

Desempenho fisiológico e produtivo de cultivares de soja na Zona da Mata de Alagoas



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
172**

**Desempenho fisiológico e produtivo de
cultivares de soja na Zona da Mata de Alagoas**

*Anderson Carlos Marafon
Antonio Dias Santiago
Paulo Albuquerque Silva
Joaquim Soriano Bomfim Bisneto
Alfredo Manoel de Oliveira
José Santana da Silva*

**Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2022**

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Gov. Paulo Barreto de Menezes, nº 3250
CEP 49025-040, Aracaju, SE
Fone: +55 (79) 4009-1300
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Viviane Talamini

Secretário-Executivo
Ubiratan Piovezan

Membros
*Aldomário Santo Negrisoli Júnior, Ana da
Silva Lédo, Angela Puchnick Legat, Elío
Cesar Guzzo, Fabio Enrique Torresan, Josué
Francisco da Silva Junior, Julio Roberto Araujo
de Amorim, Emiliano Fernandes Nassau Costa,
Renata da Silva Bomfim Gomes*

Supervisão editorial e editoração eletrônica
Aline Gonçalves Moura

Normalização bibliográfica
Josete Cunha Melo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Foto da capa
Anderson Carlos Marafon

1ª edição
Publicação digital - PDF (2022)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Desempenho fisiológico e produtivo de cultivares de soja na Zona da Mata de Alagoas. /
Anderson Carlos Marafon [et al...]. – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2022.

22 p. : il. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 172)

1. Soja. 2. Fisiologia de planta. 3. Produtividade. 4. Sealba. 5. Manejo de
cultura. I. Marafon, Anderson Carlos. II. Santiago, Antônio Dias. III. Silva, Paulo
Albuquerque. IV. Bomfim Bisneto, Joaquim Soriano. VI. Oliveira, Alfredo Manoel
de. VII. Silva, José Santana da. VIII. Série.

CDD (Ed. 21) 633.34

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	10
Condições experimentais e material vegetal.....	10
Avaliações fenológicas e fisiológicas	11
Avaliações biométricas e produção de grãos.....	11
Resultados e Discussão	12
Avaliações fenológicas e fisiológicas	12
Avaliações biométricas e produção de grãos.....	19
Conclusões.....	20
Agradecimentos.....	20
Referências	21

Desempenho fisiológico e produtivo de cultivares de soja na Zona da Mata de Alagoas

Anderson Carlos Marafon¹

Antonio Dias Santiago²

Paulo Albuquerque Silva³

Joaquim Soriano Bomfim Bisneto⁴

Alfredo Manoel de Oliveira⁵

José Santana da Silva⁶

Resumo – O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho fisiológico e produtivo de cultivares de soja nas condições ambientais da Zona da Mata do Estado de Alagoas. Foram avaliadas 15 cultivares: BRS 7981, BRS 8383, BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, CZ 48B28, Extrema, FT 3191, FT 4182, Pampeana 20, Pampeana 80, Pampeana 90, Pampeana 9310, Pampeana 9510 e PV1 Alagoana. Foram avaliadas características no estágio vegetativo, reprodutivo e características fisiológicas de transpiração. As cultivares BRS 8383, BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, Pampeana 9310, 9510 e PV1 Alagoana, apresentaram as maiores taxas transpiratórias, enquanto as cultivares BRS 9180, Extrema e FT 4182 apresentaram as maiores taxas de condutância estomática. As maiores taxas de fotossíntese foram constatadas nas cultivares BRS 7981 ($23,6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e Pampeana 80 ($25,9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). O máximo índice área foliar foi observado aos 73 dias após o plantio, nas cultivares BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, Pampeana 9310, Pampeana 9510 e PV1 Alagoana. O peso de 100 grãos (à 13% de umidade) das cultivares Pampeana 9310 (18,69 g), BRS 7981 (18,52 g), Extrema (17,47 g) e FT 4182 (17,45 g) foi superior em relação aos demais materiais.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP-Rio Largo), Rio Largo, AL.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP-Rio Largo), Rio Largo, AL.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP-Rio Largo), Rio Largo, AL.

⁴ Engenheiro-agrônomo.

⁵ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca, AL.

⁶ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca, AL.

As cultivares com maior altura de planta foram: FT 3191 (96,4 cm), Pampeana 20 (87,2 cm), Pampeana 80 (104,8 cm) e Pampeana 9310 (88,4 cm). As cultivares BRS 7981 (7,7 cm), BRS 8383 (7,3 cm) e CZ 48B28 (8,4 cm) foram as que apresentaram as menores alturas de inserção da primeira vagem. As cultivares de soja que apresentaram as maiores produções de grãos na Zona da Mata de Alagoas foram a BRS 7981 (3.667 t ha⁻¹), a CZ 48B28 (3.425 t ha⁻¹) e a FT 4182 (3.231 t ha⁻¹). A cultivar FT 4182 apresentou melhor adaptação na região Sealba, com características desejáveis como elevado peso de 100 grãos (17,45 g), elevada altura de inserção de 1ª vagem (10,2 cm) e maior produtividade (3.231 t ha⁻¹) dentre as cultivares.

