

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM
AGRONOMIA - FITOTECNIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIVERSIDADE GENÉTICA DE
CULTIVARES DE SOJA NO CERRADO DO SUDOESTE DO PIAUÍ**

TIAGO DE OLIVEIRA SOUSA

BOM JESUS - PI
2016

DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIVERSIDADE GENÉTICA DE CULTIVARES DE SOJA NO CERRADO DO SUDOESTE DO PIAUÍ

TIAGO DE OLIVEIRA SOUSA
Engenheiro Agrônomo

Prof^a. Dr^a. Daniela Vieira Chaves (UFPI - CPCE) - Orientadora
Dr^a. Elaine Heberle (UFPI - CPCE) - Coorientadora
Prof. Dr. José Hamilton da Costa Filho (UFRN) - Coorientador
Prof. Dr. Fábio Mielezrski (UFPI - CPCE) - Coorientador

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE), como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia – Fitotecnia.

BOM JESUS - PI
2016

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIVERSIDADE GENÉTICA DE
CULTIVARES DE SOJA NO CERRADO DO SUDOESTE DO PIAUÍ**

Tiago de Oliveira Sousa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE), como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia – Fitotecnia.

Aprovada em: 16/09/2016.

Banca Examinadora

Prof^a Dr^a. Daniela Vieira Chaves (Orientadora)
UFPI - CPCE

Dr^a. Elaine Heberle (Examinadora)
UFPI - CPCE

Prof. Dr. José Hamilton da Costa Filho (Examinador externo)
UFRN

Prof^a Dr^a. Larissa de Oliveira Fontes (Examinadora)
UFPI - CPCE

Prof. Dr. Fábio Luiz Zanatta (Examinador)
UFPI - CPCE

Aos meus pais, Antonio Jucival Barros de Sousa e Maria Célia Bento de Oliveira.
Meus irmãos, Tony Mardem e Luis Neto; cunhadas Evanda e Graziela; sobrinhos,
Breno e Ellen; e minha namorada Thaís.
Meus amigos e a todas as pessoas especiais em minha vida.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Ao maravilhoso Deus; por me conceder o bem mais valioso, a vida. Por estar sempre ao meu lado, me guiando e iluminando para a realização de meus sonhos.

Aos meus pais, Antonio e Maria Célia; por serem exemplos de vida, pelo amor, ensinamentos e apoio proporcionados desde criança.

Aos meus irmãos e cunhadas, Tony e Evanda, Luis Neto e Graziela; pelo apoio, carinho e incentivo para que eu pudesse continuar em frente.

À minha namorada Thais, e aos meus sobrinhos queridos, Breno e Ellen.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Daniela Vieira Chaves; pela orientação durante a graduação e mestrado. Pelos ensinamentos, compreensão e ajuda nas horas em que foi preciso.

Aos meus coorientadores Dr^a. Elaine Heberle e Prof. Dr. José Hamilton da Costa Filho, pela amizade, companheirismo e pelos ensinamentos durante o desenvolvimento desse trabalho.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE), e todos os professores que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento profissional e pessoal.

Aos parceiros e amigos conquistados durante a execução desse projeto, em especial à todos os integrantes do Grupo de Pesquisa em Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-Colheita.

Aos colegas e amigos da graduação e mestrado, pelo companheirismo, amizade e apoio em todos os momentos.

À FAPPEPI, pela concessão da bolsa.

