

ÍNDICES NÃO PARAMÉTRICOS ESTIMADOS PELA COMBINAÇÃO DE DIFERENTES CARACTERES COM ACUMULAÇÃO DE BIOMASSA COMO CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA COMPETIÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA COM E SEM SOMBREAMENTO

Gederson Luiz BUZZELLO¹
Adelino PELISSARI¹
Aníbal de MORAES¹
Cícero DESCHAMPS¹
Vanderley PORFÍRIO-DA-SILVA²
Edilson Batista de OLIVEIRA²
Sebastião Brasil Campos LUSTOSA³
Francisco SKORA NETO⁴
Ricardo Augusto de OLIVEIRA¹

- RESUMO: Três experimentos foram realizados, cada experimento com nível específico de sombreamento, ou seja, sem sombreamento, 50% e 70% de sombreamento, obtidos através da utilização de telas sombrites pretas de polietileno. Cada experimento foi conduzido em delineamento experimental completamente casualizado, com 3 repetições, e os tratamentos consistiram na semeadura de 33 cultivares de soja, com diferentes hábitos de crescimento e grau de maturidade. Com base nos quadrados médios observados na análise de variância individual de cada um dos três experimentos, foi realizada uma análise conjunta. Houve variabilidade entre cultivares de soja em relação à tolerância ao sombreamento. Área foliar, diâmetro de caule e número de nós contribuíram para o rendimento biológico aparente no experimento com 70% de sombreamento. As cultivares selecionados pelos índices Mulamba e Mock e Distância do genótipo ao ideótipo podem ser indicados, tendo em vista ganhos de seleção superiores em soja, nos ambientes com 50% e 70% de sombreamento. Este trabalho teve por objetivo avaliar a competição de cultivares de soja em ambientes com e sem sombreamento, por meio de índices resultantes das combinações entre a produção de biomassa e diferentes caracteres, determinando a similaridade entre os métodos.
- PALAVRAS-CHAVE: Glycine max, adaptabilidade, radiação solar, sustentabilidade.

¹ Universidade Federal do Paraná - UFPR), SCA, Depto. de Fitotecnia e Fitossanitarismo, CEP: 80035-050, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: *gbuzzello@gmail.com; linopeli@hotmail.com; anibalm@ufpr.br; cicero@ufpr.br; rico@ufpr.br*

² Embrapa Florestas, CEP: 83411-000, Colombo, Paraná, Brasil. E-mail: *porfirio@cnpf.embrapa.br; edilson@cnpf.embrapa.br*

³ Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO, Depto. de Agronomia, CEP: 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: *sebastiao_lustosa@yahoo.com.br*

⁴ Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), CEP: 8400-1970, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: *skora@pr.gov.br*

1 Introdução

A nova tendência dos SILPs (sistemas integrados de lavoura-pecuária) é a incorporação de árvores nos sistemas, configurando o que se chama de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta (SILPFs) (MACEDO, 2009), sendo considerado um dos sistemas mais completos, pois contemplam consórcios com componentes arbóreos, agrícolas, forrageiros e animais, implantados e integrados em uma mesma área e em seqüência temporal de atividades (MACEDO, VALE e VENTURIN, 2010).

A implantação de sistemas integrados de cultivo é uma prática de manejo que visa a manutenção ou mesmo o acúmulo de C no sistema solo-planta, podendo atenuar os efeitos do aquecimento global causado pelo aumento das emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa, (CARVALHO et al., 2010) e promove a recuperação de pastagens degradadas. Além disso, com a formação de plantios destinados a papel e celulose em regiões com solos de baixa fertilidade, onde preponderava a pecuária de corte no nordeste do estado de Mato Grosso do Sul, e outras iniciativas no Paraná e em Minas Gerais, tem incentivado o plantio de árvores em fileiras duplas ou triplas, espaçadas de 8 a 14 metros, dependendo do interesse do proprietário, aumentando a possibilidade de integração com a agricultura (MACEDO, 2009).

Dentre as espécies agrícolas utilizadas em sistemas integrados com árvores, está a soja (MACEDO et al., 2010; BALBINO et al., 2011), que é uma cultura com grande expressão mundial. A planta de soja possui grande plasticidade morfológica (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). Para a cultura da soja, a radiação solar está relacionada com a fotossíntese, alongação de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e fixação biológica (CÂMARA, 2000). O crescimento vegetativo da planta se dá com base na emissão de folhas ao longo do caule, que possui ao redor de 16 a 20 nós sob condições edafoclimáticas adequadas de crescimento, cada qual com folhas uni ou trifoliadas. Em cada nó, há uma gema axilar meristemática que pode ficar dormente ou originar estruturas vegetativas (ramos) ou reprodutivas (flores, legumes e grãos, seguindo essa ordem de desenvolvimento) (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). Para que haja produtividades elevadas, a planta de soja precisa expressar um número de nós mínimo (número de nós do caule, em torno de 20, mais os nós dos ramos), pois estes são os locais potenciais de aparecimento das estruturas reprodutivas. A redução do número de nós nas plantas acarreta menor número de flores e menos legumes, comprometendo o rendimento final da soja (COSTA, 1996). Para expressar seu potencial em produtividade, é necessário que a planta de soja disponha de sua melhor eficiência na interceptação e uso de radiação solar disponível no ambiente.

A adaptação conduz a planta a uma harmonização. A adaptação e a otimização do trabalho fotossintético são alcançadas sob ajustes que se prestam atingir a melhor relação entre ganhos e riscos, e não a mais alta capacidade. Pode-se ilustrar essa situação com o exemplo da sensível resposta estomática, controlando as trocas de gasosas de forma que a planta não se prejudique com falta de H₂O ou de CO₂ (LARCHER, 2000).

Neste processo, um genótipo pode apresentar estiolamento acentuado, e algumas estruturas da planta podem debilitar-se, especialmente os entrenós, que se tornam frágeis para suportar o peso da folhagem e não resistem à força exercida sobre eles e cedem ao peso, resultando em acamamento. Portanto, genótipos que apresentam estiolamento

acentuado em condições de sombreamento não são desejados para cultivos neste tipo de ambiente.

A soja apresenta extensa diversidade genética, estando sob controle genético qualitativo e quantitativo, conforme o caráter considerado. Necessita de um contínuo estudo e conhecimento da espécie, bem como de suas relações com o ambiente em que é cultivada. (VERNETTI e VERNETTI JUNIOR, 2009).

Selecionar indivíduos ou progênies não tem sido tarefa fácil, uma vez que os caracteres de importância, em sua maioria quantitativos, apresentam base genética complexa e são bastante influenciados pelo ambiente. Geralmente, estes caracteres estão inter-relacionados, em magnitude e sentido variável, de forma que a seleção provoca uma série de mudanças em outros. Assim, a quantificação de ganhos diretos e indiretos, e a identificação de materiais genéticos superiores para novos ciclos de seleção são de fundamental importância para o melhoramento genético (CRUZ, 2006)

O uso dos índices de seleção é uma ótima alternativa para a obtenção de respostas e ganho de seleção para mais de um caráter, simultaneamente, permitindo obter genótipos com padrões adequados para diversas características de forma mais rápida do que a seleção truncada. Associado a isto, a seleção baseada em um ou poucos caracteres pode gerar alterações indesejáveis em outras, devido a correlações genéticas negativas entre elas (SILVA e VIANA, 2012).

Índices de seleção normalmente são combinações lineares que permitem a seleção para vários caracteres simultaneamente, promovendo o melhoramento das populações para o seu conjunto de características, sendo adequados a programas de seleção recorrente. Contudo, existem outros tipos de índices não lineares, também conhecidos como não paramétricos, que, por não precisarem de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, têm seu uso proposto também para a simples classificação dos indivíduos, não necessariamente em programas de seleção recorrente (GARCIA e SOUZA JUNIOR, 1999).