Termos para indexação: *Glycine max* (L.) Merr., trocas gasosas, fenologia, Sealba.

Physiological performance of soybean cultivars in the “Zona da Mata” region of the Alagoas State, Brazil

Abstract – The objective of this research work was to evaluate the physiological and productive performance of fifteen soybean cultivars in the environmental conditions of the Zona da Mata of the State of Alagoas, Brazil. Fifteen soybean cultivars were evaluated: BRS 7981, BRS 8383, BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, CZ 48B28, Extrema, FT 3191, FT 4182, Pampeana 20, Pampeana 80, Pampeana 90, Pampeana 9310, Pampeana 9510 and PV1 Alagoana. Gas exchange rates, leaf area index, phenological stage, plant height, height of first pod insertion, grain yield, 100-grain weight and lodging index were evaluated. BRS 8383, BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, Pampeana 9310, 9510 and PV1 Alagoana cultivars had the highest transpiration rates, while the cultivars BRS 9180, Extrema and FT 4182 had the highest rates of stomatal conductance. The highest rates of photosynthesis were observed in cultivars BRS 7981 ($23.6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and Pampeana 80 ($25.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). The maximum leaf area index was observed 73 days after planting, in the cultivars BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, Pampeana 9310, Pampeana 9510 and PV1 Alagoana. The weight of 100 grains (at 13% moisture) of cultivars Pampeana 9310 (18.69 g), BRS 7981 (18.52 g), Extrema (17.47 g) and FT 4182 (17.45 g) was higher in relation to other materials. The cultivars with the highest plant height were FT 3191 (96.4 cm), Pampeana 20 (87.2 cm), Pampeana 80 (104.8 cm) and Pampeana 9310 (88.4 cm). The cultivars BRS 7981 (7.7 cm), BRS 8383 (7.3 cm) and CZ 48B28 (8.4 cm) showed the lowest heights of insertion of the first pod. The soybean cultivars that presented the highest grain yields in the region of the Zona da Mata of Alagoas State were BRS 7981 ($3,667 \text{ t ha}^{-1}$), CZ 48B28 ($3,425 \text{ t ha}^{-1}$) and FT 4182 ($3,231 \text{ t ha}^{-1}$). FT 4182 cultivar showed better adaptation in the Sealba region, with desirable characteristics such as high weight of 100 grains (17.45 g), high insertion height of the 1st pod (10.2 cm) and higher productivity ($3,231 \text{ t ha}^{-1}$) among the cultivars.

Index terms: *Glycine max* (L.) Merr., competition assay, varieties, gas exchange, phenology, Sealba region.

Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é uma das commodities mais importantes para o agronegócio brasileiro, cuja produção superou 124 milhões de toneladas na safra 2021/2022 (Conab, 2022). O aumento da produção de soja nos últimos anos pode ser atribuído à adoção de melhores práticas de manejo, como a semeadura direta e a rotação de culturas e, principalmente, à introdução de cultivares com alto potencial produtivo e adaptadas a distintas condições regionais (Zanon et al., 2015). Assim, a escolha de cultivares produtivas e mais adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas dos diferentes locais de cultivo, associada às práticas de manejo, assumem papel relevante como estratégia para amenizar as perdas na produção (Sentelhas et al., 2015).

O melhoramento genético da cultura da soja no Brasil é bastante dinâmico, envolvendo grande número de instituições de pesquisa e empresas privadas nacionais e multinacionais interessadas em um mercado que engloba uma área cultivada superior a 40 milhões de hectares (Conab, 2022). Desse modo, é de fundamental importância a continuidade das ações da rede de avaliação de cultivares, pois novos materiais são constantemente inseridos nos portfólios das empresas, mas nem todos apresentam aptidão (adaptabilidade) satisfatória para o cultivo nas diferentes regiões produtoras de soja do Brasil. A recomendação de um sistema de produção de soja adaptado à diferentes condições edafoclimáticas de cada região de cultivo, envolve aspectos ligados à escolha das cultivares mais adaptadas, ao manejo agrônomo e ao zoneamento agrícola de risco climático para a cultura nessa região.

