

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE AGRONOMIA

ÂNGELA APARECIDA CARLESO

**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE FOLHAS DE SOJA E SUA
RELAÇÃO COM O DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2018

ÂNGELA APARECIDA CARLESO

**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE FOLHAS DE SOJA E SUA
RELAÇÃO COM O DESEMPENHO AGRÔNOMICO DA CULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Carlos André Bahry

DOIS VIZINHOS

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE FOLHAS DE SOJA E SUA RELAÇÃO COM O DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA

ÂNGELA APARECIDA CARLESO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em vinte de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de “Engenheira Agrônomo”. A candidata foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Carlos André Bahry
UTFPR -DV
(Orientador)

Prof. Dra. Angélica Signor Mendes
UTFPR-DV
(Responsável pelos Trabalhos de
Conclusão de Curso)

Prof. Dra. Anelise Perboni
UTFPR –DV
Membro titular

Prof. Dr. Lucas Domingues
Coordenador(a) do Curso
UTFPR – DV

Prof. Jheniffer V. Warmling
UTFPR –DV
Membro titular

RESUMO

CARLESO, Ângela Aparecida. **Características morfofisiológicas de folhas de soja e sua relação com o desempenho agrônomo da cultura.** 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso I. Bacharelado em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2018.

Caracteres secundários das cultivares de soja, como tamanho de folha, trocas gasosas e área foliar podem contribuir com o potencial produtivo da cultura em condição de campo. O Objetivo do trabalho foi avaliar os parâmetros produtivos de três cultivares de soja contrastantes em função das características morfofisiológicas das folhas. O experimento foi realizado na UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos, PR, em duas safras, 15/16 e 16/17. As cultivares utilizadas foram: BS 2601 RR[®] (folha mais lanceolada, menor); NS 6006 IPRO[®] (folhas mais triangulares, intermediárias) e a linhagem pré-comercial CI 21 IPRO[®] (folha mais ovalada, maior). As análises realizadas no florescimento das plantas (R₁-R₂) foram: trocas gasosas, índice de clorofila, área foliar, comprimento e largura das folhas e comprimento do peciólulo. No momento da colheita, avaliaram-se, de cinco plantas colhidas aleatoriamente nas parcelas, os componentes: altura de inserção de primeira vagem na haste principal, altura de planta, número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem. A produtividade de grãos e a massa de mil grãos foram determinadas da área útil colhida em cada parcela. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, e comparados em um bifatorial, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade. A fotossíntese, por unidade de folha, foi maior no ano 2, podendo estar relacionada à maior condutância estomática, maior teor de clorofila, menor transpiração e menor área foliar das plantas, de uma forma geral, neste ano. A cultivar de folha lanceolada, BS 2601, apresentou maior produtividade de grãos, em função do maior número de grãos por planta e massa de mil grãos elevada nos dois anos. Além disso, foi a que obteve menor área foliar e menor transpiração. O genótipo com maior estabilidade produtiva foi a NS 6006, porém, não conferindo esta característica, maior potencial produtivo.

Palavras-Chave: Tipos de folhas de soja. Trocas Gasosas. Clorofila. Produtividade.

ABSTRACT

CARLESO, Ângela Aparecida. **Morphophysiological characteristics of leaf of soybean and its relation with agronomic performance of culture.** 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso I. Bacharelado em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2018.

Secondary characters of soybean cultivars, such as sheet size, gas exchange and leaf area can contribute to the productive potential of culture in field condition. The aim of this work was to evaluate the productive parameters of three soybean cultivars contrasting morphological traits of the leaves. The experiment was conducted at UTFPR Dois Vizinhos, PR, in two seasons, 15/16 and 16/17. The cultivars used were: BS 2601 RR® (more lanceolate leaf, smaller); NS 6006 IPRO® (triangular leaves, intermediate) and the lineage IC 21 IPRO® (more oval leaf, larger). The analysis on the flowering plants (R1-R2) were: gas exchange, chlorophyll index, leaf area, leaf length and width and length of the petiole. At the time of collection, we evaluated, five plants taken randomly, plots the components: height first insertion pod on the main stem, plant height, number of pods per plant, number of grains per plant and number of grains per pod. The grain productivity and the mass of thousand grains were determined the area harvested in each installment. The experimental design used was the random blocks with four replications. The data were subjected to analysis of variance, and compared in a bifatorial, by Duncan, the 5% probability. The cultivar of lanceolate leaf, BS 2601, showed the highest productivity of grain, according to present a greater number of grains per plant than the other. Photosynthesis, per leaf unit, was higher in year 2, and may be related to the greater stomatal conductance, higher chlorophyll content, lower transpiration and lower leaf area of the plants, in general, this year. The lanceolate leaf cultivar, BS 2601, presented higher grain yield, due to the higher number of grains per plant and a thousand grain mass during two years. In addition, it was the one that obtained lower leaf area and lower sweating. The genotype with the highest productive stability was the NS 6006, but, not conferring this characteristic, greater productive potential.

Keywords: Types of soybean leaves. Gas Exchange. Chlorophyll. Productivity.

FIGURAS

- Figura 1.** Média de radiação solar em (MJ/m²) de cada dez dias, do período de novembro a abril das duas safras agrícolas, 2015/16 e 1016/17. 29
- Figura 2.** Média de temperatura (°C), pluviosidade (mm) e Umidade Relativa (%) do período compreendido entre outubro e março para os dois anos agrícolas, 2015/16 e 1016/17 34
- Figura 3.** Análise de adaptabilidade e estabilidade produtiva baseada na Anova, pelo método de Wricke (1965), para três genótipos de soja e dois anos de cultivo. 44

TABELAS

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância da fotossíntese (Fotoss) $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, condutância estomática (Cond) $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, concentração intercelular de carbono (CI) $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$, transpiração (Tr) $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, eficiência de carboxilação (EC) e eficiência no uso da água (EUA) em três cultivares de soja e dois anos de cultivo. 26
- Tabela 2.** Dados médios de fotossíntese em função dos anos de cultivo..... 27
- Tabela 3.** Dados médios de condutância estomática e transpiração em função da interação entre cultivares de soja e anos de cultivo. 27
- Tabela 4.** Dados médios da eficiência no uso da água (EUA) da soja em função dos anos de cultivo..... 30
- Tabela 5.** Dados médios de concentração intercelular de carbono (CI) e eficiência de carboxilação (EC) em função dos anos de cultivo..... 31
- Tabela 6.** Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total em função da interação entre cultivares e anos de cultivo em três cultivares de soja e dois anos de cultivo. 31
- Tabela 7.** Dados médios dos teores de Clorofila a, clorofila b e clorofila total em função da interação entre cultivares de soja e anos de cultivo. 32
- Tabela 8.** Resumo da análise de variância para o comprimento de peciólulo (CompPe), comprimento de folha (CompFo), largura de folha (LargFo), relação largura/comprimento (L/C), relação comprimento/largura (C/L) e área foliar por planta (AF) em função da interação entre cultivares e anos de cultivo. 34
- Tabela 9:** Dados médios de comprimento de folha e largura de folha de cultivares de soja em função dos anos de cultivo. 35

Tabela 10. Dados médios de relação de largura/comprimento (L/C) e relação comprimento/largura (C/L) de folhas de cultivares de soja em função do ano de cultivo.	36
Tabela 11. Dados médios de área foliar de cultivares de soja, por unidade de planta, em função dos anos de cultivo.	37
Tabela 12. Resumo da análise de variância para a altura de planta (AP), altura de inserção de primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos em função da interação entre cultivares e anos de cultivo.	38
Tabela 13. Dados médios de altura de plantas em função da interação entre cultivares e anos de cultivo, e inserção de primeira vagem e número de vagens por planta em função das cultivares.	39
Tabela 14. Dados médios de número de grãos por planta (NGP) e massa de mil grãos (MMG) em função das cultivares e dos anos de cultivo.....	41
Tabela 15. Dados médio de produtividade de grãos e adaptabilidade e estabilidade em função das cultivares testadas.	43

ABREVIATURAS

A	Fotossíntese
AP	Altura de Planta
IPV	Inserção de Primeira Vagem
NPV	Número de Vagens por Planta
NGP	Número de Grãos por Planta
NGV	Número de Grãos por Vagem
MMG	Massa de Mil Grãos
PRODU	Produtividade
ClorA	Clorofila <i>a</i>
ClorB	Clorofila <i>b</i>
ClorT	Clorofila <i>total</i>
Gs	Condutância estomática
CI	Codificada interna
Ci	Concentração intercelular de Carbono
ter	Transpiração
EC	Eficiência de carboxilação
EUA	Eficiência no uso da água
CompPe	Comprimento de peciólulo
CompFo	Comprimento de folha
LargFo	Largura de folha
L/C	Relação largura/comprimento
C/L	Relação comprimento/largura
AF	Área foliar
Wi	Ecovalência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
4 OBJETIVOS	13
4.1 OBJETIVO GERAL.....	13
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
5 REVISÃO DE LITERATURA	14
5.1 A CULTURA DA SOJA	14
5.2 FOTOSSÍNTESE	15
5.3 RADIAÇÃO SOLAR.....	16
5.4 ÁREA FOLIAR.....	17
5.4 FATORES ESTRESSANTES	18
5.5 CULTIVARES MODERNAS.....	19
5.6 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES.....	20
6 MATERIAL E MÉTODOS	21
6.1 LOCAL DE ENSAIO	21
6.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	21
6.2.1 Manejo de plantas de cobertura e daninhas em pré-semeadura	21
6.2.2 Cultivares utilizadas	21
6.2.3 Tratamento de sementes	22
6.2.4 Adubação.....	22
6.2.5 Semeadura	22
6.2.6 Manejo de plantas daninhas em pós emergência.....	23
6.2.7 Manejo fitossanitário	23
6.3 AVALIAÇÕES.....	23
6.3.1 Trocas gasosas.....	23
6.3.2 Teor de clorofila	24
6.3.3 Características morfológicas das folhas	24
6.3.4 Área foliar.....	24
6.4 COLHEITA DA PARCELA.....	24
6.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
8 CONCLUSÃO	46
9 REFERENCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A soja é a oleaginosa de maior importância mundial, especialmente como fonte de proteína e óleo vegetal para indústria alimentícia (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

No Brasil, a cultura se destaca no setor da economia, sendo a principal *commodity*, devido à sua rentabilidade e demanda internacional. O país é hoje o segundo maior produtor mundial do grão, obtendo, nesta última safra de 2017/2018, uma produção de 107 milhões de toneladas, representando 31,04 % de toda a produção de grãos nacional (CONAB, 2017).

Hoje, a soja é cultivada, praticamente, em todo o território nacional, sendo que uma série de eventos tem impulsionado a expansão da cultura no território brasileiro, como a demanda por alimentos, a facilidade de mecanização e a nutrição animal. A partir desses fatores, tem se manifestado a necessidade de estratégias que levem ao aumento da produção (CÂMARA, 2016).

