R3 e R5 nas de crescimento indeterminado. Provavelmente por essas razões, a desfolha pode ser até benéfica quando ocorre estresse de seca.

Para cultivar M6410 IPRO, tanto a desfolha de 33% como a de 66%, mostraram diferença significativa nos diferentes estádios fenológicos, o que não ocorreu para a M5947. Para a desfolha de 33%, o estágio V5 apresentou produtividade menor do que para os estádios reprodutivos provavelmente pelo ciclo maior e sua capacidade de se recuperar mais lenta (SOUZA et al., 2014).

Ainda para a M6410 IPRO, nas desfolhas de 66%, mais intensa, a produtividade foi mais afetadas nos estádios R3 e R5, resultados semelhantes foram encontrados por Monteiro et al., (2015) que demonstraram que nos estádios reprodutivos até R5, a desfolha resulta na queda no número de vagens, pela pequena disponibilidade de assimilados e, conseqüentemente, a formação e enchimento de vagens.

Assim, os ciclos das cultivares e a combinação da intensidade de desfolha e em qual estágio fenológico elas ocorreram, afetou a produtividade da soja sendo como regra geral negativa porém após a desfolha com uma condição climática favorável benéfica de temperatura e água disponível no solo pode reduzir ou mesmo neutralizar este impacto negativo.

Para a M5947 IPRO, a desfolha de 33% não afetou a produtividade independentemente do estágio fenológico, em R3, a desfolha de 66% foi mais prejudicial do que 33% e a desfolha de 66% reduziu a produtividade nos estádios reprodutivos mas não no vegetativo V5.

Para a M6410 IPRO, as desfolhas afetaram a produtividade principalmente nos estádios reprodutivos e pode haver recuperação das plantas no estágio vegetativo, as desfolhas de 33% reduziram a produtividade apenas no estágio vegetativo V5 e as desfolhas de 66% reduziram a produtividade nos estádio reprodutivos R3 e R5.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. H.T.; BELLETTINI, S. Diferentes níveis de desfolha artificial nos componentes de produção da soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64799-64815, 2020.

BATISTELA, M. J. et al. Re-evaluation of leaf-lamina consumer thresholds for IPM decisions in short-season soybeans using artificial defoliation. **Crop Protection**, v. 32, p. 7 - 11, 2012.

BAHRY, C. A. et al. Desempenho agrônômico da soja em função da desfolha em diferentes estádios vegetativos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária, Paraíba**, v.7, p.19-24, 2013.

CAETANO, L. R. . et al. Influência do veranico na demanda hídrica da soja cultivada em três safras no Centro Oeste brasileiro. **Peer Review**, v. 5, n. 24, p. 363–379, 2023.

CARVALHO, A. L., ANTUNES, C. H., FREIRE, F., HENRIQUES, C. O. A hybrid input-output multiobjective model to assess economic-energy-environment trade-offs in Brazil. **Energy**, v. 82, n. 15, p. 769-785. 2015

CONFALONIERI R. et al. **Climate Change and Agriculture in Latin America 2020-2050 LCSAR** –The World Bank. 2019 pp: 11;.

FEHR, W.R.; CAVINES S, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, Special Report, 80. 1977. 11p.

FREITAS, F.C.L et al., Eficiência do triclopyr no controle de plantas daninhas em gramado (*Paspalum notatum*). **Planta Daninha**, v. 21, n.1, p. 159-164, 2003.

FIDELIS et al., Fontes de germoplasma de milho para estresse de baixo nitrogênio **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 147-153, 2007.

GARCIA, G.O. et al. Índices fisiológicos, crescimento e produção do milho irrigado com água salina. **Irriga**. v. 12, n.3, p. 307-325, 2007.

GLIER, C. A. D. S. **Características Agronômicas da soja em função do percentual de desfolha em duas cultivares e diferentes estádios fenológicos**. 2013, 45p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2013.

HAY, Robert KM et al. **The physiology of crop yield**. Blackwell publishing, 2006.

HOFFMANN-CAMPO et al. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70p. (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.30).