E à todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização desta conquista.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA DO AUTOR

TIAGO DE OLIVEIRA SOUSA, filho de Antonio Jucival Barros de Sousa e Maria Célia Bento de Oliveira Sousa, nascido em Currais, Piauí, em 08 de março de 1989. cursou o ensino de nível fundamental na cidade de origem e o ensino médio na cidade de Bom Jesus, Piauí. Em agosto de 2010, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, na cidade de Bom Jesus, Piauí. Durante a graduação participou da realização de diversas pesquisas científicas, com experimentos a campo e laboratório. Trabalhou na cidade de Currais no Programa Pro Jovem e no Programa Mais Educação. No ano letivo 2014.2 finalizou o curso de Engenharia Agrônômica. Em março de 2015 ingressou no Programa de Pós-graduação Mestrado em Agronomia - Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí – Campus Professora Cinobelina Elvas, submetendo-se a defesa de Dissertação em setembro de 2016.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	vii
GENERAL ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA	1
INTRODUÇÃO GERAL	1
1. REVISÃO DE LITERATURA	3
1.1. Importância da Cultura da Soja	3
1.2 A Expansão da Sojicultura no Brasil	4
1.3 Aspectos Gerais, Fenologia e Ecofisiologia da Soja	6
1.3 Cultivares de Soja.....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO II - DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO DE SOJA NO CERRADO DO PIAUÍ, BRASIL.....	17
RESUMO	17
ABSTRACT	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1 Localização e Descrição da Área Experimental	20
2.2 Tratamentos e Condução Experimental	21
2.3 Variáveis Avaliadas	22
2.4 Delineamento e Análises Estatísticas	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO III - DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE SOJA CULTIVADAS NO CERRADO DO SUDOESTE DO PIAUÍ.....	51
RESUMO	51
ABSTRACT	52
1. INTRODUÇÃO.....	53
2. MATERIAS E MÉTODOS.....	54
2.1 Localização e Caraterização Climática da Área Experimental	54
2.2 Estabelecimento e Condução do Experimento	55
2.3 Variáveis Determinadas.....	56
2.4 Análises Estatísticas	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4. CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69

DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIVERSIDADE GENÉTICA DE CULTIVARES DE SOJA NO CERRADO DO SUDOESTE DO PIAUÍ¹

RESUMO GERAL: A região de Cerrado do Sudoeste piauiense apresenta grande potencial para a sojicultura. O estudo sobre o desempenho agronômico e a variabilidade genética das cultivares de soja nesta região é de extrema importância, visto a carência de informações sobre os assuntos. Os resultados servirão como ferramenta de auxílio para os produtores na escolha da cultivar e para futuros programas de melhoramento genético, com o objetivo de desenvolver cultivares mais adaptadas ao cultivo na região. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o crescimento, desenvolvimento e rendimento de cultivares de soja sob cultivo em área de Cerrado do Sudoeste do Piauí e identificar genótipos promissores para futuras hibridações. Para tal, treze cultivares de soja foram cultivadas em área agrícola localizada na Serra do Pirajá, Currais, PI e avaliadas quanto a caracteres vegetativos e reprodutivos durante os estádios V4 (4 nós na haste principal com folhas completamente expandidas) a R8 (maturação plena). Após a colheita avaliaram-se os componentes de produção e rendimento. Seguiu-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. A divergência genética foi determinada pelos procedimentos de distância generalizada de Mahalanobis; método de otimização de Tocher e método hierárquico do UPGMA. Das cultivares avaliadas, as Pampeana 10 RR; Pampeana 20 RR e Pampeana 30 RR foram as que mais se destacaram quanto aos caracteres de crescimento vegetativo, indicando potencial de utilização em programas de melhoramento. As cultivares BRS 333 RR, FT Campo Novo RR, P99R03, M 9144 RR, BRS Sambaíba, M 8766 RR e P99R09 apresentaram os maiores valores para área foliar específica e teor relativo de água até os 57 dias após a semeadura. Todas as cultivares apresentaram maiores valores de razão de área foliar aos 57 dias após a semeadura e taxa assimilatória líquida no período de 57-74 dias após a semeadura. O maior potencial produtivo na região foi observado nas cultivares BRS Carnaúba (1.630,67 kg ha⁻¹), BRS Sambaíba (1.608,24 kg ha⁻¹), M 9350 (1.591,25 kg ha⁻¹), P99R09 (1.569,31 kg ha⁻¹), P99R03 (1.397,86 kg ha⁻¹) e FT Paragominas RR (1.353,89 kg ha⁻¹), enquanto que as menores produtividades foram obtidas nas cultivares Pampeana 10 RR (888,15 kg ha⁻¹) e Pampeana 20 RR (920,01 kg ha⁻¹). Observou-se a existência de variabilidade genética entre as cultivares estudadas, sendo que, nas condições deste trabalho, constatou-se que as hibridações entre as cultivares Pampeana 10 RR x FT Campo Novo RR, BRS Sambaíba, M 9350, M 9144 RR, P99R03 ou P99R09; entre M 8766 RR x Pampeana 20 RR, Pampeana 30 RR ou P99R09; e entre P99R09 x Pampeana 20 RR ou Pampeana 30 RR, demonstram-se promissoras para futuras hibridações com a finalidade de desenvolver cultivar adaptada às condições de cultivo na região de Cerrado do Sudoeste do Piauí.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, Análise de crescimento, Índices fisiológicos, Variabilidade genética, Produtividade, Matopiba.