As plantas de soja possuem uma diversidade de características morfofisiológicas que diferem uma cultivar das outras, e que podem influenciar na produtividade. O tipo de folha é um exemplo de característica que varia com o genótipo, sendo a maior parte das cultivares atuais com folhas ovaladas à triangulares (CASTRO; KLUNGE; SESTARI, 2008).

Nos últimos anos, muitos genes que estão envolvidos nos processos de desenvolvimento da morfogênese foliar foram identificados (HIROKAZU, 2005). Um gene de característica importante, porém, sem estudos na literatura brasileira, é o que confere a característica de folha estreita em cultivares de soja. Tal característica é expressa pelo gene recessivo *ln*, que por sua vez, também está diretamente ligado à expressão do número de sementes por vagem (JEONG et al., 2012).

Além disso, a característica de folha lanceolada em soja também está relacionada a uma melhor arquitetura de planta, em que o arranjo de suas folhas no dossel resulta em uma maior distribuição interna da radiação solar. Dessa maneira, as folhas localizadas nas camadas mais inferiores do dossel tornam-se mais favorecidas com a penetração da radiação e, portanto, passam, a contribuir mais significativamente com a fotossíntese, ou seja,

contribuem de forma mais ativa com o aumento da produtividade de plantas (JOHSTON et al., 1969).

Neste contexto, percebe-se a importância do conhecimento das características morfofisiológicas das folhas, bem como a capacidade de um possível avanço genético, visando aumentar a produtividade e melhorar a arquitetura das plantas, a fim de favorecer a tecnologia de aplicação, bem como a produtividade da cultura intrínseca ao genótipo.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os parâmetros produtivos e fisiológicos de três cultivares de soja contrastantes em função das características morfofisiológicas das folhas, em duas safras agrícolas.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Correlacionar a capacidade fotossintética das folhas de soja com características morfofisiológicas.

Avaliar a relação existente entre o tipo de folha de soja e área foliar.

Verificar a estabilidade de comportamento das cultivares avaliadas.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* L.) é uma oleaginosa anual, herbácea e de dia curto, com ciclo variando de 70 a 200 dias. Se adapta melhor em temperaturas entre 20 e 30°C, sendo a ideal em torno de 30°C (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015). O mesmo autor indica que temperaturas acima de 40°C tem efeito adverso na taxa de crescimento, causando abscisão floral e diminuição da capacidade de retenção das vagens podendo, esses problemas, serem acentuados com o déficit hídrico (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

Inicialmente, estabelecem-se os cotilédones, na sequência, folhas primárias unifolioladas e, por fim, os trifólios. O formato foliar varia com o genótipo, sendo que a maior parte das cultivares atuais possuem folhas ovaladas a triangulares (CASTRO; KLUNGE; SESTARI, 2008).

A estatura das plantas de soja varia, dependendo das condições do ambiente e, principalmente, da cultivar em questão. A estatura ideal está entre 0,60 a 1,10 m, o que, em lavouras comerciais, pode facilitar a colheita mecânica e evitar o acamamento. As cultivares brasileiras de soja são classificadas em grupos de maturidade relativa (GMR), com base no seu ciclo em dias, variando conforme a região (NEUMAIER et al., 2015).

A cultura da soja é muito sensível à disponibilidade hídrica, principalmente em dois períodos de seu desenvolvimento, germinação-emergência e floração-enchimento de grãos (MENDES, 2014).

É importante que se tenha conhecimento detalhado sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas de soja, bem como suas exigências edafoclimáticas, buscando aproveitar suas características positivas para melhorar o desempenho da cultura. Uma das principais características das plantas que garante alto potencial produtivo é a capacidade fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2013).

5.2 FOTOSSÍNTESE

Os organismos fotossintéticos captam, por meio das moléculas de clorofila, a energia solar, e a utilizam para oxidar H_2O , liberando O_2 , a fim de reduzir CO_2 e produzir compostos orgânicos, como açúcares. Esta energia estocada nas moléculas orgânicas é utilizada nos processos celulares da planta, e serve como fonte de energia para seu desenvolvimento (LACERDA; FILHO; PINHEIRO, 2007).

De acordo com Pereira (2002), a taxa fotossintética da cultura da soja aumenta gradativamente do estágio vegetativo para o reprodutivo, atingindo valores máximos no período de enchimento de grãos, acompanhado pelo aumento da taxa respiratória. Além disso, a planta incrementa a fotossíntese a partir do momento em que a demanda por fotoassimilados aumenta. Esse fato pode ser observado no estágio de enchimento de grãos, que são drenos prioritários da planta.

A correlação positiva entre a fotossíntese e a produtividade na soja sugere que a melhoria da eficiência fotossintética pode ser um alvo promissor para novos ganhos de produtividade (AINSWORTH et al., 2011).

Na cultura de soja, a fase crítica para produção de grãos é situada entre os estádios R1 e R6. Nesse sentido, aumento da fotossíntese nesses estádios pode resultar em aumentos de produtividade, isso se deve porque os carboidratos produzidos na parte aérea, pela fotossíntese, além de encaminhar os fotoassimilados para os grãos, disponibilizam energia para os processos de absorção de nutrientes pelas plantas, especialmente o nitrogênio, que auxilia no processo de enchimento de grãos (FAGAN et al., 2010).

Segundo Castro; Klunge; Sestari (2008), os genótipos de soja diferem entre si quanto ao potencial fotossintético. De fato, a maior taxa fotossintética está relacionada à menor fotorrespiração, no entanto as variações genotípicas ligadas à fotossíntese podem estar relacionadas tanto à condutividade estomática quanto aos fatores internos da folha, como resistência da passagem do CO_2 pelo mesófilo.

Para que o processo de fotossíntese seja efetivo, vários fatores estão interligados, sendo o principal a capacidade de absorção de energia luminosa pelas folhas, que varia conforme a capacidade de captação, a área foliar e a

interferência do sombreamento das folhas (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

5.3 RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é o fator que está diretamente relacionado com a fotossíntese, Além disso, para a cultura da soja, a radiação solar está relacionada também com a alongação da haste principal e ramificações, expansão foliar, indução do florescimento da cultura, pegamento de vagens e grãos e fixação biológica (CÂMARA, 2000).

Embora o aumento do índice de área foliar represente maior capacidade de captação de energia solar auxiliando no processo fotossintético, em uma visão mais apurada de Lopes; Lima (2015), à medida que a área foliar aumenta, a taxa assimilatória líquida de radiação decresce, fato esse atribuído ao auto sombreamento entre as folhas.

Para que haja aumento na taxa de assimilação líquida de CO_2 é necessário que ocorra interceptação de luz gradual nos três terços das plantas, de maneira que a totalidade das folhas possa contribuir para a taxa de fotossíntese líquida, e não somente as folhas superiores (LOPES; LIMA, 2015).

Segundo Taiz; Zeiger (2013), folhas mantidas verticalmente pelo caule, configuram um dossel que possibilita o contato de mais folhas com a luz e, desta forma, absorvem a energia luminosa em maior proporção, influenciando as taxas fotossintéticas. As folhas sombreadas por outras estão expostas a níveis mais baixos de luz, pois recebem fluxos fotônicos subsaturantes, tendo assim taxas fotossintéticas mais baixas.

De acordo com Singh et al. (1974) apud Casaroli et al. (2007), ao avaliar características fotossintéticas de diferentes espécies de plantas C_3 e C_4 , cultivadas sob diferentes intensidades luminosas (30%, 50% e 70% de sombreamento), observaram respostas distintas de diferentes espécies em função de níveis de radiação, sendo que, plantas de soja expostas ao pleno sol apresentaram maior taxa fotossintética em relação às plantas sombreadas.

Para a planta, a radiação não é apenas uma fonte de energia (efeito fotoenergético), mas também serve para o estímulo do seu desenvolvimento

(efeito fotocibernético), sendo que, às vezes, também funciona como um fator estressante (efeito fotodestrutivo) (LARCHER, 2000).

5.4 ÁREA FOLIAR

A determinação da área foliar é importante na avaliação da eficiência fotossintética das plantas, na determinação de danos bióticos e abióticos na cultura, em estudos de análise de crescimento e, por ser um grande condicionante da produtividade da soja (SETIYONO et al., 2008).

Com o tempo, conforme a área foliar aumenta, a taxa de interceptação de luz e fotossíntese também aumentam, assim como a taxa de crescimento absoluto da planta. Esse aumento continua até o fechamento completo do dossel (SHIBLES; WERBER, 1965).

Há de se considerar que o aumento da área foliar acima de certo ponto não resulta mais em ganho de produtividade, seja pelo auto sombreamento das folhas, diminuindo as taxas fotossintéticas das folhas sombreadas e estimulando a senescência antecipada, seja pelo aumento da respiração, uma vez que o balanço entre essa e a fotossíntese torna-se limitante para a eficiência da produção (CORRÊA, 2008).

Em estudo desenvolvido por Purcell et al. (2002), avaliou-se a eficiência do uso de radiação e produção de biomassa da soja, em diferentes populações de plantas. Os autores observaram que a soma de luz interceptada, acumulada no cultivo da soja, depende da quantidade diária de radiação fotossinteticamente ativa, do número de dias de acúmulo de luz e da quantidade de luz interceptada diariamente pelo cultivo, sendo que a eficiência do uso de radiação decresceu com o aumento da população de plantas, devido ao sombreamento entre as folhas, ocasionando a senescência de folhas inferiores.

Além disso, Lacerda (2007) destaca que, folhas menores possuem menores camadas de ar limitrofes, o que facilita as trocas de calor por convecção entre a folha e o ar. Isso permite a manutenção da temperatura da folha igual ou menor que a temperatura do ar, mesmo quando a transpiração é muito baixa (estômatos fechados).

Nesse contexto, percebe-se que plantas com área foliar menor, podem contribuir com o aumento da produtividade da soja, pois o simples fato de evitar parcialmente o sombreamento entre as folhas, promove maior interceptação de luz pelo dossel.

5.4 FATORES ESTRESSANTES

Quantidades excessivas de radiação fotossinteticamente ativa e, o aumento da absorção da radiação ultravioleta, produzem uma situação de estresse para a planta. A forte radiação dispõe de uma quantidade de energia fotoquímica maior que a capacidade de utilização dessa energia na fotossíntese, resultando em baixa utilização quântica, baixo rendimento assimilatório e fotoinibição (LARCHER, 2000).