A adaptação de cultivares a regiões específicas de cultivo é de suma importância para incrementar a produtividade e a lucratividade dos cultivos agrícolas. A adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente. Neste aspecto, a seleção de cultivares de soja, com base em adaptabilidade e estabilidade de produção, é fundamental para o ótimo desempenho agrônomo e produtivo em suas regiões de cultivo, especialmente para as novas fronteiras agrícolas, como a região do Sealba (acrônimo para Sergipe, Alagoas e Bahia, estados que

são parcialmente abrangidos por essa região, que apresenta, entre suas características, um período chuvoso que varia de 4 a 6 meses no ano, com precipitação pluvial anual de 600 mm a 1.700 mm do interior para o litoral dos estados de Sergipe, Alagoas e Bahia, normalmente a pluviosidade é concentrada entre os meses de abril a setembro, suficiente para o cultivo de soja que apresenta ciclo de quatro meses (Procópio et al., 2017). Do ponto de vista agrícola, outra característica importante da região é o relevo favorável à mecanização das lavouras em boa parte de seu território, especialmente nos Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas (Procópio et al., 2022). No ano de 2016, a região Sealba passou a fazer parte da macrorregião sojícola 5, mais especificamente da região edafoclimática (REC) 501 (Hirakuri et al., 2018). O principal critério para delimitar essa região agrícola teve como princípio a ocorrência de chuvas em volumes superiores a 450 mm, no período de abril a setembro, em pelo menos 50% da área total no município. Os solos predominantes desta região são os Latossolos e Argissolos, os quais apresentam características de baixa fertilidade natural e presença de horizonte coeso, predispõe estes solos à degradação em sistemas intensivos e/ou inadequados de exploração (Procópio et al., 2019). Tais solos possuem baixa CTC, baixa saturação por bases e aumento de acidez em profundidade. Embora os solos sejam considerados profundos, a presença de camadas coesas, normalmente, reduz sua profundidade efetiva. Estas camadas coesas normalmente coincidem com os horizontes AB e/ou BA (Rezende et al., 2002).

A produção de soja na região do Sealba vem mostrando resultados satisfatórios com excelentes produtividades e diferencial positivo na constituição bioquímica dos grãos com maiores teores de óleo e proteína. Procópio et al. (2017) constataram uma produtividade média de 3.483 kg ha⁻¹ e afirmaram que o enchimento e a qualidade dos grãos são os fatores que mais chamam a atenção no cultivo de cultivares de soja BRS no Sealba, cuja massa de 100 grãos verificada nos ensaios onde não ocorreu déficit hídrico superou 20 gramas, os teores médios de proteína foram de 37,5 a 40,5% e os teores médios de óleo de 20,9 a 23,8%. Além disso, a região vem despontando na produção de grãos e caracteriza-se pelo ciclo agrícola ser totalmente diferente das outras regiões produtoras do país, com o regime pluviométrico concentrado no meio do ano. Essa característica tem despertado interesse na produção de sementes com altíssima qualidade fisiológica (Procópio et al., 2019). Neste sentido, a escolha de cultivares de soja adaptadas ao ambiente

de cultivo é uma prática agrícola imprescindível para o sucesso do empreendimento, tendo em vista o grande número de cultivares ofertadas, as quais podem apresentar desempenhos agrônômicos diferentes em ambientes distintos. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho fisiológico e produtivo de quinze cultivares de soja nas condições ambientais da Zona da Mata do Estado de Alagoas, visando a contribuir no processo de tomada de decisão para escolha de cultivares mais adaptadas e com altos rendimentos produtivos para essa região.

Material e Métodos

Condições experimentais e material vegetal

Foi conduzido um ensaio de competição de cultivares em área experimental situada em propriedade particular, na Fazenda Jequiá dos Grungas, situada às margens da Rodovia AL 215, no município de Limoeiro de Anadia, na Zona da Mata do Estado de Alagoas, cujas coordenadas geográficas são -09°40'36,6" Oeste e -36°23'52,7" Sul.

Foram avaliadas 15 variedades de soja: BRS 7981, BRS 8383, BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, CZ 48B28, Extrema, FT 3191, FT 4182, Pampeana 20, Pampeana 80, Pampeana 90, Pampeana 9310, Pampeana 9510 e PV1 Alagoana. O plantio foi realizado no dia 28 de maio de 2021 com espaçamento de 0,50 m entre linhas, com densidade de 280.000 plantas por hectare, correspondente a 14 plantas por metro linear. A colheita foi realizada aos 115 dias após o plantio (DAP), no dia 23 de setembro de 2021.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Coeso de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). A precipitação pluviométrica acumulada no período experimental (28/05 a 23/09/2021) foi de 619,1 mm. Foi utilizado o sistema de plantio direto sobre área de milheto. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (15 doses) + *Azospirillum brasiliense* (02 doses). A adubação de base foi de 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e de 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em cobertura.