¹ Dissertação de Mestrado em Agronomia – Fitotecnia, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI). Universidade Federal do Piauí (UFPI). Bom Jesus – PI, 2016. 79p.

AGRONOMIC PERFORMANCE AND GENETIC DIVERGENCE BETWEEN SOYBEAN CULTIVARS IN THE PIAUÍ SOUTHWEST CERRADO¹

GENERAL ABSTRACT: The Southwest Cerrado region of Piauí presents great potential for soybeans. The study on the agronomic performance and the genetic variability of soybean cultivars in this region is extremely important, given the lack of information about the subjects. The results will serve as a support tool for producers in choosing the cultivar and for future breeding programs, with the objective of developing cultivars more adapted to the cultivation in the region. The objective of this work was to evaluate the growth, development and yield of soybean cultivars under cultivation in the Cerrado area of the Southwest of Piauí and to identify promising genotypes for future hybridizations. To that end, thirteen soybean cultivars were grown in an agricultural area located in Serra do Pirajá, Currais, PI and evaluated for vegetative and reproductive characteristics during V4 stages (4 nodes on the main stem with fully expanded leaves) at R8 (full maturation) . After the harvest, the production and yield components were evaluated. A randomized block design with four replications was followed. Genetic divergence was determined by Mahalanobis generalized distance procedures; Tocher optimization method and UPGMA hierarchical method. Of the cultivars evaluated, the Pampeana 10 RR; Pampeana 20 RR and Pampeana 30 RR were the ones that stood out the most regarding the characteristics of vegetative growth, indicating potential of use in breeding programs. The cultivars BRS 333 RR, FT Campo Novo RR, P99R03, M 9144 RR, BRS Sambaíba, M 8766 RR and P99R09 presented the highest values for specific leaf area and relative water content up to 57 days after sowing. All cultivars showed higher values of leaf area ratio at 57 days after sowing and net assimilation rate in the period of 57-74 days after sowing. The highest productive potential in the region was observed in BRS Carnaúba (1,630.67 kg ha⁻¹), BRS Sambaíba (1,608,24 kg ha⁻¹), M 9350 (1,591,25 kg ha⁻¹), P99R09 (P <0.05 kg ha⁻¹), P99R03 (1,397.86 kg ha⁻¹) and FT Paragominas RR (1,353.89 kg ha⁻¹), while the lowest yields were obtained in the cultivars Pampeana 10 RR (888,15 kg ha⁻¹) and Pampeana 20 RR (920.01 kg ha⁻¹). It was observed the existence of genetic variability among the studied cultivars, being that, under the conditions of this work, it was verified that the hybridizations between the cultivars Pampeana 10 RR x FT Campo Novo RR, BRS Sambaíba, M 9350, M 9144 RR, P99R03 Or P99R09; Between M 8766 RR x Pampeana 20 RR, Pampeana 30 RR or P99R09; And between P99R09 x Pampeana 20 RR or Pampeana 30 RR, are promising for future hybridizations with the purpose of developing cultivar adapted to the cultivation conditions in the Cerrado region of the Southwest of Piauí.