A fotoinibição ocasiona o desvio da energia luminosa absorvida para a dissipação na forma de calor, porém, esse desvio é geralmente temporário e a capacidade fotossintética pode retornar à eficiência máxima novamente. Em condições de estresse persistente, ocorre a fotoinibição crônica, ou seja, haverá dano ao cloroplasto resultante da luz excessiva ou da falha dos mecanismos protetores (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Dentre os principais fatores estressantes que reduzem a capacidade fotossintética destaca-se também o aumento da temperatura, principalmente em plantas C_3 , como a soja, em que as maiores taxas de fotossíntese são obtidas na faixa de temperatura entre 20 a 30°C. Acréscimos na temperatura ótima reduzem a capacidade fotossintética porque causam redução na relação CO_2/O_2 , favorecendo a fotorrespiração (MARENCO; LOPES, 2009). O aumento da temperatura promove maior respiração em detrimento à fotossíntese e, por essa razão, a produtividade diminui (FLOSS, 2006).

Em estudo realizado por Djanaguiraman (2010), plantas de soja foram expostas à alta temperatura diurna/noturna (38/28°C) e a temperatura ótima (28/18°C), durante 14 dias, no estágio de floração R_2 , o estresse às altas temperaturas ocasionou significativa redução da taxa fotossintética e da condutância estomática, em 20,2 e 12,8%, respectivamente, em comparação com os níveis de temperatura ótima para a cultura.

Segundo Marenco; Lopes (2009), a taxa de fotorrespiração aumenta com a temperatura, sendo que, em dias ensolarados e com temperatura amena (aproximadamente 25°C), estima-se que 20 a 25% do carbono fixado pela fotossíntese seja perdido neste processo.

O efeito da radiação excessiva pode ser minimizado com a arquitetura de planta, formando uma condição de escape, como por exemplo, o posicionamento da folha em um determinado ângulo, de forma que a mesma receba menos energia solar; a densidade e cobertura de pubescência foliar; ou, a espessura da parede celular nos tecidos da epiderme, agindo como filtros capazes de modificar a radiação direta em luz difusa, minimizando os efeitos da radiação intensa (LARCHER, 2000).

5.5 CULTIVARES MODERNAS

Devido à importância econômica da cultura da soja para o Brasil, são lançadas anualmente novas cultivares de soja, passando por mudanças expressivas quanto às características de genótipos. Desta forma, estudos básicos que auxiliem no melhor entendimento de aspectos relacionados ao crescimento e ao desenvolvimento dessas novas cultivares devem ser realizados de forma constante (VERNETTI; VERNETTI JUNIOR, 2009).

O melhoramento genético da cultura da soja deve procurar aumentar a taxa de fixação do carbono e/ou reduzir a taxa de fotorrespiração, tendo como meta o aumento do rendimento da cultura (LOPES; LIMA, 2015).

No sul do Brasil, cultivares com tipo de crescimento determinado, ciclo médio a tardio, e semeaduras a partir de meados de novembro perderam espaço. Houve migração para genótipos de tipo indeterminado, de grupo de maturidade relativa (GMR) de 5.0 a 6.5, e concentração de semeadura em outubro.

Essas mudanças, além de intensificar os cultivos, possibilitaram ganhos em rendimento de grãos. Isso se deve ao fato de que as novas cultivares apresentam ciclo menor, menor porte, e assim, menor acamamento potencial, além de arquitetura mais compacta, permitindo ajustes no arranjo de plantas, que contribuem com a maior interceptação de radiação solar pelo dossel (STRIEDER et al., 2013; JOHSTON et al., 1969).

5.6 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES

Para explorar melhor o potencial produtivo de uma cultivar, o fenótipo de soja a ser selecionado depende do genótipo, do ambiente e da interação do genótipo x ambiente. Tal interação, gera diferentes resultados no desempenho dos materiais nos vários ambientes, em resposta às mudanças ambientais (BARROS et al., 2012).

A busca por novos genótipos de interesse agrônômico tem sido o principal foco dos programas de melhoramento, em que o sucesso da seleção de genótipos superiores depende da adaptação dos mesmos a diferentes ambientes de cultivo (DIAS et al., 2017).

Adaptabilidade é a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto a estabilidade é a capacidade dos genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

A interação genótipos x ambiente constitui-se em um dos maiores problemas relacionado à seleção no melhoramento genético, bem como no posicionamento de cultivares (BARROS et. al., 2010). Para tanto, faz-se necessário um estudo de adaptabilidade e estabilidade de cultivares para analisar sua interação com o ambiente, para que a análise de potencial produtivo de determinado genótipo não fique restrita às características morfológicas e fisiológicas das plantas.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 LOCAL DE ENSAIO

Os ensaios foram conduzidos na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, em duas safras agrícolas, sendo uma em 2016/17 e outra na safra 2017/18. A altitude do local é de 509 metros, latitude de 25°41'52" S e longitude 53°03'94" W. O clima é classificado como Cfa – Clima subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca definida. A temperatura média anual fica em torno de 20 a 22°C. O verão é quente e as geadas são pouco frequentes no inverno (IAPAR, 2009).

O solo predominante no local é tipo Latossolo Vermelho Distroférrico típico (EMBRAPA, 2006).

6.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

6.2.1 Manejo de plantas de cobertura e daninhas em pré-semeadura

Quanto ao manejo que antecedeu a implantação dos ensaios, foi realizada a dessecação da aveia por meio de pulverizador tratorizado. Os produtos utilizados foram herbicidas com princípio ativo à base de glifosato, na dose de 3 L ha⁻¹, e de 2,4-D, na dose de 1,5 L ha⁻¹, para controle da aveia, bem como de plantas daninhas, sendo realizado quinze dias antes da implantação de cada experimento.

6.2.2 Cultivares utilizadas

As cultivares utilizadas nos experimentos foram: BS 2601 RR[®], NS 6006 IPRO[®] e a linhagem 21 IPRO.

A cultivar BS 2601 apresenta nos três terços, folhas mais lanceoladas, sendo mais estreitas e compridas. A cultivar NS 6006 possui tipo de folha intermediária, com formato mais triangular. Já a linhagem CI 21 possui formato de folha ovalado e maior tamanho.

6.2.3 Tratamento de sementes

O tratamento de sementes foi realizado com fungicida + inseticida com princípio ativo cropstar + protreat, na dose de 3 mL kg⁻¹ de sementes, e cobalto + molibdênio, na dose de 2 mL kg⁻¹ de sementes. A inoculação foi realizada posteriormente, com inoculante específico para cultura da soja à base de *Bradyrhizobium japonicum*, na dose de 2 mL kg⁻¹ de sementes.

6.2.4 Adubação

A adubação utilizada na safra 15/16 foi de 320 kg de SSP ha⁻¹ (Superfosfato simples) no momento da semeadura e 100 kg de KCl ha⁻¹ (Cloreto de potássio), aplicados a lanço quando as plantas se encontravam entre os estádios V₂-V₃ (FHER; CAVINESS, 1977).

Na safra 16/17, a adubação utilizada na semeadura foi de 444 kg de SSP ha⁻¹ e 133 kg KCl ha⁻¹ a lanço, também quando as plantas se encontravam entre os estádios V₂-V₃.

6.2.5 Semeadura

A semeadura foi realizada, em ambas as safras, na segunda quinzena de outubro, sendo conduzida sobre o sistema de plantio direto. Cada parcela experimental foi implantada com semeadora Marca Semeato, Modelo SHM 11/13, tracionada por um trator. A semeadora é constituída com cinco linhas, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, com facão guilhotina na linha de distribuição do fertilizante.

O número de sementes por metro linear seguiu as características de cada cultivar, de acordo com a recomendação dos obtentores. Para a cultivar BS 2601 RR[®] (14 plantas m⁻¹, aproximadamente 311.111 sementes ha⁻¹), NS 6006 IPRO[®] (15 plantas m⁻¹, aproximadamente 333.333 plantas ha⁻¹) e, para a linhagem 21 IPRO[®] (10 plantas m⁻¹, aproximadamente 222.222 plantas ha⁻¹).

6.2.6 Manejo de plantas daninhas em pós emergência

O manejo e controle de plantas daninhas foi realizado com produto contendo o princípio ativo glifosato, na dose de 3 L ha^{-1} , com aplicação tratorizada aos 20 dias após a semeadura, em ambas as safras.

6.2.7 Manejo fitossanitário

O manejo e controle de insetos ocorreu por meio de monitoramento constante, e realizou-se a aplicação de inseticida na fase vegetativa com piretróide, produto comercial à base de cipermetrina, na dose de 200 mL ha^{-1} , para controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*). Para o controle de lagartas e percevejos foi realizada aplicação de produtos do grupo dos piretróides + neonicotinóides, utilizando os produtos Connect (1 L ha^{-1}) + Turbo (60 mL ha^{-1}) + Oberon (600 mL ha^{-1}), em três aplicações espaçadas em 15 dias, após o florescimento, juntamente com a aplicação de fungicida.

Para o controle de doenças, foram realizadas três aplicações de fungicida espaçadas a cada 15 dias, com a primeira aplicação em R_1 , utilizando o produto à base de azoxistrobina e benzovindiflupir, na dose de $300 \text{ g p.c. ha}^{-1}$ + adjuvante, na dose de 400 mL ha^{-1} .

6.3 AVALIAÇÕES

6.3.1 Trocas gasosas

As medições das trocas gasosas foliares ocorreram na floração das plantas, entre os estádios R_1 e R_2 (FHER; CAVINESS, 1977), em folhas jovens, saudáveis e completamente expandidas.

As leituras foram realizadas em quatro repetições, sendo registradas entre 9 e 10h, utilizando-se analisador de gases no infravermelho (modelo LI-6400XT LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA) com concentração de CO_2 na câmara de medição (modelo LI-COR 6400-11) de $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ e densidade de fluxo de fótons de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fornecida pela fonte luminosa LI-COR 6400-02.

As variáveis avaliadas foram: taxa líquida de assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (G_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), concentração intercelular de CO₂ (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), eficiência de carboxilação (EC) e eficiência no uso da água (EUA).

6.3.2 Teor de clorofila

O teor de clorofila a , b e total também foi avaliado na floração das plantas, entre os estádios R_1 e R_2 , em folhas jovens, sadias e completamente expandidas, por meio do medidor portátil de clorofila (ClorofiLOG, Modelo CFL 1030, Falker).

6.3.3 Características morfológicas das folhas

Ao término das avaliações das trocas gasosas e índice de clorofila a , b e total, as folhas utilizadas nestas análises foram mensuradas quanto à sua largura e comprimento, além do comprimento do pecíolo, utilizando-se régua milimetrada.

6.3.4 Área foliar

Concomitante às avaliações de clorofila e trocas gasosas, três plantas foram coletadas aleatoriamente, por tratamento, para leitura da área foliar por planta, utilizando-se medidor de área foliar (CID Bio-Science, modelo CI-202, Camas, Washington, USA).

6.4 COLHEITA DA PARCELA

A colheita das plantas de cada parcela foi realizada de forma manual, quando as mesmas atingiram o estágio fenológico R_9 (FHER; CAVINESS, 1977), sendo a área útil da parcela de 2 metros lineares das 3 linhas centrais (área útil $2,70\text{m}^2$), descartando-se as linhas de bordadura de cada lado, e 0,5

metros do início e fim de cada linha central, considerando-as também como bordadura.