A hipótese deste estudo é que a variabilidade de características fisiológicas e morfológicas na soja possibilita a seleção de cultivares com maior adaptabilidade à ambientes sombreados, através de critérios de seleção que utilizam, simultaneamente, a combinação de vários caracteres.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a competição de cultivares de soja em ambientes com e sem sombreamento, por meio de índices resultantes de combinações entre a produção de biomassa e diferentes caracteres, determinando a similaridade entre os métodos.

2 Materiais e métodos

Foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias, campus da Universidade Federal do Paraná, localizado em Curitiba, Paraná.

Os experimentos foram implantados no dia 10 de setembro de 2010. Cada experimento foi conduzido com nível específico de sombreamento, ou seja, sem sombreamento (experimento 1), 50% (experimento 2) e 70% de sombreamento (experimento 3), obtidos através da utilização de telas sombrites pretas de polietileno. Cada experimento foi conduzido em delineamento experimental completamente

casualizado, com 33 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos consistiram na sementeira de 33 cultivares de soja, com diferentes hábitos de crescimento e graus de maturidade adequados ao cultivo no estado do Paraná. O corte do experimento foi realizado no dia 4 de novembro de 2010, 56 dias após a sementeira, identificando o estágio de desenvolvimento de cada cultivar, em cada experimento. Para determinar o estágio de desenvolvimento da cultura da soja, foi utilizada a escala proposta por Hitchie et al. (1994) adaptado por Yorinori (1996), em que os estágios V4, V5, V6, V7, V8, V9 e V10 estão relacionados ao desenvolvimento do quarto, quinto, sexto, sétimo, oitavo, nono e décimo nó, com o terceiro, quarto, quinto, sexto, sétimo, oitavo e nono trifólio aberto, respectivamente, antes da floração. As 33 cultivares de soja estudadas e, os estágios de desenvolvimento no momento da avaliação dos experimentos 0%, 50% e 70% de sombreamento, respectivamente, estão descritos na seguinte ordem: NA 4725 RG (V8, V4, V7); NA 4823 RR (V4, V4, V7); NA 4990, RG (V5, V6, V7); NA 5909 RG (V7, V7, V7); A 6411 RG (V6, V5, V8); NA 7321 RG (V6, V5, V6); BMX APOLO RR (V7, V4, V6); BMX TURBO RR (V4, V5, V6); CD 232 (V5, V5, V7); CD 212 RR (V8, V5, V10); CD 213RR (V6, V6, V7); CD 236 RR (V7, V7, V8); CD 233 RR (V8, V6, V10); CD 214 RR (V4, V6, V7); CD 225 RR (V5, V6, V8); CD 235 RR (V8, V5, V6); CD 202 (V9, V7, V7); CD 206 RR (V5, V5, V6), CD 206 (V6, V5, V5); CD 239 RR (V8, V7, V6); CD 215 (V6, V5, V6); BRS 232 (V6, V5, V6); BRS 256 RR (V9, V6, V7); BRS 245 RR (V6, V5, V6); BRS 284 (V5, V5, V6); BRS 316 RR (V6, V6, V8); BRS 295 RR (V8, V6, V10); VMAX (V6, V5, V7); NK 3363 (V5, V5, V5); SYN 7059 RR (V6, V5, V7); SYN 3358 RR (V7, V7, V7); BRS 184 (V7, V7, V8) e FUNDACEP 53 RR (V7, V6, V8).

Cada unidade experimental recebeu solo com adubo orgânico a base de esterco de ovinos acondicionado em vaso plástico de 2 litros (Tabela 1). Em cada vaso foram semeadas 5 sementes, que após a emergência das plântulas, foi realizado desbaste deixando duas plantas por vaso.

Tabela 1 - Características químicas na profundidade de 0 – 20 cm do solo utilizado nos experimentos com diferentes níveis de sombreamento. UFPR, Curitiba - Paraná, 2010.

P	pH	CTC	K	Al	H+Al	Mg	Ca	C	V
mg dm ⁻³	CaCl ₂	-----	cmolc dm ⁻³ -----					g dm ⁻³	%
42,6	4,7	23,02	2,12	1,6	14,4	3,1	3,4	77,1	37

Foi realizada análise de variância individual para cada um dos três de experimentos e, com base nos quadrados médios observados nos experimentos, foi realizada análise conjunta de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002) que determinam a realização da análise conjunta para grupos de experimentos similares quando o quociente entre o maior e o menor quadrado médio residual for menor que 7; porém, se o quociente for além de 7, considerar subgrupos de experimentos com quadrados médios não muito discrepantes.

As variáveis analisadas nos experimentos estão descritas na Tabela 2.

A estatura de planta foi obtida medindo-se o intervalo entre o colo da planta e a última folha expandida. Em cada planta, as folhas, ramos e nós das plantas foram contados e o diâmetro do caule, no segundo entrenó, foi obtido com a utilização de um paquímetro. A área foliar foi determinada com a utilização de aparelho integrador de área

foliar que analisa as imagens obtidas por scanner, por meio do software WinRHIZO acoplado a um scanner LA 1600 versão 2003 (Regent Instruments Inc., Canadá). O teor relativo de clorofila foi obtido através do clorofilômetro manual Yara N-Tester (Yara International, Noruega). Toda a biomassa da parte aérea foi colocada em estufa, para a secagem do material por 72 horas, a uma temperatura de 65°C.

Tabela 2 - Descrição das variáveis analisadas nos experimentos.

Variável	Descrição
RBA	Rendimento biológico aparente (g unidade experimental ⁻¹)
EP	Estatura de planta (m)
NF	Número de folhas (folha unidade ⁻¹)
DC	Diâmetro de caule (mm)
DC	Área foliar (cm ² unidade experimental ⁻¹)
MF	Massa foliar (g unidade experimental ⁻¹)
CFL	Teor relativo de clorofila
AFE	Área foliar específica (cm ² g ⁻¹)
RMF	Razão de massa foliar (g g ⁻¹)
RAF	Razão de área foliar (cm ² g ⁻¹)

A partir dos dados de área foliar, massa foliar (MF, g unidade experimental⁻¹) e rendimento biológico aparente de cada tratamento, foram determinados a área foliar específica (AFE, cm² g⁻¹) = AF / peso foliar (PF, g unidade experimental⁻¹), razão de massa foliar (RMF, em g g⁻¹) = PF / RBA e razão de área foliar (RAF, cm² g⁻¹) = AFE * RMF. O RBA é definido como biomassa produzida pela parte aérea da planta.

Os dados de condições externas à casa de vegetação, de radiação solar global, temperatura máxima e mínima, foram obtidos da estação meteorológica do Simepar, no Centro Politécnico da UFPR, em Curitiba (Figura 1).

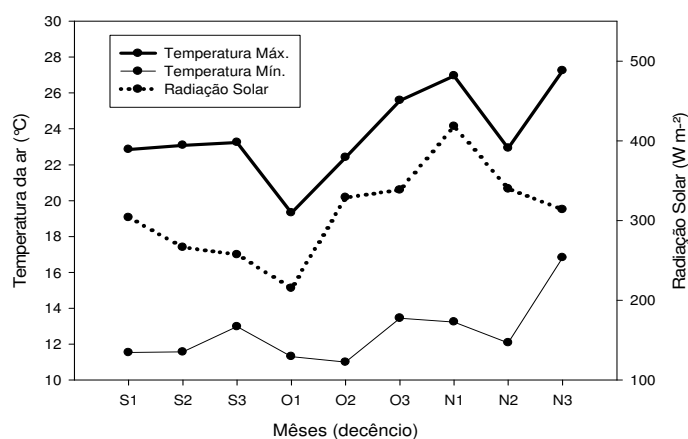


Figura 1 - Condição externa à casa de vegetação de temperatura do ar (máxima e mínima) (°C) e irradiância solar global (MJ m⁻²), no período compreendido entre o primeiro decêndio de setembro de 2010 e o terceiro decêndio de novembro de 2010. - Estação do SIMEPAR, Centro Politécnico da UFPR, Curitiba, 2011.