Avaliações fenológicas e fisiológicas

As avaliações dos estádios fenológicos foram efetuadas aos 54, 73, 87 e 101 dias após o plantio (DAP) conforme a escala fenológica proposta por Fehr e Cavines (1977). As avaliações fisiológicas referentes às taxas de trocas gasosas [fotossíntese (A), condutância estomática (gS) e transpiração (E)], ao índice de área foliar (IAF) também foram efetuadas aos 54, 73, 87 e 101 DAP. O IAF foi determinado a partir da utilização de um integrador de área foliar modelo LP 80 (Accupar). As medições das trocas gasosas foram realizadas utilizando-se um sistema compacto portátil para medição de trocas gasosas (IRGA) modelo LCi (ADC BioScientific Ltda.), com fonte de luz ($Q = 1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Figura 1b). As leituras foram efetuadas no horário entre 09:00 e 10:30 h, avaliando-se a primeira folha completamente expandida no ápice da planta, sendo determinadas as taxas de: (1) transpiração (E), em milimols de água por metro quadrado por segundo ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), (2) condutância estomática (gs), em mols de água por metro quadrado por segundo ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e (3) fotossíntese líquida (A), em micromols de gás carbônico por metro quadrado por segundo ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Avaliações biométricas e da produção de grãos

As avaliações biométricas e de produtividade foram realizadas no estágio de desenvolvimento de maturação fisiológica (estádio R8) de acordo com escala fenológica proposta por Fehr e Cavines (1977). As avaliações realizadas foram: altura da planta (cm), altura da inserção da primeira vagem (cm), produtividade de grãos (t ha^{-1}), peso de 100 grãos (gramas) corrigido para 13% de umidade. Posteriormente, foi determinado o índice de acamamento das cultivares de acordo com escala de Bernard et al. (1965), com notas entre 1 e 5, sendo 1 = todas as plantas eretas e 5 = todas as plantas acamadas. A altura da planta, dada pela distância do colo da planta até a extremidade da haste principal, foi medida em 5 plantas aleatoriamente, em centímetros (cm). A altura de inserção da primeira vagem foi dada pela distância do colo da planta até a extremidade inferior do primeiro legume, em cm.

As médias das características avaliadas foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), utilizando-se o programa Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Avaliações fenológicas e fisiológicas

As cultivares apresentaram diferenças em seus estádios fenológicos ao longo do ciclo de desenvolvimento conforme pode ser observado abaixo (Tabela 1).

Tabela 1. Estádios fenológicos de cultivares de soja ao longo do ciclo produtivo na Zona da Mata de Alagoas. Limoeiro de Anadia, AL, 2021.

Cultivar	54 DAP	73 DAP	87 DAP	101 DAP
	Precipitação pluviométrica acumulada (mm)			
	354 mm	478 mm	514 mm	542 mm
BRS 7981	R3	R5.4	R6	R8
BRS 8383	R4	R5.2	R6	R7
BRS 8980	R2	R5.1	R5.4	R6
BRS 9180	R1	R5.1	R5.4	R7
BRS 9383	R2	R5.2	R5.5	R6
CZ 48B28	R4	R5.4	R6	R8
Extrema	R2	R3	R6	R8
FT 3191	V9	R5.1	R5.5	R6
FT 4182	R3	R5.2	R6	R8
Pampeana 20	V11	R1	R5.1	R5.4
Pampeana 80	R1	R3	R5.3	R5.4
Pampeana 90	R2	R5.2	R5.4	R5.5
Pampeana 9310	R2	R5.1	R5.4	R6
Pampeana 9510	R1	R5.1	R5.4	R5.5
PV1 Alagoana	R2	R5.1	R5.4	R5.5

O fotoperíodo (número de horas de luz por dia) na região Sealba varia de 11,4 a 11,7 h durante a fase vegetativa da cultura da soja (abril a setembro). Como a soja é uma planta de dias curtos (o florescimento é induzido com a redução do fotoperíodo), a indução ao florescimento é muito intensa nessa região, devido à época de plantio ser realizada em período de dias curtos.

Assim, é fundamental que as cultivares adaptadas à região apresentem crescimento do tipo determinado, pois esses materiais possuem período juvenil longo (período compreendido entre a emergência e o início da indução foto-periódica), a fim de que o florescimento não ocorra num momento em que as plantas de soja apresentem estatura mais baixa ainda com poucos nós e poucos ramos reprodutivos (Procópio et al., 2022). De acordo estes autores, as cultivares de soja que apresentaram maior adaptação ao clima e ao solo da região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas foram materiais de ciclo médio a tardio (grupo de maturidade relativa próximo ou superior à 9.0) e bom crescimento em regiões de baixa latitude. Neste estudo foram observados aos 54 DAP, que as cultivares FT 3191 e Pampeana 20 encontravam-se ainda no estágio vegetativo, as demais já haviam iniciado a fase reprodutiva (Figura 1).



Figura 1. Ensaio de competição de cultivares de soja aos 54 dias após o plantio. Limoeiro de Anadia/AL, 2022.