No momento de colheita foram coletadas aleatoriamente cinco plantas por parcela, e, posteriormente, foram avaliados os seguintes componentes de rendimento: altura de planta (cm), altura de inserção de primeira vagem na haste principal (cm), número de vagens e de grãos por planta e o número de grãos por vagem.

Da área útil, foi realizada a trilha mecanizada de cada parcela com batedoura de cereais (Nogueira BC-80) acoplada à tomada de força de um trator a 1800 rpm. Após esta etapa, foi realizada a limpeza dos grãos por meio de peneiras, retirando-se impurezas. Na sequência, foi feita a pesagem em balança digital, determinação de umidade com medidor eletrônico (Multi-Grain), e correção da umidade para 12%, extrapolando-se para kg ha^{-1} . Adicionalmente, foi aferida a massa de mil grãos, utilizando-se oito repetições de 100 grãos, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

6.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados na forma de bifatorial (3 cultivares x 2 anos), utilizando-se o Teste de Duncan, a 5% de probabilidade, procedendo-se também, com base na produtividade de grãos, a análise de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Wricke (1965). O programa estatístico utilizado foi o Genes.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou ter havido interação entre os fatores (cultivares x anos de cultivo) para as variáveis condutância estomática e transpiração. Além destas, para as variáveis fotossíntese, concentração intercelular de carbono, eficiência de carboxilação e eficiência no uso da água, verificou-se significância no fator anos de cultivo, não havendo significância para as variáveis no fator cultivares (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância da fotossíntese (A), $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; condutância estomática (Gs), $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; transpiração (E), $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$; concentração intercelular de carbono (Ci), $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$; eficiência de carboxilação (EC) e eficiência no uso da água (EUA) em três cultivares de soja e dois anos de cultivo.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		A	Gs	E	Ci	EC	EUA
Blocos	3	0,05	0,004	0,07	2,84	0,0	0,0033
CVs (F1)	2	3,23 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,31 ^{ns}	11,87 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	0,084 ^{ns}
Anos (F2)	1	36,19 ^{**}	1,27 ^{**}	4,32 ^{**}	389,01 ^{**}	0,0002 ^{**}	1,16 ^{**}
F1xF2	2	1,35 ^{ns}	0,075 [*]	0,22 ^{**}	25,49 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,025 ^{ns}
Resíduo	15	1,51	0,01	0,02	20,76	0,00002	0,018
CV (%)		5,27	9,06	1,47	1,44	6,39	5,69

^{**}significativo a 1% de probabilidade. ^{*}significativo a 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo. FV – fatores de variação. GL – grau de liberdade. Fator 1 – Cultivares (CVs). Fonte: A autora, 2018.

De acordo com a Tabela 2, foi possível verificar que, para a fotossíntese, o ano 2 foi mais favorável, apresentando resultado superior ao ano 1, considerando a avaliação realizada entre os estádios R₁ e R₂ (FHER; CAVINESS, 1977).

Tabela 2. Dados médios de fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em função dos anos de cultivo.

Ano	Fotossíntese
Ano 1	22,13 b
Ano 2	24,59 a
CV (%)	5,27

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora, 2018.

A condutância estomática foi maior no ano 2 em detrimento ao ano 1, para as três cultivares avaliadas. Quando comparadas dentro de cada ano, no primeiro, não houve diferença. Já no segundo ano o maior valor de condutância estomática ocorreu na cultivar NS 6006 (Tabela 3).

Tabela 3. Dados médios de condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em função da interação entre cultivares de soja e anos de cultivo.

Genótipo	Condutância Estomática		Transpiração	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
BS 2601	1,01 aB	1,26 bA	9,88 cA	9,35 bB
NS 6006	1,03 aB	1,64 aA	10,58 bA	9,76 aB
Linhagem CI 21	0,90 aB	1,42 bA	10,99 aA	9,80 aB
CV (%)	9,06		1,47	

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora, 2018.

Em relação à transpiração, no comparativo entre anos de cultivo, esta foi maior no ano 1. Entre as cultivares, para cada ano, a que apresentou menor valor de transpiração foi a BS 2601, de folha mais lanceolada (Tabela 3).

Ao analisar os resultados obtidos para a fotossíntese e a condutância estomática, verifica-se que ambas foram maiores no ano 2. De acordo com Lacerda (2007), quanto maior é o grau de abertura dos estômatos, maior a condutância estomática, o que contribui para maximizar o processo fotossintético, especialmente quando as condições edafoclimáticas são favoráveis à soja. Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com a afirmação do referido autor.

Em trabalho realizado por Chavarria et al. (2015), ao testar a restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica, observou-se que potenciais de água no solo iguais ou inferiores a $-0,026\text{MPa}$, provocaram redução significativa da atividade fotossintética da soja, em função da menor condutância estomática, indicando, também, de acordo com o presente estudo, a relação entre os dois fatores.

No presente estudo, as avaliações realizadas no segundo ano revelaram maiores valores de condutância estomática e menores valores de transpiração (Tabela 3), relação contrária àquela observada por Oliveira; Fernandes e Rodrigues (2005). Os autores verificaram, ao estudar a condutância estomática como indicador de estresse hídrico na cultura do feijão, que esta sofreu acentuada diminuição com o déficit hídrico, assim como a transpiração, devido ao fechamento estomático.

Esse fato pode ser explicado por Lacerda (2007). Segundo o autor, a maior intensidade de radiação solar recebida condiciona a uma maior necessidade de transpiração para resfriar as folhas, pois a evaporação de uma grama de água da folha absorve de 2,4 a 2,5 KJ de energia. Assim, a transpiração contribui para reduzir a temperatura da folha, o que é fundamental durante o dia, quando esta absorve grande quantidade de energia solar.

No presente estudo, no período em que se avaliou a transpiração das folhas de soja (9:00 – 12:00) no Ano 1, a radiação acumulada era de 4005W m^{-2} . No ano 2, este valor foi de 1091W m^{-2} (GBIOMET, 2015; 2016), vindo ao encontro do observado por Lacerda (2007). De maneira geral, a radiação solar no Ano 1 foi superior a do ano 2 (Figura 1)

O fato da cultivar BS 2601 ter transpirado menos em relação às demais (Tabela 3) pode estar relacionado ao formato mais lanceolado de suas folhas e ao ângulo menor que estas geralmente possuem em relação ao caule, o que minimiza este contato direto, de toda a folha, com a luz solar. Isso pode conferir vantagem às cultivares de soja com essa característica, por minimizar efeitos de uma possível radiação solar em excesso (LARCHER, 2000).

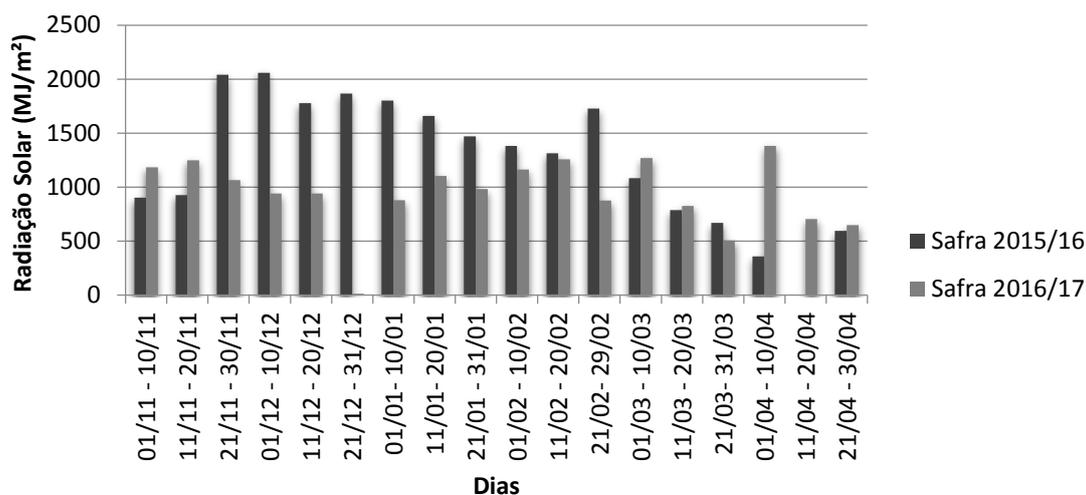


Figura 1: Média de radiação solar em (MJ/m²) de cada dez dias, do período de novembro a abril das duas safras agrícolas, 2015/16 e 1016/17.

Fonte: GEBIOMET (2018).

Segundo Taiz; Zeiger (2013), folhas mantidas verticalmente pelo caule, configuram um dossel que possibilita o contato de mais folhas com a luz e, desta forma, absorvem a energia luminosa em maior proporção, influenciando as taxas fotossintéticas. As folhas sombreadas por outras estão expostas a níveis mais baixos de luz, pois recebem fluxos fotônicos subsaturantes, tendo assim taxas fotossintéticas mais baixas.

Com base nestas características apresentadas por Taiz; Zeiger (2013), a igualdade das taxas fotossintéticas entre a cultivar de folha lanceolada, 2601, em relação às de folhas intermediárias e ovaladas, no presente estudo, pode decorrer do fato que esta análise ocorreu apenas em folhas do terço superior das plantas selecionadas. Se esta avaliação tivesse contemplado folhas dos três terços, talvez respostas distintas entre as cultivares poderiam ter sido observadas.

A eficiência no uso da água pelas plantas de soja foi superior no segundo ano de ensaio em comparação ao primeiro (Tabela 4), da mesma forma que a condutância estomática e a fotossíntese (Tabelas 2 e 3).

Tabela 4. Dados médios da eficiência no uso da água (EUA) da soja em função dos anos de cultivo.

Ano	Eficiência no Uso Água
Ano 1	2,12 b
Ano 2	2,58 a
CV (%)	5,69

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora (2018).

A menor transpiração no segundo ano (Tabela 3), associada a uma maior taxa fotossintética (Tabela 2), resultou em uma maior eficiência no uso da água (Tabela 4). Esse resultado vem ao encontro do descrito por Larcher, 2000). Segundo o autor, a razão entre a taxa fotossintética e a taxa de transpiração resulta na maior eficiência no uso da água (EUA) pelas plantas, sendo mais um parâmetro fisiológico que expressa quantitativamente o comportamento momentâneo das trocas gasosas na folha, e que varia entre e dentro das espécies; neste caso, mesmo não mostrando significância para cultivar, a BS 2601 foi a que transpirou menos sob diferentes condições ambientais, demonstrando um possível potencial para uma maior capacidade de EUA (Tabela 3).