Amostras das telas sombrites de polietileno dos experimentos com ambiente sombreado, 50% e 70% de sombreamento nominal foram analisadas por espectrorradiômetro, e com o programa Origin Lab, no Departamento de Física da UFPR para verificar a retenção nominal de cada amostra em relação à absorvância caracterizada em laboratório.

Foram realizadas medidas da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) a cada hora, entre as 9:00 e 18:00 horas, nos dias 04 de novembro e 20 de dezembro de 2010, com o aparelho ceptômetro AccuPAR LP 80 (Decagon Devices, Pullman, WA, USA), em todos os tratamentos do experimento e, fora da casa de vegetação (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização da radiação fotossinteticamente ativa (PAR, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) média e Transmitância (%) nas cultivares submetidas a 0%, 50% e 70% de sombreamento, dentro da casa de vegetação e, externo à casa de vegetação.

	EXTERIOR	0%	50%	70%
PAR	1108,25	730,08	338,33	177,83
Transmitância (%)	100	65,9	30,5	16,1
Temperatura média (°C)	23	34,1	31,2	30,8

As informações de temperatura foram obtidas pela leitura nos termômetros instalados no interior da casa de vegetação, em cada ambiente avaliado.

Para a obtenção das estimativas dos progressos de seleção, utilizaram-se os critérios de índice baseado em “soma de Ranks” (MULAMBA e MOCK, 1978) e índice baseado na distância do genótipo ao ideótipo.

2.1 Índice baseado em soma de ranks (MULAMBA e MOCK, 1978)

O Índice baseado em Soma de Ranks (MULAMBA e MOCK, 1978) classifica as cultivares em relação a cada um dos caracteres em ordem favorável ao objetivo da seleção. Ao serem classificadas, as ordens de cada cultivar são somadas, em relação a cada caráter, resultando em uma medida adicional tomada como índice de seleção, representada matematicamente por $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$, em que I é o valor do índice para determinado indivíduo; r_j é a classificação (ou *rank*) de um indivíduo em relação à j -ésima variável; e n corresponde ao número de variáveis considerada no índice. Adicionalmente, o procedimento permite que a ordem de classificação das variáveis tenha pesos diferentes, de acordo com o objetivo da seleção, representado por $I = p_1r_1 + p_2r_2 + \dots + p_nr_n$, sendo p_j o peso econômico atribuído à j -ésima característica (CRUZ, 2006).

2.2 Índice da distância do genótipo ao ideótipo

O Índice da Distância Genótipo ao Ideótipo permite adotar valor ótimo para cada variável, bem como o intervalo de valores favoráveis para a seleção. Considera-se que X_{ij}

é o valor fenotípico médio da i -ésima cultivar em relação à j -ésima característica. Também se considera o valor Y_{ij} , que representa o valor fenotípico médio transformado, e C_j uma constante relativa à depreciação da média da cultivar, por não estar dentro dos padrões desejados para a seleção. O LI_j corresponde ao limite inferior a ser apresentado pela cultivar, relativo à característica j , conforme o padrão desejado. LS_j corresponde ao limite superior a ser apresentado pela cultivar. O VO_j é o valor ótimo a ser apresentado pela cultivar, sob seleção. Portanto, se $LI_j \leq X_{ij} \leq LS_j$, então $Y_{ij} = X_{ij}$; se $X_{ij} < LI_j$, $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LI_j - C_j$; se $X_{ij} > LS_j$, $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LS_j + C_j$, sendo que $C_j = LS_j - LI_j$. O valor C_j garante que qualquer valor de X_{ij} dentro do intervalo de variação em torno do ótimo resultará num valor de Y_{ij} com magnitude próxima do valor ótimo (VO_j), ao contrário dos valores de X_{ij} fora desse intervalo. Assim, a transformação de X_{ij} é realizada para garantir a depreciação dos valores fenotípicos fora do intervalo considerado ótimo do padrão a ser apresentado pela cultivar a ser selecionado. Os valores de Y_{ij} obtidos por transformação são padronizados e ponderados pelos pesos atribuídos a cada característica, conforme decisão de quem seleciona as cultivares, obtendo-se $y_{ij} = \sqrt{a_j} \cdot Y_{ij} / S(Y_j)$ onde $S(Y_j)$ é o desvio-padrão dos valores fenotípicos médios obtidos pela transformação apresentada; a_j é o peso ou valor econômico da característica. Também são necessárias a padronização e a ponderação de VO_j através de $voj = \sqrt{a_j} \cdot VO_j / S(Y_j)$. Por fim, calculam-se os valores do índice (DGI) expressos pelas distâncias entre as cultivares e o ideótipo, estimado através da equação (1):

$$I_{DGI} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_{ij} - voj)^2} \quad (1)$$

Com base neste índice, são identificadas as melhores cultivares e calculados os ganhos de seleção. A partir dos valores de y_{ij} , é feita a análise dos componentes principais, obtendo-se os autovalores e autovetores associados à matriz de correlação entre as variáveis analisadas (CRUZ, 2006).

Na predição de ganho de seleção, quanto a caracteres principais, pesos econômicos e ganhos desejados foram estabelecidos a partir dos próprios dados experimentais. Adotou-se como ganho desejado o correspondente a um coeficiente de variação genético (CVg) e como pesos econômicos o equivalente a um desvio-padrão genético (DPg), obtidos a partir da análise da variância de cada variável, com 33 cultivares, dentro de cada nível de sombreamento.

Foi realizada análise de correlação de Spearman para os critérios de seleção identificados com ganho de seleção superior, a fim de se medir a associação, entre os critérios de seleção e respectivos ambientes (níveis de sombreamento), da mensuração a nível ordinal, e determinação de seus postos.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F, considerando-se 5 % de probabilidade de erro ($p < 0,05$), para verificar a existência de variabilidade entre as cultivares na tolerância ao sombreamento. As médias das variáveis estudadas foram comparadas pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) e submetidas aos critérios de seleção. Efetuou-se análise de correlação fenotípica de Pearson entre todas as variáveis avaliadas. Foi utilizado o programa GENES (CRUZ, 2006) para realização das análises estatísticas.

3 Resultados e discussão

Observa-se na Tabela 4 que houve interação significativa entre os fatores, cultivares e ambientes (níveis de sombreamento - 0%, 50% e 70%) para as variáveis estatura de planta (EP), número de folhas (NF), número de nós (NN), diâmetro de caule (DC), rendimento biológico aparente (RBA), área foliar (AF), teor de clorofila (CLF), área foliar específica (AFE) e razão de massa foliar (RMA).

As variáveis RBA, diâmetro de caule e AF foram estudadas de forma que cada cultivar foi analisada dentro de cada ambiente (Tabelas 4). Para as variáveis razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) não houve interação significativa entre os fatores principais (Cultivar e Ambiente), sendo significativo o efeito isolado dos fatores, para RAF e, efeito simples do fator Ambiente para AFE, pelo teste F a 1% (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) das médias das variáveis analisadas, de trinta e três cultivares de soja avaliadas sob três ambientes (níveis de sombreamento - 0%, 50% e 70%).