Aos 101 DAP, as cultivares BRS 7981, FT 4182, CZ 48B28 e Extrema apresentavam-se em estágio reprodutivo mais avançado (R8) que as demais (Figura 2).



Figura 2. Ensaio de competição de cultivares de soja aos 101 dias após o plantio. Limoeiro de Anadia/AL, 2022.

Em relação às trocas gasosas referentes às taxas de transpiração (E), condutância estomática (gS) e fotossíntese (A), houve diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre cultivares dentro da mesma época e entre diferentes épocas dentro da mesma cultivar.

Na segunda época de avaliação (73 DAP) foram observadas as maiores taxas de transpiração (E) entre todas cultivares em relação às demais épocas avaliadas. As cultivares BRS 8383, BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, Pampeana 9310, 9510 e PV1 Alagoana foram as que apresentaram as maiores taxas transpiratórias (E) em relação aos outros genótipos, em pelo menos uma época de avaliação (Figura 3).

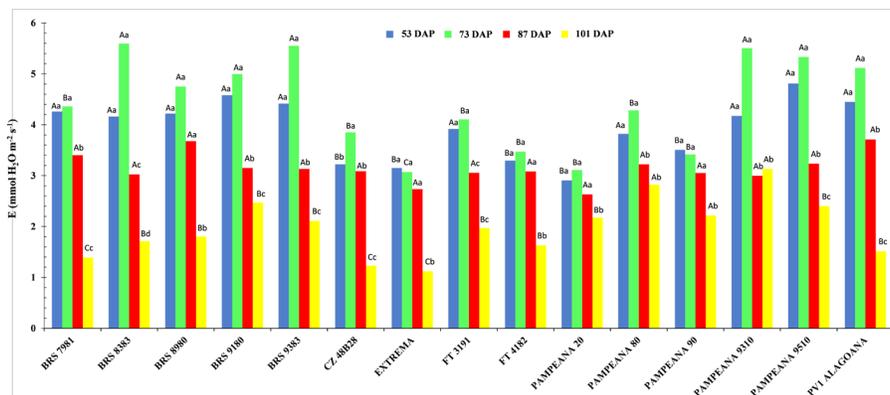


Figura 3. Transpiração durante o ciclo produtivo de cultivares de soja na Zona da Mata de Alagoas. Limoeiro de Anadia/AL, 2022.

Entre os fatores determinantes para o aumento da fotossíntese e da produtividade da soja, bem como de outros cultivos agrícolas, destaca-se a eficiência no uso da radiação solar. A soja, por ser uma planta C3, possui baixa capacidade de utilização da luz (ponto de saturação luminosa de cerca de $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) quando comparada com plantas do tipo C4. Em condições de baixos níveis de radiação solar, a soja utiliza vários mecanismos de adaptação. Outro fator a ser considerado na fase reprodutiva da cultura da soja é a taxa de enchimento de grãos, cujo valor é variável de acordo com a genética, a disponibilidade de fotoassimilados, a atividade dos tecidos dreno e o estágio fenológico das plantas. Normalmente, esses valores variam de 4,4 a 9,5 mg grão⁻¹ dia⁻¹ do estágio R5 ao estágio R7 (Guffy et al., 1991). Sob déficit hídrico moderado, ocorre decréscimo na taxa fotossintética, porém, as reações luminosas, de transporte de elétrons e de redução do NADP⁺ são mantidas, causando um desequilíbrio energético (Lawlor; Tezara, 2009).

Em relação às taxas de gS, na primeira época de avaliação (54 DAP) as cultivares BRS 9180, Extrema e FT 4182 apresentaram os maiores valores em relação às demais cultivares. As cultivares BRS 8383, BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, Pampeana 9310, 9510 e PV1 Alagoana apresentaram as maiores taxas de gS em relação aos demais materiais em pelo menos uma época de avaliação (Figura 4).

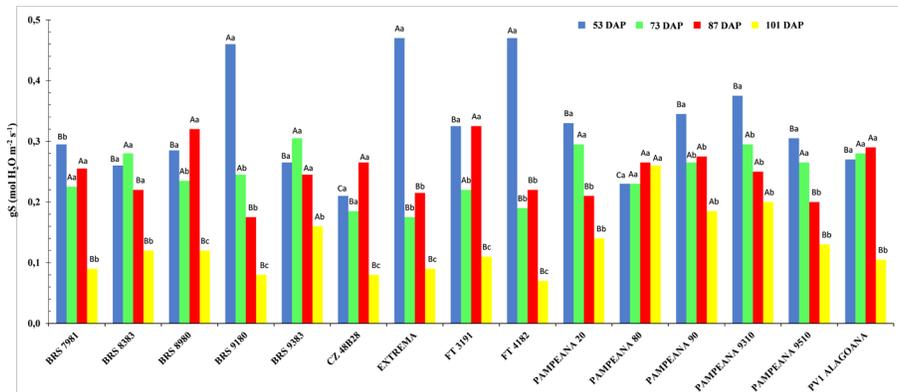


Figura 4. Condutância estomática durante o ciclo produtivo de cultivares de soja na Zona da Mata de Alagoas. Limoeiro de Anadia/AL, 2022.