Keywords : *Glycine max* (L.) Merrill, Growth analysis, Physiological indices, Genetic Variability, Productivity, Matopiba.

¹ Part of the master Dissertation in Agronomy – Plant Sciences, with support from Foundation for Research Support of the State of Piauí (FAPEPI). Federal University of the Piauí (UFPI). Bom Jesus – PI, 2016. 79p.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA¹

INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma espécie cultivada em praticamente todo o Brasil, e uma das oleaginosas de maior interesse socioeconômico em todo o mundo, em função da geração de emprego e renda, importância de seus produtos, produtividade e da possibilidade de cultivo em ambientes diversos (SILVA et al., 2010).

A grande demanda impulsionou a expansão da cultura no país, devido a tomada de áreas de outras culturas e pela inclusão de novas áreas agrícolas (REZENDE e CARVALHO, 2007). Fato possibilitado pelo desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, principalmente relacionadas com a sensibilidade ao fotoperíodo, pela inclusão de fotoperíodo juvenil longo (SEDIYAMA et al., 2015).

A expansão agrícola nacional, provocou o surgimento de uma nova fronteira agrícola, denominada Matopiba, incluindo áreas do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, nas regiões Norte e Nordeste, com latitudes entre 15 e 2 °S (MIRANDA et al., 2014).

No Piauí, a exploração agrícola ocorre nos chapadões das Serras, localizadas no bioma Cerrado, no Sudoeste do estado (REIS, 2015). A região é apontada como promissora para o cultivo de grãos, devido as condições edafoclimáticas e topográficas, e pela localização que favorece seu escoamento aos portos de exportação (RIBEIRO, 2013). A sojicultura é uma das principais atividades agrícolas na região, ocupando na safra 2015/16 área aproximada de 565,0 mil ha, com produtividade média de 1.143 kg ha⁻¹ e produção de 645,8 mil toneladas (CONAB, 2016).

O desempenho e potencial produtivo da soja são determinados pelos componentes genético e ambiental, e da interação planta-ambiente. Entre os fatores climáticos, os de maior influência são a disponibilidade hídrica, temperatura, radiação solar e fotoperíodo (SEDIYAMA et al., 2015).

O fotoperíodo é considerado limitante para a introdução de novas cultivares em diferentes latitudes (REZENDE e CARVALHO, 2007). Ele determina a duração do ciclo, principal fator de indução à floração, alterando a fase vegetativa para reprodutiva.

¹ Parte da Dissertação de Mestrado em Agronomia – Fitotecnia, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI). Universidade Federal do Piauí (UFPI). Bom Jesus – PI, p.17- 50, 2016.

A duração da fase vegetativa não deve ser muito reduzida, pois nela ocorre a maior parte do desenvolvimento vegetativo e potencial produtivo, e ocorre acúmulo de fotossintatos necessários para a fase reprodutiva. Assim, cultivares com alta sensibilidade fotoperiódica, quando cultivadas em região de baixa latitude, podem florescer precocemente, comprometendo o desenvolvimento vegetativo e, reduzir o rendimento da cultura (MARCOS-FILHO, 2015; SEDIYAMA et al., 2015).

A região do Sudoeste do Piauí (latitude de 9 °Sul) apresenta duas estações, uma seca (maio a outubro) com temperatura média de 34,3 °C, e outra chuvosa (novembro a abril) com temperatura média de 32,6 °C (SALVADOR, 2014). Entre os limitantes à sojicultura na região estão o fotoperíodo e a baixa ou má distribuição de chuvas que levam ao déficit hídrico que, quando aliado a temperaturas elevadas, pode afetar negativamente o desenvolvimento e produtividade da cultura (REIS, 2015).