QUADRADOS MÉDIOS					
FONTES DE VARIAÇÃO					
	CULTIVAR	AMBIENTE	CxA	RESÍDUO	MÉDIA
RBA	4,13**	174,27**	3,09**	0,59	4,51
NN	2,91**	31,10**	0,96**	0,51	8,66
AF	65.802,6**	811.963,6**	43.946,1**	20.186,17	547,73
AFE	13.395,8 ^{ns}	397.472,8**	13.919,1 ^{ns}	10.053,6	279,99
RMF	0,0066**	0,11**	0,0035**	0,0019	0,47
RAF	2.265,3**	36.957,9**	1.377,4 ^{ns}	1.030,21	127,81
NF	622,14**	863,8**	213,87**	97,09	57,20
CLF	2.397,06**	111.498,5**	1.389,82**	636,06	344,98
EP	0,084**	9,81**	0,046**	0,023	0,8
DC	1,104**	43,77**	0,57**	0,27	4,02

*, ** Significativo a 5% (p < 0,05) e a 1% (p < 0,01) de probabilidade de erro pelo teste F respectivamente; ^{ns} = não significativo; ¹Quociente entre os quadrados médios residuais com valor acima de 7.

GL resíduo= 198

Entre as estimativas significativas de correlação fenotípica (p < 0,01 e 0,05), observou-se variação entre -0,5 e 0,86 para sombreamento de 70% e, entre -0,72 e 0,77 para sombreamento de 50%. Os caracteres associados ao RBA com correlação linear positiva (p < 0,01), no sombreamento de 70% foram NN 0,45, AF 0,63, AFE 0,3, NF 0,3, EP 0,3 e DC 0,54, indicando que maiores valores desses caracteres ocasionam maior valor de RBA. Somente o caractere RAF apresentou correlação linear negativa (p < 0,01) de -0,29, indicando que maiores valores desse caractere ocasionam menor valor de RBA (Tabela 5). A AF, DC e NN apresentaram correlação linear com maiores magnitudes, quando associados ao RBA em 70% de sombreamento, indicando maiores efeitos positivos para RBA neste nível de sombreamento.

No ambiente com 50% de sombreamento, os caracteres associados ao RBA com correlação linear negativa (p < 0,01) foram RMF -0,72, RAF -0,68 e EP -0,35, indicando que maiores valores desses caracteres ocasionam menor valor de RBA, ou seja, maiores efeitos negativos incidem no RBA, em 50% de sombreamento (Tabela 5). Isso ocorre em

função da alteração da radiação solar de forma qualitativa e quantitativa, neste ambiente com 50% de sombreamento, causando uma resposta imediata de estiolamento, com maior crescimento longitudinal em detrimento do número de ramos, área foliar. A razão de massa foliar (RMF), que é resultante da relação entre peso foliar e a biomassa total da planta, e representa a fração de fotoassimilados drenados para as folhas (SANTOS et al., 2003). Quanto menor for o caractere RMF, menor será o "investimento" em fotoassimilados da planta para produção de folhas, que é um dos fatores que determinam o RBA. Esses resultados evidenciam a possibilidade de realizar seleção indireta em relação aos caracteres com coeficientes de correlação com magnitude mais elevada, na condição específica de sombreamento.

Tabela 5 - Matriz de coeficiente de correlação fenotípica de Pearson entre as variáveis analisadas nos experimentos com trinta e três genótipos de soja avaliados, com níveis de sombreamento 50% e 70%.

	Diagonal superior - 70% sombreamento/ Diagonal inferior - 50% sombreamento									
	RBA	NN	AF	AFE	RMF	RAF	NF	CFL	EP	DC
RBA	-0,06 ^{ns}	0,45 ^{**}	0,63 ^{**}	0,3 ^{**}	0,1 ^{ns}	-0,29 ^{**}	0,3 ^{**}	-0,1 ^{ns}	0,3 ^{**}	0,54 ^{**}
NN	-0,1 ^{ns}	0,36 ^{**}	0,39 ^{**}	-0,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,3 ^{**}	0,35 ^{**}	0,2 ^{ns}
AF	0,1 ^{ns}	0,42 ^{**}	0,1 ^{ns}	0,32 ^{**}	0,1 ^{ns}	0,52 ^{**}	0,25 ^{**}	-0,1 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,28 ^{**}
AFE	0,04 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,52 ^{**}	0,07	-0,5 ^{**}	0,86 ^{**}	-0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	-0,2 ^{ns}
RMF	-0,72 ^{**}	0,3 ^{**}	0,24 [*]	-0,29 ^{**}	0,11	-0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}
RAF	-0,68 ^{**}	0,38 ^{**}	0,62 ^{**}	0,34 ^{**}	0,77 ^{**}	0,24 [*]	0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	-0,2 [*]
NF	-0,2 ^{ns}	0,3 ^{**}	0,42 ^{**}	0,1 ^{ns}	0,35 ^{**}	0,42 ^{**}	0,40 ^{**}	0,11 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,2 ^{ns}
CFL	-0,25 [*]	-0,1 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	-0,1 ^{ns}
EP	-0,35 ^{**}	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,25 [*]	0,2 ^{ns}	0,31 ^{**}	0,24 [*]	0,2 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
DC	-0,1 ^{ns}	0,24 [*]	0,33 ^{**}	-0,14 ^{ns}	0,34 ^{**}	0,27 ^{**}	0,14 ^{ns}	0,1 ^{ns}	-0,2 ^{ns}	0,14 ^{ns}

^{*}, ^{**} Significativo a 5% (p ≤ 0,05) e a 1% (p ≤ 0,01) de probabilidade de erro pelo teste *t* respectivamente; ^{ns} = não significativo

Os caracteres NN e NF apresentaram maiores magnitudes (0,36 e 0,40; respectivamente) (p < 0,01) com associação entre os níveis de 50% e 70% de sombreamento, em relação aos demais caracteres avaliados. Portanto, é evidenciado o aumento de NN e NF em função do aumento de sombreamento no ambiente (Tabela 5).

A variação dos coeficientes de correlação entre os pares de caracteres, em cada nível de sombreamento, reflete a influência do ambiente na expressão fenotípica. Essa variação foi maior no ambiente com 50% de sombreamento, significando que as cultivares apresentam menor uniformidade da expressão fenotípica para esta condição, quando comparado ao ambiente com 70% de sombreamento (Tabela 5). Portanto, no ambiente com 50% de sombreamento algumas cultivares possuem mecanismos de adaptação fenotípica mais rápidos e eficazes que outras. Porém, no ambiente com 70% de sombreamento a extensão do processo de adaptação dessas cultivares é limitada pela condição de pouca radiação solar. Isso ocorre por que a extensão e, a velocidade de todos os processos de adaptação fenotípica são fixados geneticamente. Esses padrões de comportamento fixados geneticamente em uma planta incluem, não somente as reações imediatas, em função das mudanças dos fatores externos, mas especialmente a extensão de sua capacidade de adaptação às condições predominantes no ambiente (LARCHER, 2000).

Com relação à variável rendimento biológico aparente (RBA), foi verificado que as cultivares A 6411 RG, BMX APOLO RR, BMX TURBO RR, CD 232, CD 213RR, CD 236RR, CD 233 RR e NK 3363 perfizeram grupos de médias que não diferiram significativamente nos diferentes ambientes estudados, ou seja, 0%, 50% e 70% de sombreamento (Tabela 6). Estes resultados demonstram que essas cultivares podem apresentar estabilidade na produção de biomassa quando cultivados em ambientes com menor radiação.