O desenvolvimento e a produtividade da soja dependem diretamente das trocas gasosas realizadas pelas plantas, com assimilação de carbono e liberação de vapor d'água. No processo fotossintético, a água é requerida na liberação de prótons e elétrons da etapa fotoquímica, bem como na regulação da abertura estomática, possibilitando a absorção de dióxido de carbono e a mobilização de fotoassimilados (Chavarria; Santos, 2012). O potencial de rendimento alcançado por uma cultura é tanto maior quanto menores forem as limitações de nutrientes, água ou estresses bióticos (ervas daninhas, pragas e doenças). Assim, a taxa de crescimento da cultura é determinada pela radiação solar interceptada pelo dossel, pela temperatura, a captura de CO_2 atmosférico e por características genéticas próprias das cultivares (Tagliapietra et al., 2018).

As maiores taxas de fotossíntese (A) foram observadas na segunda época de avaliação (73 DAP), não sendo constatadas diferenças significativas entre cultivares. As taxas máximas de A foram observadas nas cultivares BRS 7981 aos 54 DAP ($23,6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e Pampeana 80 aos 73 DAP ($25,9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 5).

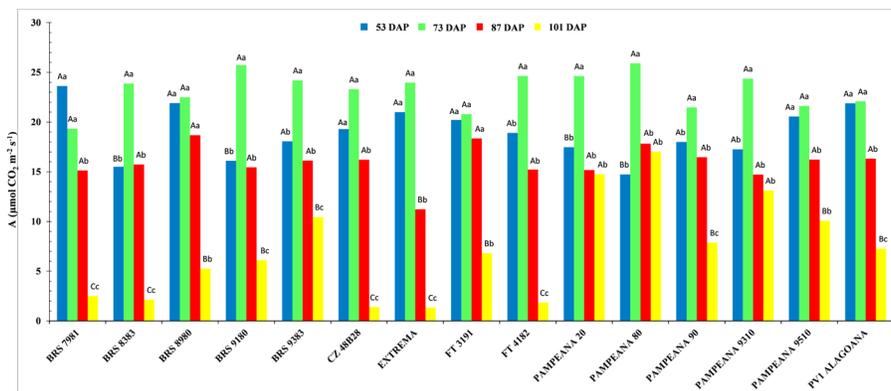


Figura 5. Fotossíntese (A) durante o ciclo produtivo de cultivares de soja na região da Zona da Mata de Alagoas. Limoeiro de Anadia/AL, 2022.

Durante a floração e o enchimento de grãos a atividade fotossintética aumenta, tendo em vista o aumento na quantidade de drenos. Portanto, a relação fonte-dreno é determinante na assimilação de carbono pela fotossíntese. Após o florescimento, o principal dreno são os grãos, em função do número e do seu potencial de crescimento e acúmulo de fotoassimilados. Próximo à fase de senescência das folhas, a fotossíntese atinge valores muito baixos ou nulos, devido à degradação da clorofila e a degeneração dos cloroplastos (Larcher, 2004). Importante ressaltar que, o processo fotossintético apresenta uma variação ao longo do dia, especialmente nas plantas de metabolismo C3, como a soja, cujos primeiros produtos estáveis são duas moléculas de 3 carbonos (3-fosfoglicerato). Nestas plantas, a fotossíntese aumenta até próximo das 11 horas da manhã, quando passa a decrescer, num processo chamado depleção fotossintética. Nesse período, devido à elevada intensidade de radiação solar, altas temperaturas e grande demanda evaporativa, a maior parte dos estômatos tende a fechar. Concomitantemente à redução da atividade fotossintética ocorre o aumento da respiração, levando ao consumo de uma parcela considerável dos carboidratos formados na fotossíntese (Fagan et al., 2020).

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 os

estádios R1 e R3 nas cultivares com crescimento determinado, e entre os estádios R3 e R5 nas de crescimento indeterminadas.

O IAF máximo das cultivares de soja foi observado na segunda época de avaliação (73 DAP). As cultivares BRS 8980, BRS 9180, BRS 9383, Pampeana 9310, Pampeana 9510 e PV1 Alagoana apresentaram os maiores IAF em relação aos demais materiais em pelo menos uma época de avaliação (Figura 6).