Ao avaliar a EUA das cultivares BR-16 (tolerante ao estresse hídrico) e Embrapa 48 (suscetível ao déficit hídrico), fornecendo diariamente apenas 40% da capacidade de campo, Catuchi et al. (2012) também observaram redução da transpiração das cultivares, bem como, estas tiveram maior EUA nesta condição de estresse, o que gera economia de água por cada molécula de CO₂ assimilada.

Apesar da significância na análise de variância para a concentração intercelular de carbono e eficiência de carboxilação dentro do fator anos de cultivo (Tabela 1), estas variáveis não diferiram entre si na comparação de médias (Tabela 5).

Tabela 5. Dados médios de concentração intercelular de carbono (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) e eficiência de carboxilação em função dos anos de cultivo.

Ano	C_i	Eficiência carboxilação
Ano 1	311,52 a	0,0712 a
Ano 2	319,57 a	0,0771 a
CV (%)	1,44	6,39

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. FONTE: A autora (2018).

Os resultados aqui observados para fotossíntese (Tabela 2), C_i e EC (Tabela 5) mostraram não haver diferença entre os genótipos avaliados. Essa informação discorda de Castro; Klunge; Sestari (2008). Segundo os autores, os genótipos de soja diferem entre si quanto ao potencial fotossintético. De fato, a maior taxa fotossintética está relacionada à menor fotorrespiração do genótipo, no entanto as variações genotípicas ligadas à fotossíntese podem estar relacionadas tanto à condutividade estomática quanto aos fatores internos da folha, como resistência à carboxilação no mesófilo.

A análise de variância referente à clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total indicou que houve interação entre as cultivares testadas e os anos de cultivo, para as três variáveis em questão, havendo maior significância dentro do fator anos de cultivo (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total em função da interação entre cultivares de soja e anos de cultivo.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila total
Blocos	3	1,26	0,47	0,76
CVs (F1)	2	65,62 ^{ns}	4,37 ^{ns}	77,68 ^{ns}
Anos (F2)	1	1170,0**	1,69**	1075,3**
F1xF2	2	12,33*	3,72**	28,93**
Resíduo	15	3,24	0,06	3,86
CV (%)		3,48	2,82	3,25

**significativo a 1% de probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo.

Fator 1 – Cultivares (CVs); Fator 2 – Anos. Fonte: A autora (2018).

O teor de clorofila *a* foi maior no segundo ano de cultivo em detrimento ao primeiro. No comparativo entre cultivares, para cada ano, no primeiro, a cultivar NS 6006 apresentou maior teor de clorofila, seguida da BS 2601 e, por fim, a linhagem CI 21. No segundo ano, as duas primeiras cultivares se equivaleram, sendo superiores em relação à linhagem CI 21 (Tabela 7).

Tabela 7. Dados médios dos teores de Clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total em função da interação entre cultivares de soja e anos de cultivo.

Genótipo	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>		Clorofila total	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
BS 2601	45,01 bB	59,91 aA	9,97 aA	9,14 aB	54,98 aB	69,06 aA
NS 6006	48,51 aB	59,66 aA	9,11 bA	7,39 bB	57,76 aB	67,04 abA
CI 21	40,59 cB	56,43 bA	7,83 cB	8,79 aA	48,42 bB	65,22 Ba
CV (%)	3,48		2,82		3,25	

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora (2018).

Em relação à clorofila *b*, ao comparar os anos de cultivo, apenas a linhagem CI 21 apresentou menor teor no Ano 1. Ao analisar a variável dentro de cada ano, no primeiro, a cultivar BS 2601, de folha mais lanceolada, foi superior, com o menor valor sendo observado na linhagem CI 21. No ano 2, ambos os genótipos foram iguais e superiores à NS 6006 (Tabela 7).

A clorofila *b* possui papel muito importante nas plantas, uma vez que a mesma tem capacidade de absorver energia em comprimento de onda diferentes da clorofila *a*, e tem a função de transferir para o centro de reação a energia absorvida, maximizando, assim, a captura energética nas reações fotoquímicas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Para a clorofila total, entre os anos, o resultado foi superior no ano 2 de cultivo, para os três genótipos. No ano 1, os maiores valores foram observados nas cultivares 2601 e 6006, folhas mais lanceoladas e triangulares, respectivamente, em comparação à linhagem CI 21. Resultado semelhante também foi verificado no ano 2, ao comparar os três materiais (Tabela 7). De acordo com Ludwig et al. (2016), a clorofila é um caractere intrínseco de cada genótipo, mas que pode sofrer alguma variação em função do manejo.

O menor teor de clorofila total no primeiro ano em relação ao ano 2 pode estar relacionado à maior intensidade de precipitação pluviométrica acumulada até a avaliação desta variável (Figura 2). Segundo Lacerda et al. (2007), mesmo em solos bem estruturados e com boa drenagem, quando a umidade fica acima da capacidade de campo por períodos prolongados, os poros de ar passam a ser ocupados por água, diminuindo a respiração radicular e, conseqüentemente, diminuindo o crescimento, a absorção de nutrientes e a fixação de nitrogênio, afetando a síntese de compostos celulares como a clorofila (LACERDA et al., 2007).

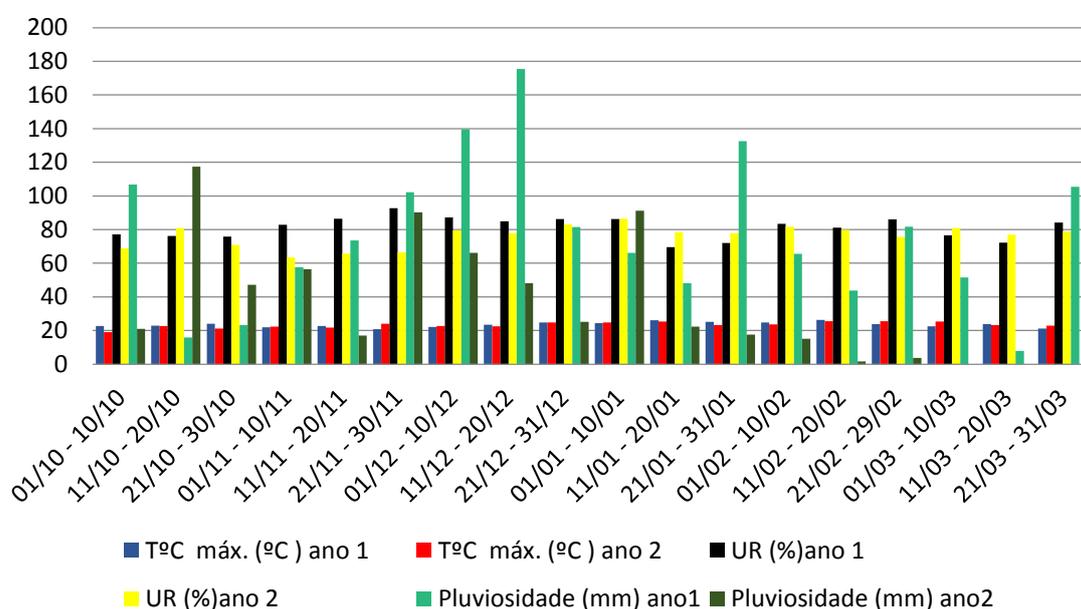


Figura 2: Média de temperatura (°C), pluviosidade (mm) e umidade Relativa (%) do período compreendido entre outubro e março para os dois anos agrícolas, 2015/16 e 2016/17

Fonte: GEBIOMET (2018).

Okuma; Lima; Tomaz (2017) argumentam que o teor de clorofila é influenciado por diversos fatores, como fertilidade de solo e disponibilidade hídrica, e que a baixa concentração de oxigênio no solo restringe a fixação biológica de nitrogênio. Estes dados corroboram parcialmente com Ludwig et al. (2016), que verificou distinção no teor de clorofila entre cultivares de soja submetidas ou não à condição de alagamento, em área de várzea.

No presente estudo observou-se que, além da fotossíntese, o teor de clorofila total também foi maior no ano 2 (Tabelas 2 e 7). Nogueira et al. (2010), ao testarem diferentes doses de nitrogênio na soja (0, 20, 40, 100 e 200

kg ha⁻¹), aplicado em V₁ e V₄, na cultivar BRS/MG 750S RR, perceberam um incremento nas taxas fotossintéticas nos estádios R₁ e R₂ e, também, no teor de clorofila, que aumentou linearmente com as doses crescentes de N.

No que se refere ao comprimento de peciólulo, não houve interação entre os fatores cultivares e anos de cultivo, bem como verificou-se ausência de significância dentro de cada fator isolado (Tabela 8). Isso indica que esta estrutura é muito semelhante em tamanho para as diferentes cultivares, e sofre pouca influência do ambiente, tendo sido observada uma média de 1,54cm de comprimento.

Houve interação entre os fatores cultivares e anos de cultivo para as variáveis comprimento e largura foliar, relação largura/comprimento, relação comprimento/largura e área foliar por unidade de planta (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para o comprimento de peciólulo (CompPe, cm), comprimento de folha (CompFo, cm); largura de folha (LargFo, cm); relação largura/comprimento (L/C), relação comprimento/largura (C/L) e área foliar por planta (AF, cm²), em função da interação entre cultivares e anos de cultivo.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		CompPe	CompFo	LargFo	L/C	C/L	AF
Blocos	3	14,31	0,48	0,08	0,004	0,02	3531,18
CVs (F1)	2	0,085 ^{ns}	6,87 ^{ns}	20,98*	0,14**	1,11**	4117766,55 ^{ns}
Anos (F2)	1	0,19 ^{ns}	4,17**	0,17*	0,004**	0,03**	3207116,37**
F1xF2	2	0,17 ^{ns}	2,76**	0,67**	0,001*	0,004**	733659,19**
Resíduo	15	0,12	0,08	0,02	0,0002	0,0006	76676,14
CV (%)		22,84	2,41	1,91	2,05	1,51	14,29

**significativo a 1% de probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade. ns: não significativo. Fator 1 – Cultivares (CVs); Fator 2 – Anos de cultivo. Fonte: A autora (2018).

Em se tratando de comprimento de folha entre os anos, para cada cultivar, o resultado mostrou-se variável. As cultivares de folhas mais estreitas, BS 2601 e NS 6006, apresentaram maior comprimento no primeiro ano em detrimento ao segundo. Já a linhagem CI 21, de folha mais ovalada e maior, teve resposta inversa (Tabela 9).

Ao se analisar dentro de cada ano, no primeiro, a cultivar BS 2601 apresentou maior comprimento de folha, seguida da linhagem CI 21, e por fim, a 6006. No ano 2, a linhagem CI 21 teve folhas mais compridas, estando a BS 2601 com comprimento intermediário e, a 6006, novamente, com o menor valor observado para esta variável (Tabela 9).

Tabela 9: Dados médios de comprimento de folha (cm) e largura de folha (cm) de cultivares de soja em função dos anos de cultivo.