Tabela 6 - Médias de rendimento biológico aparente (RBA), Diâmetro de caule e Área foliar (AF) de trinta e três cultivares de soja avaliados em três ambientes (0%, 50% e 70% de sombreamento). UFPR, Curitiba - PR, 2010

Cultivar	RBA g U.E. ⁻¹			Diâmetro de caule Mm			AF dm ²		
	0%	50%	70%	0%	50%	70%	0%	50%	70%
	N 4725RG	5,8Ac	4,3Bb	2,6Cb	5,1Ab	4,3Ba	3,3Ca	4,97Ac	4,6Ab
N 4823RR	3,8Bd	4,8Ab	2,8Bb	4,2Ac	4,6Aa	3,2Ba	4,5Ac	4,9Ab	3,4Ab
N 4990RG	4,6Ad	5,2Aa	3,2Ba	4,7Ab	4,3Aa	3,4Ba	4,8Ac	5,9Ab	5Aa
N 5909RG	4,4Ad	5,2Aa	2,2Bb	3,9Bc	5Aa	3,4Ba	4,06Ac	5,8Ab	2,98Ab
A 6411RG	5,2Ac	4,1Ab	3,9Aa	5Ab	4,6Aa	3,9Ba	4,68Ac	5,94Ab	5,6Aa
N 7321RG	4,2Ad	4,2Ab	2,4Bb	4,1Ac	4,2Aa	3,3Aa	3,84Bc	6,26Aa	3,40Bb
APOLORR	3,9Ad	4,6Ab	3,4Aa	3,9Ac	4,6Aa	3,7Aa	5,44Ac	6,33Aa	4,4Ab
TURBORR	4,5Ad	4,4Ab	4,3Aa	4,8Ab	4,2Ba	3,6Ba	4,38Ac	5,89Ab	4,82Aa
CD 232	5,2Ac	4,7Ab	4,2Aa	4,2Ac	3,6Ab	3,5Aa	4,92Ac	5,74Ab	6,21Aa
CD 212RR	4,2Ad	4,3Ab	2,7Bb	3,7Ac	3,7Ab	3,2Aa	4,37Ac	6,02Ab	4,48Ab
CD 213RR	3,5Ad	3,7Ab	3,4Aa	3,3Ac	3,4Ab	3,6Aa	5,60Ac	5,9Ab	5,73Aa
CD 236RR	4,2Ad	5Ab	3,3Aa	3,6Ac	3,9Ab	3,8Aa	4,2Ac	6,4Aa	5,5Aa
CD 233 RR	4,1Ad	4,9Ab	3,4Aa	3,6Bc	4,3Aa	3,4Ba	6,47Ab	7,12Aa	5,3Aa
CD 214 RR	4,6Ad	4,9Ab	2,6Bb	4,4Ac	4,4Aa	2,7Ba	5,64Ac	7,09Aa	4,2Ab
CD 225 RR	3,95Ad	4,3Ab	2,6Bb	4Ac	4,3Aa	2,8Ba	3,86Ac	6Ab	3,99Ab
CD 235 RR	7,5Aa	3,3Bb	2,3Bb	4,6Ab	3,6Bb	2,9Ba	8,86Ab	3,83Bb	3,37Bb
CD 202	6,9Ab	4,5Bb	2,1Cb	4,0Ac	3,7Ab	2,9Ba	6,09Ac	5,48Ab	3,27Bb
CD 206 RR	6,3Ab	4,5Bb	2,2Cb	4,6Ab	3,8Bb	2,9Ca	6,51Ab	5,29Ab	3,17Bb
CD 206	6,5Ab	4,9Bb	2,8Cb	4,9Ab	4,1Aa	3,1Ba	7,50Ab	5,49Ab	2,99Bb
CD 239 RR	8,4Aa	4,9Bb	2,5Cb	4,9Ab	4,4Aa	3,1Ba	8,38Ab	6,75Aa	3,62Bb
CD 215	7,2Ab	4,1Bb	3Bb	5Ab	3,6Bb	3,2Ba	6,11Ac	5,13Ab	3,79Ab
BRS 232	6,9Ab	4,6Bb	2,4Cb	4,4Ac	4,3Aa	2,8Ba	6,17Ac	4,92Ab	3,89Ab
BRS 256RR	7,1Ab	4,2Bb	3,8Ba	5,2Ab	4,1Bb	3,8Ba	7,6Ab	5,4Bb	5,2Ba
BRS 245RR	7,5Aa	5,5Ba	4,5Ba	4,7Ab	4,4Aa	3,6Ba	7,4Ab	6,7Aa	5,1Aa
BRS 284	5,4Ac	3,8Bb	3,3Ba	4,7Ab	3,7Bb	3,3Ba	7,4Ab	4,96Bb	5,1Ba
BRS 316RR	6,8Ab	6,3Aa	3,3Ba	4,9Ab	4,8Aa	3,5Ba	7,2Ab	7,2Aa	4,5Bb
BRS 295RR	6,7Ab	5,3Ba	3,6Ca	4,5Ab	3,6Bb	2,8Ba	4,3Bc	7,4Aa	3,8Bb
VMAX	6,6Ab	4,6Bb	3,3Ca	5,5Aa	4,1Bb	3,5Ba	5,8Ac	4Ab	4,2Ab
NK 3363	2,6Ad	4,1Ab	3,6Aa	5Ab	4,4Ba	3,8Ba	4,78Ac	4,8Ab	4,7Aa
S 7059RR	8,1Aa	5,9Ba	3,3Ca	5,7Aa	5,2Aa	3,6Ba	8,3Ab	6,7Aa	4Bb
S 3358RR	7,5Aa	5,9Ba	2,6Cb	6,3Aa	5Ba	3,4Ca	11,3Aa	8,7Ba	5,6Ca
BRS 184	5,7Ac	6,3Aa	2,8Bb	5,1Ab	4,7Aa	2,9Ba	5,76Bc	8,75Aa	3,49Bb

FUN.53RR	8,3Aa	5,8Ba	3,4Ca	4,5Ab	4,5Aa	2,7Ba	6,9Ab	6,8Aa	6,6Aa
MÉDIA	5,7	4,8	3,1	4,6	4,2	3,3	6,0	6,0	4,3
CV%)		17,1			12,9			25,9	

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste Scott-knott a 5%.

O rendimento de uma cultura é o resultado da produção de biomassa e índice de colheita. Assim, o rendimento pode ser aumentado através do aumento de biomassa ou índice de colheita ou ambos. Melges, Lopes e Oliva (1989) constataram correlação linear ($R^2 = 0,97$) entre produtividade de grãos e produção de biomassa em soja, e relataram que este resultado corrobora com trabalhos anteriores, em que o rendimento de grãos é positivamente correlacionado com a biomassa (GARCIA 1979, JOHNSON e MAJOR 1979, COLASANTE e COSTA 1981). O melhoramento genético realizado através da seleção de cultivares com alto índice de colheita é de valor limitado em culturas, onde o índice de colheita se aproxima de um valor máximo. Portanto, a fim de aumentar o rendimento potencial, a biomassa das plantas cultivadas deve ser aumentada, e, para isto deverá haver maior fotossíntese. Uma das formas de se aumentar a fotossíntese, é através da obtenção de cultivares com maior eficiência na interceptação da radiação solar. Teoricamente, existe uma considerável margem para melhorar a utilização da energia solar na fotossíntese (SHARMA-NATU e GHILDIYAL, 2005).

As cultivares BRS 245 RR, SYN 7059 RR e FUNDACEP 53 RR perfizeram o grupo com RBA significativamente superior aos demais grupos de médias, em todos os ambientes (níveis de sombreamento) estudados. O grupo composto pelas cultivares NA 4990 RG, BRS 316 RR e BRS 295 RR apresentou, significativamente, maior RBA, em relação aos demais grupos de médias, nos níveis de sombreamento de 50% e 70%; e o grupo composto pelas cultivares BMX APOLO RR, BMX TURBO RR, CD 232, CD 213RR, CD 236RR, CD 233RR, BRS 256RR, BRS 284, VMAX e NK 3363 apresentou maior RBA em relação às demais grupos de médias, somente no nível de sombreamento de 70%. A avaliação do rendimento biológico aparente mostra a eficiência na assimilação de CO_2 , que está diretamente ligada com a obtenção de altos rendimentos (KUSS, 2006).