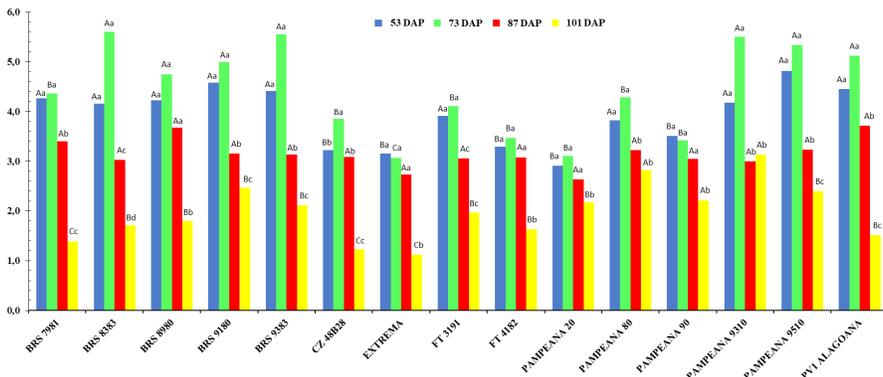


Figura 6. Índice de área foliar (IAF) ao longo do ciclo de desenvolvimento de cultivares de soja na Zona da Mata de Alagoas. Limoeiro de Anadia/AL, 2022.

O aumento no IAF para atingir altos rendimentos em cultivares modernas de soja pode ser explicado pelo aumento das reservas de nitrogênio (N) na planta, um nutriente essencial, especialmente na fase de enchimento de grãos e pré-requisito fundamental para a obtenção de altos rendimentos de grãos (Salvagiotti et al., 2008). Tagliapietra et al. (2018) observaram que os máximos rendimentos na produção de grãos ocorreram quando os valores de IAF máximo foram de 6,0 e 6,5. A fase de enchimento coincide com o máximo IAF, quando também passa a ocorrer à redistribuição de nutrientes minerais, carboidratos e compostos nitrogenados aos grãos das folhas senescentes e do caule (Board et al., 2010). A senescência foliar pode ser iniciada por fatores internos como a idade e as alterações na relação fonte/dreno no início do florescimento ou na fixação de frutos, ou externos, como a deficiência hídrica, o ataque de patógenos, as temperaturas elevadas e a luminosidade.

Avaliações biométricas e de produção de grãos

O peso de 100 grãos a 13% de umidade foi maior nas cultivares Pampeana 9310 (18,69 g), BRS 7981 (18,52 g), Extrema (17,47 g) e FT 4182 (17,45 g) em relação aos demais materiais (Tabela 2). Para a altura de planta as cultivares com maior estatura foram: FT 3191 (96,4 cm), Pampeana 20 (87,2 cm), Pampeana 80 (104,8 cm) e Pampeana 9310 (88,4 cm). As cultivares BRS 7981 (7,7 cm), BRS 8383 (7,3 cm) e CZ 48B28 (8,4 cm) foram as que apresentaram as menores alturas de inserção da primeira vagem. Quanto aos índices de acamamento, os maiores valores foram observados na Pampeana 80, PV1 Alagoana e Pampeana 9310. A cultivares mais produtivas foram: BRS 7981 (3.667 t ha⁻¹), CZ 48B28 (3.425 t ha⁻¹) e FT 4182 (3.231 t ha⁻¹) (Tabela 2).

Tabela 2. Peso de 100 grãos, altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, índice de acamamento e produção de grãos em cultivares de soja. Anadia/AL, 2022.

Cultivar	Peso de 100 grãos 13% de umidade (g)	Altura de planta (cm)	Altura de inserção da 1ª vagem (cm)	Índice de Acamamento*	Produção (t ha ⁻¹)
BRS 7981	18,52 a	63,0 b	7,7 b	1	3.667 a
BRS 8383	14,10 b	55,8 c	7,3 b	1	2.877 b
BRS 8980	14,35 b	71,8 b	10,0 a	2	2.861 b
BRS 9180	13,80 b	67,7 b	9,5 a	1	2.866 b
BRS 9383	14,54 b	69,7 b	10,0 a	2	2.490 c
CZ 48B28	16,33 b	61,7 c	8,4 b	1	3.425 a
Extrema	17,47 a	60,5 c	9,4 a	1	3.003 b
FT 3191	15,83 b	96,4 a	11,4 a	1	2.436 c
FT 4182	17,45 a	77,4 b	10,2 a	1	3.231 a
Pampeana 20	14,66 b	87,2 a	12,0 a	2	2.449 c
Pampeana 80	12,68 b	104,8 a	13,8 a	4	2.407 c
Pampeana 90	12,96 b	77,8 b	10,4 a	2	2.422 c
Pampeana 9310	18,69 a	88,4 a	10,3 a	3	2.494 c
Pampeana 9510	14,52 b	77,3 b	10,3 a	1	2.495 b
PV1 Alagoana	11,26 b	72,2 b	10,3 a	3	2.542 c

* Escala de acamamento (Bernard et al., 1965), com valores entre 1 (todas as plantas eretas) e 5 (todas as plantas acamadas).