Genótipos	Comprimento de folha		Largura de folha	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
BS 2601	13,0 Aa	11,5 bB	6,3 cA	5,8 cB
NS 6006	11,7 cA	10,2 cB	7,9 bA	7,4 bB
Linhagem CI 21	12,4 bB	13,0 aA	9,0 aB	9,5 aA
CV (%)	2,41		1,91	

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora (2018).

Na variável largura de folha de soja, entre os anos, as cultivares 2601 e 6006 apresentaram maior largura em relação ao ano 2. Resultado oposto foi observado para a linhagem CI 21. No comparativo de cada ano, entre cultivares, a que teve maior largura, em ambos os anos, foi a linhagem 21, seguida da 6006 e 2601, esta última com menor largura de folha (Tabela 9).

Percebe-se que estas duas variáveis têm forte influência do genótipo, porém, há alguma influência do ambiente provocando pequenas alterações, sem, no entanto, modificar drasticamente o seu formato. Estas alterações no tamanho de folha, em função do ambiente, podem estar relacionadas à disponibilidade hídrica durante a sua expansão. Durante esta fase, quando algum fator estressante ocorre, como déficit hídrico, ou sistema radicular limitado, isso pode ocasionar limitação na divisão e expansão celular, comprometendo o crescimento como um todo da folha (LACERDA, 2007).

Para a relação largura/comprimento, verificou-se que a cultivar 2601 apresentou o menor valor em comparação à NS 6006 e linhagem CI 21, para ambos os anos de cultivo, o que caracteriza o formato de folha lanceolada (Tabela 10). Apesar de ter sido verificado pequenas variações no comprimento

e largura em função dos anos (Tabela 9), há um padrão de comportamento intrínseco a cada genótipo para esta variável.

A cultivar com folhas de tamanho intermediário, 6006, apresentou menor relação L/C, no primeiro ano, em comparação à linhagem CI 21. Já no segundo ano não se verificou diferença entre ambas. Entre os anos, para cada cultivar, houve um padrão de estabilidade para esta variável, de uma forma geral (Tabela 10).

Tabela 10. Dados médios de relação de largura/comprimento (L/C) e relação comprimento/largura (C/L) de folhas de cultivares de soja em função do ano de cultivo.

Genótipos	Larg/Comp		Comp/Larg	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
BS 2601	0,50 cA	0,50 bA	2,1 aA	2,0 aB
NS 6006	0,68 bB	0,73 aA	1,5 bA	1,4 bB
Linhagem CI 21	0,73 aA	0,73 aA	1,4 cA	1,4 bA
CV (%)	2,05		1,51	

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora (2018).

De acordo com Chen; Nelson (2004), a determinação do formato de folha estreita é o resultado de uma maior relação C/L.

Segundo Cunha et al. (2014), considerando a tecnologia de aplicação em soja, principalmente no caso de fungicidas, a cobertura proporcionada por estas sobre o dossel da soja é, normalmente, pouco uniforme, principalmente no que se refere à parte inferior da planta, devido à alta área foliar gerada pela cultura, apresentando, então, controle insuficiente, mesmo quando são usados produtos sistêmicos. Nesse sentido, folhas mais estreitas minimizam esse efeito de desuniformidade de aplicação, por meio da angulação de suas folhas, o que otimiza a entrada do produto até o terço inferior.

A área foliar das cultivares de soja, para cada ano de cultivo, não diferiu no ano 1 entre as cultivares 2601 e 6006, de folhas mais estreitas, tendo estas o menor valor em relação à linhagem CI 21 de folha mais ovalada e maior. No ano 2, o menor valor foi observado novamente na 2601 (Tabela 11).

Tabela 11. Dados médios de área foliar (cm²) de cultivares de soja, por unidade de planta, em função dos anos de cultivo.

Genótipo	Área foliar	
	Ano 1	Ano 2
BS 2601	1599,68 bA	814,10 bB
NS 6006	2015,28 bA	1915,23 aA
Linhagem CI 21	3294,83 aA	1987,13 aB
CV (%)	14,29	

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora (2018).

Ao analisar os valores de área foliar entre os anos, para cada cultivar, verificou-se que no Ano 1 a área foliar foi maior para a 2601 e linhagem CI 21 em relação ao ano 2. Para a 6006 não se observou diferença entre os anos (Tabela 11). Possivelmente, este maior valor de área foliar no ano 1, para a maior parte das cultivares, pode estar relacionado à precipitação, que neste ano foi bem superior ao ano 2 (Figura 2), condicionando um maior acúmulo de folhas.

Além da maior disponibilidade hídrica, de acordo com Toledo et al. (2010), o acréscimo de área foliar pode estar relacionado à maior radiação solar, que também foi maior no ano 1 (Figura 1), e à temperatura.

É preciso levar em consideração que o aumento da área foliar acima de certo ponto não resulta mais em ganho de produtividade, seja pelo auto sombreamento das folhas, diminuindo as taxas fotossintéticas das sombreadas (LOPES; LIMA, 2015), e estimulando a senescência antecipada, seja pelo aumento da respiração, uma vez que o balanço entre esta e a fotossíntese torna-se limitante para a eficiência da produção. Nesse sentido, mais importante do que altos valores de AF é a manutenção de valores menores, porém mais eficientes (CORRÊA, 2008).

A análise de variância indicou interação entre os fatores cultivares e anos de cultivo para as variáveis altura de planta, número de grãos por planta e massa de mil grãos. Houve significância, dentro do fator anos de cultivo, para a inserção de primeira vagem e número de vagens por planta. Dentro do fator cultivares, verificou-se significância para produtividade de grãos (Tabela 1).

Tabela 12: Resumo da análise de variância para a altura de planta (AP, cm), altura de inserção de primeira vagem (IPV, cm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG, g) e produtividade de grãos (Kg ha⁻¹) em função da interação entre cultivares e anos de cultivo.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		AP	IPV	NVP	NGP
Blocos	3	2,61	0,92	31,59	29,62
Cvs (F1)	2	3271,97 ^{ns}	23,81 ^{ns}	60,80 ^{ns}	1158,01 ^{ns}
Anos (F2)	1	1245,60 ^{**}	506,92 ^{**}	1032,28 ^{**}	7134,60 ^{**}
F1xF2	2	393,31 ^{**}	2,62 ^{ns}	16,48 ^{ns}	175,70 ^{**}
Resíduo	15	7,10	3,31	18,23	24,53
CV (%)		2,35	8,71	9,88	4,78

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		NGV	MMG	PRODUTIVIDADE
Blocos	3	0,0033	146,01	65538.419
CVs (F1)	2	0,0054 ^{ns}	924,70 ^{ns}	822938.12*
Anos (F2)	1	0,027 ^{ns}	29,48 ^{ns}	83072.666 ^{ns}
F1xF2	2	0,0029 ^{ns}	939,72 ^{**}	14595.527 ^{ns}
Resíduo	15	0,008	45,90	109045.10
CV (%)		3,78	3,91	7,54

^{**}significativo a 1% de probabilidade. ns: não significativo. F1 – cultivares (CVs). F2: anos de cultivo. Fonte: A autora (2018).

A altura de plantas, entre as cultivares, para cada ano, foi maior na linhagem CI 21, seguida da 2601 e, com menor altura, a 6006. Esse comportamento foi verificado nos dois anos de cultivo. No comparativo entre anos, para cada cultivar, a 2601 e a linhagem CI 21 apresentaram maior porte de planta no ano 2. Já a cultivar 6006 manteve o mesmo padrão de altura em ambos os anos de cultivo (Tabela 13).

Tabela 13. Dados médios de altura de plantas (cm) em função da interação entre cultivares e anos de cultivo, e inserção de primeira vagem (cm) e número de vagens por planta em função das cultivares.

Genótipo	Altura de planta	
	Ano 1	Ano 2
BS 2601	101,6 bB	110,9 bA
NS 6006	96,1 cA	99,8 cA
Linhagem CI 21	121,3 aB	151,5 aA
CV (%)	2,35	
Ano	IPV	NVP
Ano 1	16,3 b	49,8 a
Ano 2	25,5 a	36,7 b
CV (%)	8,71	9,88

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora (2018).

A maior altura das plantas no ano 2, para duas das três cultivares testadas, pode estar relacionada à menor radiação solar incidente neste ano em relação ao primeiro (Figura 1). Nesse caso, as plantas tendem a crescer mais em altura para ir em busca de maior radiação solar.

Em um estudo realizado por Carvalho (2015), ao analisar a influência do sombreamento artificial nas características produtivas e vegetativas de diferentes cultivares de soja, observou-se que, na ausência de sombreamento, as plantas de todos os materiais foram menores do que as que foram sombreadas entre R₁ a R₃, fato este explicado por conta do estiolamento dos materiais em busca de radiação solar, interferindo diretamente no comportamento vegetativo da cultura, corroborado por Cruz et al. (2016), que verificou este comportamento na cultivar Anta 82 submetida a diferentes arranjos de plantas.

Outro fator que se soma é a precipitação em excesso no ano 1 (Figura 1), que pode ter limitado o crescimento radicular das plantas e, conseqüentemente, o seu crescimento em altura, bem como a fixação biológica, que pode ter disponibilizado menos N para a parte aérea, refletindo em menor teor de clorofila total (Tabela 7).

Com esse maior crescimento em altura das plantas e investimento em haste, no ano 2, a área foliar e o tamanho das folhas tenderam a um menor valor, para duas das três cultivares (Tabelas 9 e 11). Tal redução na área foliar, pode ter maximizado o processo fotossintético por unidade de área para compensar esta limitação.

De acordo com Lizana et al. (2006), ao condicionar estresse hídrico em plantas de feijão, verificou-se que as plantas podem aclimatar-se a este fator, obtendo maior plasticidade bioquímica e, assim, apresentando uma resposta morfológica que leva à compensação da planta para minimizar os efeitos negativos do déficit.

Se forem analisados os dados da fotossíntese, esta foi maior no ano 2 e, de uma forma geral, a transpiração foi menor e a condutância estomática maior neste período (Tabelas 2, 3). Todo esse processo morfofisiológico realizado pelas plantas de soja pode ter compensado a restrição foliar sem afetar a produtividade de grãos entre os anos (Tabela 12).

A altura da IPV apresentou tendência semelhante à altura de planta, sendo maior no segundo ano agrícola (Tabela 13). Essa relação também foi descrita por Campos; Onos; Rodrigues (2010) que, ao avaliarem a arquitetura de plantas de soja da cultivar BRS 184, sob aplicação de reguladores vegetais (ProGibb, Stimulate e Ethrel), aplicados via pulverização foliar aos 43, 74 e 105 dias após a semeadura, verificaram que as plantas que tiveram maior crescimento em altura e também apresentaram maior IPV.