Considerando todas as cultivares avaliadas, 61% perfizeram grupos de médias que não diferiram significativamente em AF nos três ambientes estudados (Tabela 6), ou seja, possuem a capacidade de manter a área foliar mesmo com alteração do nível de radiação no ambiente.

As cultivares N 7321, BMX APOLO RR, CD 214 RR, CD 239 RR, BRS 316 RR, BRS 295 RR, SYN 7059 RR e BRS 184 perfazem o grupo com maior AF, no ambiente com 50% de sombreamento, significativamente; enquanto que BMX TURBO RR, CD 232, CD 213 RR, CD 256 RR, BRS 284 e NK 3363 formaram o grupo com maior AF no ambiente com 70% de sombreamento.

As médias do diâmetro de caule das cultivares N 7321 RG, BMX APOLO RR, CD 232, CD 212 RR, CD 213 RR e CD 236 RR perfizeram, significativamente, grupos abrangendo todos os ambientes estudados. Não houve diferença significativa entre médias de todas as cultivares, quanto ao diâmetro de caule em 70% de sombreamento, formando assim, um grupo único neste ambiente supracitado (Tabela 6).

As cultivares CD 232, CD 212 RR, CD 213 RR, CD 236 RR, CD 235 RR, CD 202, CD 206 RR, CD 215, BRS 256 RR, BRS 284, BRS 295 RR e VMAX perfizeram o grupo de médias com menor diâmetro de caule, em 50% de sombreamento. As demais

cultivares, 63,6%, formaram o grupo com diâmetro de caule significativamente superior neste mesmo ambiente (Tabela 6).

Os coeficientes de variação de 17,1% para RBA e 12,9% para diâmetro de caule, indicam boa precisão do presente experimento, pois, segundo Pimentel Gomes (2000), em experimentos de campo, em que o coeficiente de variação (CV) for inferior a 10% considera-se o mesmo como baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão, de 10% a 20% os CVs são considerados médios, implicando em boa precisão, de 20% a 30% são julgados altos, significando baixa precisão e acima de 30% são tidos como muito altos, indicando baixíssima precisão. O apontamento feito para os referidos coeficientes de variação deste experimento se apóia na referência supracitada, porém sem considerar outros fatores, como por exemplo, a cultura em questão.

No ambiente com 70% de sombreamento, a variável RBA atingiu maiores ganhos de seleção através dos índices de seleção Mulamba e Mock (9,1%) e Distância genótipo ao ideótipo (11,8%), em comparação ao ambiente com 50% de sombreamento, com os mesmos métodos, ou seja, 7,44% e 8,59%, respectivamente. Os maiores ganhos de seleção para RBA, dentre os três ambientes avaliados, foram igualmente obtidos pelos índices utilizados no ambiente sem sombreamento (25,71%) (Tabela 7).

O ganho total estimado, em relação aos índices de seleção Mulamba e Mock e Distância do Ideótipo, foi 84,32% para ambos os índices, no ambiente sem sombreamento; 33,83% e 34,76%, respectivamente, para o ambiente 50%; e de 30,2% e 33,94%, respectivamente, para o ambiente 70%.

Tabela 7 - Estimativas de ganhos de seleção obtidos com a seleção combinada das características DC, RBA, NN, AF, CL, EST e NF resultantes da seleção de 10 cultivares de soja do total de 33 em três ambientes (níveis de sombreamento).

Índices de seleção	Ganhos de seleção (%)						
	Sem Sombreamento						
	DC	RBA	NN	AF	CL	EST	NF
Mulamba & Mock (1978)	7.02	25.71	5.01	24.93	2.97	8.53	10.15
Distância do Genótipo	7.02	25.71	5.01	24.93	2.97	8.53	10.15
	Sombreamento 50%						
Mulamba & Mock (1978)	3.32	7.44	3.53	9.94	1.03	1.38	7.19
Distância do Genótipo	5.42	8.59	3.04	10.16	0.33	-0.35	7.57
	Sombreamento 70%						
Mulamba & Mock (1978)	1.78	9.1	4.49	11.2	-0.36	-0.74	4.7
Distância do Genótipo	2.27	11,8	3,84	10,7	-0,18	0,41	5,1

O índice de Mulamba e Mock apresentou ganhos positivos para as variáveis DC, RBA, NN, AF e NF e ganhos negativos para CL e EST enquanto que o índice Distância genótipo ao ideótipo resultou em ganho negativo apenas para CL. O índice Distância do genótipo ao ideótipo propicia os melhores resultados de predição de ganhos para as características DC, RBA, e NF nos ambientes com 50% e 70% de sombreamento, em relação ao índice Mulamba e Mock (1978) (Tabela 7).

As cultivares CD 235 RR, CD 239 RR, BRS 245 RR, SYN 7059 RR, SYN 3358 RR e FUNDACEP 53 RR perfazem o grupo com maior RBA, significativamente, no ambiente sem sombreamento (Tabela 6); todas estas cultivares supracitadas estão entre as dez cultivares igualmente selecionadas pelos métodos Mulamba & Mock e Distância de

Genótipo ao Ideótipo (índice de Spearman com elevada associação entre métodos), para o mesmo ambiente avaliado, ou seja, sem sombreamento (Tabela 8). Este fato pode ser avaliado como indicativo de que os métodos de seleção Mulamba & Mock e Distância de Genótipo ao Ideótipo são adequados para seleção de cultivares para ambiente sem sombreamento, tendo em vista o RBA, que é considerado o caractere de maior importância dentre os demais avaliados neste trabalho.

As cultivares N 4990 RG, N 5909 RG, BRS 245 RR, BRS 316 RR, BRS 295 RR, SYN 7059 RR, SYN 3358 RR, BRS 184 e FUNDACEP 53 RR perfazem o grupo com maior RBA, significativamente, no ambiente com 50% de sombreamento (Tabela 6).

Tabela 8 - Cultivares de soja selecionados do total de 33 cultivares, avaliadas sem sombreamento, pelos métodos índice Mulamba e Mock (1978) (MM) e índice Distância do Genótipo ao Ideótipo(DGI).

Ordem	Sem Sombreamento			
	Mulamba & Mock		Distância Genótipo-Ideótipo	
	Cultivares	I_i	Cultivares	I_{DCI}
1	SYN 3358 RR	453,35	SYN 3358 RR	0,0016
2	CD 235 RR	545,52	CD 235 RR	0,0098
3	CD 239 RR	554,29	CD 239 RR	0,0117
4	SYN 7059 RR	779,61	SYN 7059 RR	0,0121
5	BRS 256 RR	788,61	BRS 256 RR	0,0147
6	CD 206	1056,36	CD 206	0,0152
7	BRS 245 RR	1204,08	BRS 245 RR	0,0156
8	BRS 284	1492,03	BRS 284	0,0156
9	BRS 316 RR	1530,44	BRS 316 RR	0,0165
10	Fundacep 53 RR	1604,06	Fundacep 53 RR	0,0177

Correlação de Spearman (Spearman Rank)

MM (Sem sombreamento) X DGI (Sem sombreamento) = 1^{***}

MM (Sem sombreamento) X MM (Sombreamento 50%) = 0,8^{ns}

MM (Sem sombreamento) X DGI (Sombreamento 50%) = 0,2^{ns}

MM (Sem sombreamento) X DGI (Sombreamento 70%) = -0,8^{ns}

DGI (Sem sombreamento) X MM (Sombreamento 50%) = 0,95*

**** Significativo pelo teste t em nível de 0,01%, 1% ou 5% de probabilidade de erro, respectivamente; ^{ns} Não significativo pelo teste t.

Cinco destas cultivares supracitadas (Tabela 6) estão entre as dez cultivares selecionadas pelo método Mulamba & Mock e, seis destas cultivares estão entre as dez selecionadas pelo método Distância de Genótipo ao Ideótipo, para o mesmo ambiente avaliado (sombreamento 50%) (Tabela 9).