KLEIN, R.N.; SHAPIRO, C.A. **Evaluating hail damage to soybean. UNL Extension. Lincoln-NE**. 2011, 8 p. Univ. of Nebraska. Disponível em: <https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec128.pdf> Acesso 06 Jan 2024

KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, jun. 2006. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/15/55034/World_Map_of_the_Koppe_n_Geiger_climate_classificat?af=crossref. Acesso em: 08 dez. 2023.

MALONE, S.; HERBERT, D. A.; HOLSHOUSER, d. L. Evaluation of the LAI-2000 plant canopy analyzer to estimate leaf area in manually defoliated soybean. *Agronomy Journal*, v. 94, n. 5, p. 1012-1019, 2002.

MELO, H.B. et al. Interferência das plantas daninhas na cultura da soja cultivada em dois espaçamentos entre linhas. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 187-19. 2001.

MIRANDA, G. V. et al. Desempenho de cultivares de soja IPRO no extremo oeste do Estado Paraná em baixa altitude. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 34898-34911, 2021.

PARCIANELLO, G. et al. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, v. 34, p. 357-364, 2004.

PELUZIO, J. M. et al. Efeitos sobre a soja do desfolhamento em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ceres**, v. 51, n. 297, p. 575-585, 2004.

R CORE TEAM R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021 URL <https://www.R-project.org>.

REICHERT, J. L.; COSTA, E. C. Desfolhamentos contínuos e sequenciais simulando danos de pragas sobre a cultivar de soja BRS 137. **Ciência Rural**, v. 33, p. 01-06, 2003.

ROCHA, A. S. DA; BADE, M. R. (EDS.). **Geografia da bacia hidrográfica do Paraná 3: fragilidades e potencialidades socioambientais**. 1. ed. Jundiaí: Editora In House, 2018.

SANTRA et al. Digital image Processing Approach for Determination of Leaf Area of

Field Crops, **Annals of Arid Zone**, v. 59, n. 3-4, p. 1-6, 2020. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/363210443_Digital_image_Processing_Approach_for_Determination_of_Leaf_Area_of_Field_Crops Acesso em 06 Jan. 2024

SILVA, A. F. **Simulação de desfolha por estresses bióticos, diversidade fenotípica e molecular e seleção em genótipos de soja**. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2015. 96 p. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/6955/1/texto%20completo.pdf> Acesso em 06 Jan 2024.

SINCLAIR, T. R. et al. Comparison of vegetable development in soybean cultivars for low-latitude environments. **Field Crops Research**, v.92, p.53-59, 2005.

SOARES, M.O. et al. Parâmetros genéticos de uma população de milho em níveis contrastantes de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42 p. 168-174, 2011.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; et al. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 4. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2023. (Embrapa Soja. Documentos, 269)

SOUZA, V. Q. et al. Caracteres morfofisiológicos e produtividade da soja em razão da desfolha no estágio vegetativo. **Científica**, v. 42, n. 3, p. 216-223, 2014.

TAGLIAPIETRA, E. L. et al. Optimum leaf area index to reach soybean yield potential in subtropical environment. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 3, p. 932-938, 2018.

TAGLIAPIETRA, E.L et al. Biophysical and management factors causing yield gap in soybean in the subtropics of Brazil. **Agronomy Journal**, v.113, p.1882-1894, 2021.

VIDELA-MENSEGUE, H.C. et al. Soybean Yield and Water Productivity Gaps Associate with Enso-Dependent Effects of Fungicide, Sowing Date and Maturity Group. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4601584> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4601584>

YAMAMOTO, S.; HASHIMOTO, N.; HOMMA, K. Evaluation of LAI Dynamics by Using Plant Canopy Analyzer and Its Relationship to Yield Variation of Soybean in Farmer Field. **Agriculture**, v. 13, n. 609. 2023.

WINCK, J.E.M et al. Decomposition of yield gap of soybean in environment × genetics × management in Southern Brazil, **European Journal of Agronomy**, v. 145, n.126795, 2023.

ZANON, A. J. et al. **Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja**. Bragantina, Campinas, v. 74, n. 3, p.279-290. 2015.