Analisando o número de vagens por planta observou-se que esta foi menor no ano 2, independente da cultivar testada (Tabela 13). Segundo Liu et al. (2010), o fornecimento de maior quantidade de luz para plantas de soja que se encontram no início do florescimento (estádio R_1), faz com que o número de vagens por unidade de planta seja incrementado, reduzindo a taxa de aborto até o final do ciclo em até 100%.

Este resultado obtido pelos autores está em concordância com o presente estudo, visto que, no primeiro ano, a radiação solar foi maior que no segundo (Figura 1). Além disso, plantas que crescem mais a procura por luz, tendem a produzir menos vagens por planta. Cruz et al. (2016) também observaram que o número de vagens por planta foi reduzido à medida que se

aumentou a altura de plantas, uma vez que plantas mais altas tendem a apresentar menor número de ramificações.

O número de grãos por planta, na comparação entre cultivares, para cada ano, apresentou resultados variáveis. No ano 1, os maiores valores foram verificados na cultivar BS 2601 e na linhagem CI 21, que não diferiram entre si. No ano 2, a 2601 se manteve superior, e os menores valores foram verificados na 6006 e linhagem CI 21 (Tabela 14).

Tabela 14 Dados médios de número de grãos por planta (NGP) e massa de mil grãos (MMG, g) em função das cultivares e dos anos de cultivo.

Genótipo	Grãos planta ⁻¹		Massa de mil grãos	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
BS 2601	133,0 aA	96,4 aB	197,5 aA	170,7 aB
NS 6006	103,1 bA	78,9 bB	170,1 bB	176,1 aA
Linhagem CI 21	127,9 aA	85,3 bB	155,5 cB	169,7 aA
CV (%)	4,78		3,91	

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Fonte: A autora (2018).

Entre os anos, o maior número de grãos por planta foi verificado no ano 1 em detrimento ao ano 2, para as três cultivares. Esse resultado pode estar relacionado ao maior número de vagens por planta no ano 1 (Tabela 13), havendo uma relação positiva entre estes dois componentes de rendimento da soja. Esse resultado vem em linha ao verificado para algumas variáveis que contribuíram para que a soja pudesse fixar mais vagens e grãos por planta, dentre elas a maior radiação solar (Figura 1), que condicionou plantas mais baixas, o que pode ter favorecido o processo fotossintético ao longo do dossel de plantas.

Como no presente estudo se avaliou a fotossíntese apenas nas folhas superiores, e levando em consideração a argumentação realizada na variável altura de planta, pode ser que estas folhas analisadas no ano 2 apresentaram maior atividade fotossintética para compensar a menor área foliar, para que isso não se refletisse em alteração de produtividade final.

A massa de mil grãos (MMG) foi superior para a cultivar 2601 no primeiro ano e, no segundo ano não se observou diferença entre os três genótipos avaliados. Ao se analisar os anos de cultivo, para cada genótipo, a cultivar 2601 apresentou maior massa de grãos no ano 1. Já a cultivar 6006 e a linhagem CI 21 tiveram um comportamento inverso, com maior massa de mil grãos no ano 2 (Tabela 14).

De uma forma geral, observa-se relação inversa entre número de grãos por planta e massa de mil grãos, assim também como observado por Ludwig et al. (2011), que relacionou o menor número de grãos por planta com maior MMG. Isso ocorre, pois, a redução do número de drenos (grãos) diminui a competição por fotoassimilados permitindo maior acúmulo nos mesmos (OLIVEIRA et al., 2017). Porém, no presente estudo, a cultivar 2601, de folha mais lanceolada, não apresentou esta relação, ou seja, em ambos os anos, o maior número de grãos não se refletiu em redução de massa de mil grãos, sendo um critério importante a ser analisado por programas de melhoramento genético.

O número de grãos por vagem não teve influência da interação dos fatores estudados, bem como de cada um deles de forma isolada. A média verificada no ensaio, nos dois anos e nas três cultivares, foi de 2,37 grãos por vagem. Este resultado vem ao encontro do observado por Soratto et al. (2011). Em seu estudo, os autores também não obtiveram aumento no número de grãos por vagem, no feijão, em função dos tratamentos aplicados.

A produtividade de grãos não sofreu influência dos anos de cultivo (Tabela 12). Isso pode ter ocorrido em função da capacidade de plasticidade da soja, seja maximizando o processo fotossintético para compensar a menor área foliar no ano 2 (Tabelas 2 e 11, respectivamente) ou incrementando massa de grãos (Tabela 14) em resposta a redução no número de vagens e grãos por planta (Tabelas 13 e 14, respectivamente).

A cultivar mais produtiva neste estudo, independente do ano de cultivo, foi a BS 2601, de folha mais lanceolada. Não houve diferença de produtividade entre a NS 6006 e a linhagem CI 21 (Tabela 15).

Tabela 15. Dados médio de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e adaptabilidade e estabilidade em função das cultivares testadas.

Genótipos	Produtividade	Adaptabilidade e Estabilidade
		Wi (%)
BS 2601	4747,2 a	31,22
NS 6006	4189,5 b	5,57
Linhagem CI 21	4193,9 b	63,20
CV (%)	7,54	

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Duncan, a 5% de probabilidade. (Wi) Ecovalência. Fonte: A autora (2018).

Além de características morfofisiológicas de folhas e de se avaliar os componentes de rendimento para sustentar os resultados de produtividade verificados, buscou-se, também, fazer uma análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento dos genótipos testados nos dois anos de cultivo.

Esta análise, baseada na Anova, pelo método de Wricke (1965), identifica a cultivar de desempenho superior, com base em sua média produtiva, e a que apresenta comportamento mais previsível entre os anos de cultivo (FRANCESCHI et al., 2010). Porém, ressaltasse que este método tem maior aplicabilidade para análise de estabilidade produtiva de cultivares, com menor relevância para adaptabilidade.

Com base nos resultados, verificou-se que a NS 6006 foi a cultivar mais estável nos dois anos de cultivo, com menor valor de ecovalência (Tabela 15, Figura 3), ou seja, o genótipo com menor contribuição para a interação genótipo x ambiente (PRADO et al. 2001). Esta foi seguida pela BS 2601, e a mais instável foi a linhagem CI 21. Este resultado de estabilidade verificado na 6006 pode estar relacionado a alguns caracteres analisados no presente estudo e que se mantiveram constantes nesta em ambas as safras, como a área foliar inalterada (Tabela 11) e a altura de planta (Tabela 13), algo não verificado nos outros dois materiais.

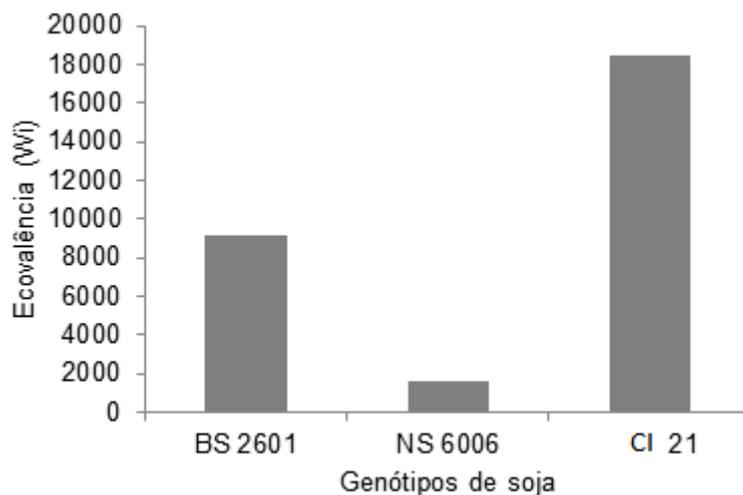


Figura 3: Análise de adaptabilidade e estabilidade produtiva baseada na Anova, pelo método de Wricke (1965), para três genótipos de soja e dois anos de cultivo.

Fonte: A autora, 2018.

Contudo, nem sempre uma cultivar estável é a mais produtiva, de acordo como verificado no presente estudo, em que a cultivar BS 2601 foi de estabilidade intermediária, porém, teve a maior produtividade, independente do ano. Sendo este um fator limitante deste método de adaptabilidade e estabilidade. Porém, o mesmo foi adotado em virtude de que não houve interação entre os fatores cultivares e anos de cultivo para a produtividade de grãos, pré-requisito para adotar outros métodos mais assertivos para análise de adaptabilidade de cultivares de soja.

Ao avaliar a adaptabilidade e estabilidade para a produtividade de grãos em dezessete cultivares de trigo, Franceschi et al. (2010) também observaram, pelo método de W_i , que nem todas as cultivares mais estáveis foram as que obtiveram alto rendimento em grãos.

O maior número de grãos por planta, em conjunto com alta MMG, apresentada pela cultivar BS 2601, proporcionou maior produtividade. Perini et al. (2012), testaram três cultivares com tipo de crescimento determinado e quatro com tipo indeterminado, avaliadas no ano agrícola de 2009/2010, e verificaram que as mesmas não diferiram quanto aos componentes de produção, apresentando mudanças apenas para altura e maturidade. Independentemente do tipo de crescimento, os autores relataram que o número de grãos por planta apresentou correlação alta e efeito direto positivo sobre a

massa de grãos por planta, o que resultou em uma relação direta com a máxima produtividade em soja.

Percebe-se também um possível potencial do genótipo, em se manter em condições ambientais não tão favoráveis para a cultura sem expressivas alterações em seu comportamento fisiológico. Pois pode-se observar que entre a primeira safra, em que se obteve maior proporção de chuvas, e a segunda safra onde a pluviosidade foi menor, os genótipos NS 6006 e a linhagem CI 21, diminuíram consideravelmente as taxas de transpiração, enquanto que o genótipo BS 2601, teve uma menor queda, mantendo as mesmas taxas fotossintéticas que os demais genótipos, não alterando nem ao menos a produtividade.

8 CONCLUSÃO

A fotossíntese, por unidade de folha, foi maior no ano 2, podendo estar relacionada à maior condutância estomática, maior teor de clorofila, e menor área foliar das plantas, de uma forma geral, neste ano.

A cultivar mais produtiva, independente do ano, foi a BS 2601, de folha mais lanceolada, apresentando esta, maior número de grãos por planta, associado à massa de mil grãos, que se manteve alta nos dois anos de cultivo.

A cultivar BS 2601 apresentou, menor transpiração, podendo esta estar relacionada às folhas mais estreitas e ao ângulo foliar mais ereto em relação à haste, maximizando a interceptação de radiação solar ao longo do dossel o que pode reduzir a incidência de radiação e aumento de temperatura das folhas do terço superior.

O genótipo com maior estabilidade produtiva foi a NS 6006, de folha triangular, porém, esta característica não confere maior potencial produtivo.