Em ambiente com 70% de sombreamento, as cultivares N 4990 RG, A 6411 RG, BMX APOLO RR, BMX TURBO RR, CD 232, CD 213 RR, CD 236 RR, CD 233 RR, BRS 256 RR, BRS 245 RR, BRS 284, BRS 316 RR, BRS 295 RR, VMAX, NK 3363, SYN 7059 RR e FUNDACEP 53 RR perfazem o grupo com maior RBA, significativamente (Tabela 6). Nove destas cultivares supracitadas estão entre as dez cultivares selecionadas pelo método Mulamba & Mock e, dez destas cultivares estão entre as dez selecionadas pelo método Distância de Genótipo ao Ideótipo, para o mesmo ambiente avaliado (sombreamento 70%) (Tabela 9), considerando nove o número de cultivares que compõe o grupo de maior RBA em ambiente com 50% de sombreamento, e, dezessete o número de cultivares que compõe o grupo de maior RBA em ambiente com 70% de sombreamento (Tabela 6). Os métodos Mulamba e Mock e Distância de Genótipo

ao Ideótipo selecionaram um número menor de cultivares, nos ambientes com sombreamento 50% (proporção de 50% e 60%, respectivamente) e 70% (proporção de 52,9% e 58,8%, respectivamente) (Tabela 9), em relação ao total apresentado pelos grupos de médias (Tabela 6). Esse menor número de cultivares selecionadas pelos métodos, em ambientes sombreados, ocorreu pelo fato que mesmo com produção superior de biomassa, algumas cultivares apresentam elevado estiolamento. O comportamento dessas cultivares é indesejável em cultivos com sombreamento, por que o estiolamento afeta o desempenho agrônomo da soja. O estiolamento ocorre em função da maior sensibilidade à redução da razão entre os comprimentos de onda vermelho/vermelho extremo; este fato implica exatamente em respostas morfológicas de redução da emissão de ramificações, aumento da estatura e redução do diâmetro de caule nas plantas (VIDAL, 2010), fatores que tornam as plantas mais propensas ao acamamento.

Nas plantas em estiolamento, acontece a chamada Síndrome da Fuga da Sombra (SAS), quando o crescimento em extensão de pecíolos e internódios é favorecido, com um menor desenvolvimento foliar. Dentre os processos fisiológicos estão a aceleração do crescimento em extensão (crescimento longitudinal), rápido aumento na extensão do internódio, redução na massa específica de caule, rápido aumento na extensão do pecíolo, retardamento do desenvolvimento foliar, redução da área foliar e redução da espessura foliar (KENDRICK e KRONENBERG, 1993).

A seleção de cultivares com produção superior de biomassa e menores estiolamento torna-se altamente desejável. Essas referidas cultivares utilizam a extensão de sua capacidade de adaptação, dentre outros mecanismos fixados geneticamente, para expressarem estas características. Portanto, esta abordagem aponta que os métodos de seleção Mulamba & Mock e Distância de Genótipo ao Ideótipo são apropriados para seleção de cultivares para ambiente com sombreamento (em diferentes níveis), tendo em vista o RBA, que é um caractere de grande importância pela sua relação com o rendimento de grãos, e também, por ser resultante da combinação ideal de todos os demais caracteres avaliados.

Dentre as cultivares selecionadas para o ambiente com 50% de sombreamento, não houve seleção simultânea para CD 236 RR pelo índice Mulamba e Mock (1978) e, SYN 7059 RR pelo índice Distância do genótipo ao Ideótipo. O mesmo ocorreu no ambiente com 70% de sombreamento, com as cultivares SYN 3358 RR, pelo índice Mulamba e Mock (1978), e BRS 256 RR pelo índice Distância do genótipo ao Ideótipo. Foram selecionados, simultaneamente, pelos índices Mulamba e Mock (1978) e Distância do genótipo ao ideótipo as cultivares BRS 184, BRS 295 RR, SYN 3358 RR, BRS 316 RR, CD 214 RR, CD 233 RR, FUNDACEP 53 RR, CD 239 RR e BMX APOLO RR para ambiente com 50% de sombreamento, e, as cultivares FUNDACEP 53 RR, CD 236 RR, CD 213 RR, CD 232, CD 233 RR, A 6411 RG, N 4990 RG, BRS 245 RR e BRS 284, para o ambiente com 70% de sombreamento. Vale destacar as cultivares CD 233 RR e FUNDACEP 53 RR, selecionados para os dois ambientes de sombreamento, nos dois índices avaliados. Também, se destacaram as cultivares CD 236 RR e SYN 3358 RR selecionados simultaneamente pelo índice Mulamba e Mock (1978), para os ambientes com sombreamento de 50%, e 70%, respectivamente, e pelos dois índices para os ambientes com sombreamento de 70% e 50%, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9 - Cultivares de soja selecionados pelos índices de Mulamba e Mock (1978) e Distância do genótipo ao Ideótipo para níveis de 50% e 70% de sombreamento.

Ordem	Sombreamento 50%				Sombreamento 70%			
	Mulamba & Mock		Distância Ideótipo		Mulamba & Mock		Distância Ideótipo	
	Cultivares	I _j	Cultivares	I _{DGI}	Cultivares	I _j	Cultivares	I _{DGI}
1	BRS 184	216,82	BRS 184	1,24	Fundacep 53 RR	313,79	Fundacep 53 RR	2,95
2	BRS 295 RR	384,14	SYN 3358 RR	3,43	CD 236 RR	507,42	CD 236 RR	4,25
3	SYN 3358 RR	598,85	BRS 295 RR	3,87	CD 213 RR	525,48	CD 213 RR	4,66
4	BRS 316 RR	757,85	BRS 316 RR	5,39	CD 232	644,51	CD 232	5,08
5	CD 214 RR	921,98	CD 214 RR	5,41	CD 233 RR	685,04	CD 233 RR	5,13
6	CD 233 RR	965,06	Fundacep 53 RR	6,22	N 6411 RG	739,99	N 6411 RG	5,20
7	CD 239 RR	1041,99	CD 233 RR	6,22	BRS 245 RR	984,02	N 4990 RG	5,90
8	Fundacep 53 RR	1052,73	CD 239 RR	6,32	SYN 3358 RR	985,64	BRS 245 RR	6,14
9	BMX APOLO RR	1109,14	SYN 7059 RR	7,01	N 4990 RG	1026,92	BRS 284	6,57
10	CD 236 RR	1252,11	BMX APOLO RR	7,03	BRS 284	1079,22	BRS 256 RR	7,03

Correlação de Spearman (Spearman Rank)

Mulamba e Mock (Sombreamento 50%) X Distância do Genótipo ao Ideótipo (Sombreamento 50%) = 0,95**

Mulamba e Mock (Sombreamento 70%) X Distância do Genótipo ao Ideótipo (Sombreamento 70%) = 0,98**

Mulamba e Mock (Sombreamento 50%) X Mulamba e Mock (Sombreamento 70%) = -0,8^{ns}

Mulamba e Mock (Sombreamento 50%) X Distância do Genótipo ao Ideótipo (Sombreamento 70%) = -0,5^{ns}

Distância do Genótipo ao Ideótipo (Sombreamento 50%) X Mulamba e Mock (Sombreamento 70%) = -0,866^{ns}

***, **, * Significativo pelo teste t em nível de 0,01%, 1% ou 5% de probabilidade de erro, respectivamente; ^{ns} Não significativo pelo teste t.

As cultivares SYN 3358 RR e FUNDACEP 53 RR foram selecionados em todos os ambientes avaliados, ou seja, com e sem sombreamento, pelos dois índices utilizados. Estes resultados apontam que estes materiais possuem alto potencial de adaptabilidade (Tabelas 8 e 9).