Para Procópio et al. (2017) a altura média das plantas de soja das cultivares BRS avaliadas nos Tabuleiros Costeiros do Sealba variou de 44 a 59 cm e a altura de inserção da primeira vagem das cultivares BRS avaliadas variou de 12 cm a 15 cm em média.

A altura de plantas é uma característica importante considerando-se sua relação com a produtividade, controle de plantas daninhas, acamamento e colheita mecânica. Importante considerar que plantas baixas levam a formação de vagens com altura de inserção também baixa, o que prejudica a colheita mecânica. O maior porte das plantas contribui com o tombamento e/ou acamamento das cultivares (Tagliapietra et al., 2018). Em relação à altura de inserção da primeira vagem, Sedyama et al. (1999) apontam que a altura ideal deve estar entre 10 e 12 cm para que não haja perdas na colheita.

Conclusões

As cultivares apresentam diferenças nas suas taxas transpiratória, de condutância estomática e de fotossíntese durante diferentes estádios de desenvolvimento.

Com base nas avaliações do ciclo de produção 2021/2022, as cultivares de soja que apresentam as maiores produções de grãos na região da Zona da Mata de Alagoas são a BRS 7981 (3.667 t ha⁻¹), a CZ 48B28 (3.425 t ha⁻¹) e a FT 4182 (3.231 t ha⁻¹).

A cultivar FT 4182 apresenta melhor adaptação na região, com características como elevado peso de 100 grãos (17,45 g), alta produtividade e elevada altura de inserção de 1ª vagem (10,2 cm), o que favorece a colheita mecanizada.

Agradecimentos

Ao produtor rural Sr. Félix Simonetti pela cessão da área experimental e apoio técnico para condução do ensaio e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo auxílio na concessão de bolsas de estudo e financiamento de projetos.

Referências

- BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W.; LAWRENCE, R. D. (ed.). **Result of the cooperative uniform soybeans tests**. Washington: USDA, 1965. 134 p.
- BOARD, J. E.; KUMUDINI, S.; OMIELAN, J.; PRIOR, E.; KAHLON, C. S. Yield response of soybean to partial and total defoliation during the seed-filling period. **Crop Science**, v. 50, p.703–712, 2010.
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: safra 2021/22**. Brasília, DF, v. 9, n. 12, set., 2022.
- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Plant water relations: absorption, transport and control mechanisms. In: MONTANARO, G.; DICHIO, B. (org.). **Advances in selected plant physiology aspects**. Rijeka: Intech, 2012. v. 1, p. 105-132.
- FAGAN, E. B.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O.; TEIXEIRA, W. F.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia da produção de soja**. São Paulo: Andrei, 2020. 274 p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 12 p. (Special Report, 80).
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer Statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GUFFY, R. D.; HESKETH, J. D.; NELSON, R. L.; BERNARD, R. L. Seed growth rate, growth duration, and yield in soybean. **Biotronics**, v. 20, p. 19-30, 1991.
- HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C.; BALBINOT JUNIOR, A. A. **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 5**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 120 p. (Embrapa Soja. Documentos, 405).
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004. 531 p.
- LAWLOR, D. W.; TEZARA, W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. **Annals of Botany**, v. 103, p. 561-579, 2009.
- PROCÓPIO, S. O.; SANTIAGO, A. D.; CASTRO, C.; BUENO, A. F.; SOARES, R. M. **Recomendações técnicas para a produção de soja na região agrícola do Sealba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2022. 74 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 94).

PROCOPIO, S. O.; SANTIAGO, A. D.; CARVALHO, H. W. L. de; CRUZ, M. A. S. **Estudos de cultivares de soja na região dos Tabuleiros Costeiros do Sealba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 223).

PROCOPIO, S. O.; SANTIAGO, A. D.; CARVALHO, H. W. L. de. **Desempenho e recomendação de cultivares de soja BRS para a região agreste do Sealba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 86).

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K. G.; SPECHT, J. E.; WALTERS, D. T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. R. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. **Field Crops Research**, v. 108, p. 1-13, 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A.; NENDEL, C. The Soybean yield gap in Brazil: magnitude, causes and possible solutions for a sustainable production. **Journal of Agriculture Science**, v. 153, p. 1394-1411, 2015.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 96 p. Parte 1.

TAGLIAPIETRA, E. L.; STRECK, N. A.; DA ROCHA, T. S. M.; RICHTER, G. L.; da SILVA, M. R.; GUEDES, J. V. C.; ZANON, A. J. Optimum Leaf Area Index to Reach Soybean Yield Potential in Subtropical Environment. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 3, 2018.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; RICHTER, G. L.; BECKER, C. C.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, A. P.; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER P. S.; Branches contribution and leaf area index evolution in modern cultivars of soybean. **Bragantia**, v. 74, p. 279-290, 2015.



Tabuleiros Costeiros