9 REFERÊNCIAS

- AMARANTE, L.; COLARES, D. S.; OLIVEIRA, M. L.; ZENZEN, L. I.; BADINELLI, P. G.; BERNARDI, E. Teores de clorofilas em soja associada simbioticamente com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium* sob alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v, 5, n. 2, p. 906-908, 2007.
- AINSWORTH, E. A.; YENDREK, C. R.; SKONECZKA, J. A.; LONG, S. P. Accelerating yerld potencial in soybean: potential targets for biotechnological improvement. **Revista Plant, Cell & Environment**. Vol. 35, ed.1. pg. 32-38. 2012. Disponível em : <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3040.2011.02378.x>> Acesso em 21 de maio de 2018.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; MELLO, A. V.; FIDELIS, R. R.; CAPONE, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal Biotechnology and Biodiversity**. Vol. 3, N. 2: pp. 49-58, May, 2012
- BARROS, H. B; SEDIYAMA, T; CRUZ, C. D; TEIXEIRA, R. C; REIS, S. R. **Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max L.*) em Mato Grosso**. Guarapuava (PR) v. 6 n. p.7 - 88 Jan./Abr. 2010.
- BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério de Saúde, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2009.
- CÂMARA, G.M.S. **Introdução ao agronegócio soja**. Piracicaba, 2015. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br>. Acesso em:10 jun. 2018.
- CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Gil Miguel de Sousa Câmara (editor). Piracicaba. 2000. 450p.
- CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Arquitetura de plantas de soja e a aplicação de reguladores vegetais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v3 n1 Jan.- Abr. 2010.
- CARVALHO, L. B. Influência do sombreamento artificial nas características produtivas e vegetativas de diferentes cultivares de soja. **CONIC Semesp**, 15° Congresso Nacional de Iniciação Científica. Ribeirão Preto-SP, 2015.
- CASAROLI, D.; FAGAN, E.B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S.P.; MANFRON, P.A.; NETO, D.D.; LIER, Q.J.V.; MÜLLER, L.; MARTINS, T.N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja – uma revisão.**Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia dos cultivos**. 1. ed. São Paulo: Piracicaba, 2008.
- CATUCHI, T. A.; GUIDORIZZI, F. V. C.; GUIDORIZI, K. A.; BARBOSA, A. M.;

SOUZA, G. M. **Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos**. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília, v.47, n.4, p.519-527, abr. 2012.

CHAVARRIA, G.; DURIGON, M. R.; KLEIN, Klein. V. A.; KLEBER, H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.8, p.1387-1393, ago, 2015.

CHEN, Y.; NELSON, R. L. Evaluation and Classification of Leaflet Shape and Size in Wild Soybean. **Crop Science Society of America**, Vol. 44. Madison, March–April, 2004.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_05_12_10_37_57_bol_etim_graos_maio_2017.pdf> Acesso em 29 de maio de 2017.

CORRÊA, S.T.R. Adaptação do modelo LINTUL (light Interception and Utilization) para estimação da produtividade potencial da cultura de soja. **Dissertação (Mestrado em fitotecnia)** - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 94 f. 2008.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV. 585p. 2003.

CRUZ, S. C. S.; SENA-JUNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 1–6, jan./mar. 2016.

CUNHA, J. P.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de Calda Pulverizada na Cultura da Soja Promovida pela Aplicação Aérea e Terrestre. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343- 351, Mar/ Abr. 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n2/a14v31n2.pdf> >. Acesso em: 13 agos. 2017.

DIAS, R. E.B. A.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, A. M.; CARVALHO, J. P.F.; CARDOSO, D. A. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de progênies F4 de Coffea arabica L**. *Coffee Science*, Lavras, v. 12, n. 4, p. 508 - 516, out./dez. 2017.

DJANAGUIRAMAN, M., PVV Prasad, DL Boyle e WT Schapaugh. 2011. High-Temperature Stress and Soybean Leaves: Leaf Anatomy and Photosynthesis. **Crop Science**. 2010

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: **Embrapa solos**. 2. Ed. 306p. 2006.

FAGAN, E. B.; NETO, D. D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R. B.; YEDAM P.; MASSIGNAM, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; MARTINS, K. V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Sistema de Informação Científica Redalyc**. Red de Revistas Científicas da América Latina e Caribe, Espanha e Portugal. Bragantia 2010,

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

FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas: **O estudo do que está por trás do que se vê**. 3. ed^a. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 751 p. 2006.

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N.; SILVA, R. R.; SILVA, C. L. **Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná**. Bragantia, Campinas, v. 69, n. 4, p797-805, 2010.

GEBIOMET. Dados clima DV/FB 2015-2016. Disponível em: <<http://www.gebiomet.com.br/downloads.php>> Acesso em 14 jun 2018.

IAPAR. Cartas Climáticas do Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 2009. Disponível em: <http://www.iapar.br/pagina-984.html>. Acesso em 29 de maio de 2017.

JEONG, N.; SUH, S. J.; KIM, M. H.; LEE, S.; K, J.; KIM, H. S.; JEONG, S. C. *Ln1s* a Key Regulator of Leaflet Shape and Number of Seeds per Pod in Soybean. **The Plant Cell** v. 24, p. 4807–4818, 2012.

JOHNSTON, T.J.; PENDLETON, J.W.; PETERS, D.B. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, and yield components of soybeans (*Glycine max*). **Crop science**. v.9, p. 577-581, 1969.

LACERDA, C. F. **Relações solo, água, planta em ambientes naturais e agrícolas no Nordeste brasileiro**. Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pg 1-79. Recife, 2007.

LACERDA, C. F.; FILHO, J. E.; PINHEIRO, C. B. **Fisiologia Vegetal**. Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-Ceará Setembro de 2007. Disponível em:< http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/APOSTILA/APRESENTACAO_DA_APOSTILA.pdf>. acesso em: 10 ago. 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 1 ed. São Carlos, São Paulo, RiMa.P. 470. 2000.

LIU, F.; JENSEN, C.R.; ANDERSEN, M.N. Hydraulic and chemical signals in the control of leaf expansion and stomatal conductance in soybean exposed to drought stress. **Functiona lPlant Biology**, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2003.

LIZANA, C.; WENTWORTH, M.; MARTINEZ, J.P.; VILLEGAS, D.; MENESES, R.; MURCHIE, E.H.; PASTENES, C.; LERCARI, B.; VERNIERI, P.; HORTON, P.; PINTO, M. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, v.57, p.685-697, 2006.

LOPES, N.F.; LIMA, M.G.S. **Fisiologia da Produção**. Viçosa, MG. 1ª. ed. UFV, 2015.

LUDWIG, M. P.; SCHUCH, L. O. B.; OLIVEIRA, S.; JUNIOR, F. J. V.; LEMES, E. S.; CORREA, M. F.; SEUS, R.; Desempenho morfofisiológico de cultivares de soja de ciclo precoce sob alagamento do solo. **Revista Cultivando o Saber**. Vol. 9 - nº1, p. 32 – 50. Janeiro a março de 2016.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M.; FILHO, O. A. L.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRV, D.; Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e *Roundup Ready*. **Revista Ceres**. Vol.58 nº3 Viçosa Maio/Junho 2011.

MARENCO, R. A. ; LOPES **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral. 3ª. ed. Universidade Federal de Viçosa, 2009.

MENDES, R. Sujicultor: as principais características da lavoura de soja. **Revista rural**. 2014. Disponível em: <http://www.revistarural.com.br/edições/item/5939-sujicultor-as-principais-características-da-lavoura-de-soja>. Acesso em: 10 jun. 2018.

NEUMAIER, N. et al. Características da soja. **Agência Embrapa de informação tecnológica**. Brasília, 2015.

NOGUEIRA, P. D. M.; JÚNIOR, D. G. S.; RAGAGNIN, V. A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com Nitrogênio em Cobertura. **Global Science and Technology** ., v. 03, n. 02, p.117 – 124, mai/ago. 2010.

OKUMA. I. G.; LIMA, L. C.; TOMAZ, R. S. **Produtividade de cinco variedades de soja, implantadas sobre sistema de plantio direto, na região da alta paulista**. xiii fórum ambiental da Baixada Paulista. Artigo completo. Tupã- SP, 2017.

OLIVEIRA, D. D.; LOPES, J. M.; KOVALESKI, M.; WERNER, V. **Vantagens e desvantagens da aplicação de agroquímicos via aérea e terrestre**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA , Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.26; p. 714. 2017.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. **Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.86-95, jan./abr. 2005.

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

PERINI, L. J.; JÚNIOR, N. S. F.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. **Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado**. Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2531-2544, 2012.

PRADO, E. E.; HIROMOTO, D. M.; GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; RAMALHO, A. R.; Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 625-635, abr. 2001

PURCELL, L.C.; BALL, R.A.; REAPER, J.D.; VORIES, E.D. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. **Crop Science**, v.42, p.172-177, 2002.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do Plantio à Colheita**. Viçosa. MG. 1 ed. UFV, 2015.

SETIYONO, T.D.; WEISS, A.; SPECHT, J.K.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Leaf area index simulation in soybean grown under near-optimal conditions. **Field Crops Research**.v.108, p.82-92, 2008.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre anatomia vegetal e produção vegetal. **Acta Botânica Brasílica**.v.19, n. 1, p.183-194, 2005.

SINGH, M.; OGREN, W.L.; WIDHOLIM, J.M. Photosynthetic characteristics of several C3 and C4 plant species grown under different light intensities. **Crop Science**, v.14, p.563-566, 1974.

SORATTO, R.P.; FERNADES, A. M.; SOUZA, F. C. S.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.35 no.6 Viçosa Nov./Dec. 2011.

STRIEDER L.M.; PIRES, J. L. F.; COSTAMILAN, L. M.; FAGANELLO, A.; VARGAS, L.; BERTAGNOLII, P. F.; CORASSA, G. M.; Rendimento de grãos de soja em diferentes arranjos de planta, safra 2012/2013. **EMBRAPA TRIGO**. Passo Fundo, RS, 2013. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do145_8.htm. Acesso em: 10 de junho de 2018.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 5º ed., Porto Alegre: Artemed. 719p. 2013.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 6º ed., Porto Alegre: Artemed. 759p. 2017.

TOLEDO, N. T; MULLER, A. G.; BERTO, J. L.; MALLMANN, C. E. S. Ajuste do modelo fototérmico de estimativa do desenvolvimento e do índice de área foliar de soja. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**. vol.14 no.3 Campina Grande Mar. 2010

VERNETTI, F.J.; VERNETTI JUNIOR, F.J. Genética da soja: caracteres qualitativos e diversidade genética. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**. 221p. 2009.

WRICKE, G. **Zur Berechnung der Ökivalenz bei Sommerweizen und Hafer. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**. V.52, p.127-138, 1965.

YI-NONG, M. et al. A study of physio-ecology of photosynthesis in soybean Variability in Specific Leaf Weigh. **Soybean Science**. 1982.

YI-NONG, M.; KEZHANG, X. The leaf anatomy of different soybean cultivars. **Soybean Science**, v. 3. 1982.