Os índices de seleção utilizados apresentaram índice de correlação (Spearman Rank) com elevada magnitude tanto para 50% de sombreamento (0,95) quanto para 70% de sombreamento (0,98), ambos com elevada significância (Tabela 9).

Não houve correlação entre 50% e 70% de sombreamento (Correlação de Spearman= NA), pelo índice de seleção Distância do Genótipo ao Ideótipo.

De acordo com os resultados dos índices de seleção obtidos, foram selecionados 9 cultivares (27% do total de cultivares avaliados) para cada um dos ambientes com sombreamento, avaliados neste trabalho e, 10 cultivares (30% do total de cultivares avaliados) para o ambiente sem sombreamento.

Conclusões

Há variabilidade entre as cultivares de soja em relação à tolerância ao sombreamento.

Os caracteres área foliar, diâmetro de caule e número de nós apresentaram maiores efeitos positivos no RBA, em ambiente com 70% de sombreamento.

Para o ambiente com 50% de sombreamento, os maiores efeitos sobre o RBA são negativos, sendo eles apresentados pela razão de massa foliar, razão de área foliar e estatura de planta.

As cultivares selecionadas pelos índices Mulamba e Mock (1978) e Distância do genótipo ao ideótipo, apresentaram acumulação superior de biomassa, tendo em vista o menor efeito possível de estiolamento nos ambientes com 50% e 70% de sombreamento.

Os índices Mulamba e Mock (1978) e Distância do genótipo ao ideótipo possibilitam a seleção de cultivares de soja com menor EST, menor estiolamento e menos propensas ao acamamento em ambientes sombreados.

As cultivares SYN 3358 RR, CD 235 RR, CD 239 RR, SYN 7059 RR, BRS 256 RR, CD 206, BRS 245 RR, BRS 284, BRS 316 RR e FUNDACEP 53 RR apresentaram bom desempenho em acumular biomassa e nos demais caracteres avaliados em ambiente sem sombreamento.

As cultivares BRS 184, BRS 295 RR, SYN 3358 RR, BRS 316 RR, CD 214 RR, CD 233 RR, FUNDACEP 53 RR, CD 239 RR e BMX APOLO RR apresentaram bom desempenho em acumular biomassa e nos demais caracteres avaliados no ambiente com 50% de sombreamento.

As cultivares FUNDACEP 53 RR, CD 236 RR, CD 213 RR, CD 232, CD 233 RR, N 6411 RG, N 4990 RG, BRS 245 RR e BRS 284 apresentaram bom desempenho em acumular biomassa e nos demais caracteres avaliados em ambiente com 70% de sombreamento.

As cultivares CD 233 RR, FUNDACEP 53 RR, CD 236 RR e SYN 3358 RR, apresentaram dupla aptidão para os níveis de sombreamento avaliados, com boa resposta em acumulação de biomassa, sendo promissoras para cultivo em sistema de produção integração lavoura-pecuária-floresta.

As cultivares FUNDACEP 53 RR e SYN 3358 RR apresentaram bom desempenho em acumulação de biomassa tanto em ambientes sombreados quanto sem sombreamento, indicando alto potencial de adaptabilidade agronômica.

BUZZELLO, G.L.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; DESCHAMPS, C.; PORÍRIO-DA-SILVA, P.; OLIVEIRA, A.B.; LUSTOSA, S.B.C.; SKORA NETO, F.; OLIVIERA, R.A. Non-parametric indices estimated by combining the accumulation of biomass and other characters to evaluate soybean cultivars in environments with and without shade. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v.33, n.3, p.310-329, 2015

- **ABSTRACT:** Three experiments were performed, and each experiment was conducted with a specific level of shading: no shading, 50% and 70% shading, obtained by the use of screens black polyethylene. Each experiment was conducted in a completely randomized experimental design with three replications. The treatments were compounds of 33 soybean cultivars with different habits of growing and degree of maturity. Based on the observed mean squares analysis of variance for each of the three experiments, a Joint Analysis was performed. There was variability among soybean cultivars in relation to shade tolerance. Leaf area, stem diameter and number of nodes contributed to the biological yield (RBA) in 70% shade. The selection of cultivars by Mulamba & Mock (1978) and the Distance from Genotype until Ideotype indexes can be displayed in order of higher selection gains in soybean in environments with 50% and 70% shading. This study aimed to evaluate the soybean cultivars competition in environments with and without shading, through resulting indices of the combinations between the production of biomass and different characters, determining the similarity between the methods.
- **KEYWORDS:** *Glycine max*; adaptability; solar radiation; sustainability.

Referências

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. [online]. v.46, n.10, 2011. ISSN 0100-204X.

CÂMARA, G. M. S. *Soja: Tecnologia da produção II*. Gil Miguel de Sousa Câmara (editor). Piracicaba: G. M. S. Câmara, 2000. 450p.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. v.34, n.2, p.277-290, 2010. ISSN 0100-0683.

COLASANTE, L. O.; COSTA, J. A. Índice de colheita e rendimento biológico na comparação da eficiência de variedades de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.16, n.2, p.225-230, 1981.

COSTA, J. A. *Cultura da soja*. Porto Alegre: I. Manica, J. A. Costa, 1996. 233p.: il. Impressão evangraf.

CRUZ, Cosme Damião. *Programa Genes - Biometria*. 1^a. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 382 p.

GARCIA, A. A. F. & SOUZA JUNIOR, C. L. de. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. *Bragantia* [online]. v.58, n.2, p.253-267, 1999. ISSN 1678-4499.

GARCIA, A. *Estudo do índice de colheita e de outras características agronômicas de dez cultivares de soja, Glycine max (L.) Merrill, e de suas correlações com a produção de grãos, em duas épocas de semeadura*. UFV, 1979. 76p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979.

HITCHIE, S. W. et al. How a soybean plant develops. Ames: Iowa State University of Science And Technology Cooperative Extension Service. *Special Report*, 53, mar. 1994. (Adaptado por J. T. Yorinori (1996).

JOHNSON, D.R.; MAJOR, D.J. Harvest index of soybeans as affected by planting data and maturity rating. *Agronomy Journal*, 41, 71-538, 1979.

KENDRICK, R.E.; KRONENBERG, G.H.M. *Photomorphogenesis in Plants*. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers: 1993. 828p.

KUSS, R. C. R. *Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da soja*. 2006. 81 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B. do; VENTURIN, N. *Eucalipto em Sistemas agroflorestais*. Lavras: UFLA, 2010. 331 p.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, s. especial, p.133-146, 2009. ISSN 1516-3598.

MELGES, E.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A. Crescimento, produção de matéria seca e produtividade de soja submetida a quatro níveis de radiação solar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.24, n.9, p. 1073-1080, 1989.

MULAMBA, N.. & MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (Zea mays L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetic and Cytology*, Giza, v.7, p.40-51, 1978.

MUNDSTOK, C. M.; THOMAS, A. L. *Soja: fatores que afetam o desenvolvimento e o rendimento*. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

PIMENTEL GOMES, F. & GARCIA, C. H. *Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. Piracicaba:FEALQ, 2002.

PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

SANTOS, J. B.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA; A. A.; COSTA, L. C. Captação e aproveitamento da radiação pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.1, p.147-153, 2003.

SHARMA-NATU, Poonam; GHILDIYAL, M. C. Potential targets for improving photosynthesis and crop yield. *Current Science*, v.88, n.12, p.1918-1928, 2005.

SILVA, M. G. de M.; e VIANA, A. P. Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional. *Revista Brasileira de Fruticultura* [online], v.34, n.2, p.525-531, 2012. ISSN 0100-2945.

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

VIDAL, Ribas A. *Interação Negativa entre Plantas: inicialismo, alelopatia e competição*. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 132p.

Recebido em 26.11.2014

Aprovado após revisão em 08.06.2015