Estudos sobre o desempenho das cultivares de soja em determinado local são fundamentais para o conhecimento da ecofisiologia delas sob condições específicas (VERNETTI, 1983). Estes podem ser realizados mediante a utilização de técnicas de análise de crescimento, que utilizam-se de índices de avaliação de caracteres morfofisiológicos das plantas e do rendimento, resultantes dos processos fisiológicos (BENINCASA, 2004). Os resultados podem ser utilizados para identificação das cultivares mais adaptadas às condições (BOHN et al., 2016; CRUZ et al., 2011).

A determinação de variabilidade genética, assim como a determinação dos caracteres que mais a afetam, são fundamentais para a identificação de genótipos que apresentam-se promissoras para utilização em programas de melhoramento genético a fim de desenvolver cultivares mais adaptadas à região (SANTOS et al., 2011).

A adaptação de cultivares de soja ao Cerrado do Piauí ainda é um dos grandes desafios para os pesquisadores e produtores regionais, visto a baixa disponibilidade de informações técnicas e científicas. Logo, a realização de ensaios para avaliação do comportamento e identificação das melhores cultivares neste ambiente poderão contribuir significativamente para o setor produtivo de soja nesta região.

Portanto, este trabalho apresenta os resultados de ensaio que objetivou avaliar o crescimento, desenvolvimento e rendimento de cultivares de soja sob cultivo em área de Cerrado do Sudoeste do Piauí e identificar genótipos promissores para futuras hibridações.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1. 1. Importância da Cultura da Soja

A soja é a espécie oleaginosa mais cultivada e consumida em todo o mundo, devido principalmente a composição de seus grãos, ricos em proteína (de 30 a 53%) e óleo (13 a 28%) (SEDIYAMA et al., 2015). Estes constiuem-se na principal fonte de farelo proteico e óleo vegetal, destinados para o consumo animal e humano, além de seu uso para produção de biodiesel e de diversas outras finalidades.

A espécie tem grande valor socioeconômico, sendo considerada a fonte de proteína com menor custo de produção, colocando-a em lugar de destaque frente a crescente demanda por alimentos. Sua cadeia produtiva gera grande número de empregos, contribuindo para a distribuição de renda. Segundo Paiva et al. (2006), cada emprego rural ligado à cultura gera outros seis postos de trabalho na cadeia agroindustrial, estimando-se 9 milhões de empregos atribuídos à sojicultora. E de acordo com Hirakuri e Lazarotto (2011), para cada hectare de soja cultivada no Brasil são gerados cerca de 0,24 empregos em todo o complexo sojícola.

A soja é a principal cultura agrícola do Brasil, sua produção levou à ocupação de novas áreas, estimulando o desenvolvimento de várias cidades, a abertura e melhoria de novas rodovias, desenvolvimento de municípios, implantação de indústrias de máquinas (PAIVA et al., 2006), equipamentos, insumos e empresas ligadas ao setor produtivo e de comercialização de grãos, entre outros.

O aumento da produção está relacionado ao aumento da produtividade e da área cultivada, pela oferta de tecnologias que possibilitaram a expansão dessa oleaginosa no território nacional (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2011) e a ocupação de novas áreas, anteriormente consideradas impróprias para o cultivo.

No cenário do agronegócio nacional, destaca-se como a cultura de maior participação no Produto Interno Bruto (PIB) e a que atingiu o maior crescimento em produção nas últimas três décadas (MAPA, 2016), ocupando, na safra 2015/16, 57,02% da área total cultivada (CONAB, 2016). Tal fato levou o Brasil ocupar, na safra 2015/16, o segundo maior produtor de grãos de soja. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, o país teve produção de 96,5 milhões de t (em área de 33,1 milhões ha e produtividade média de 2,92 t ha⁻¹), ficando atrás somente dos Estados

Unidos (106,9 milhões de t, 33,11 milhões ha e 3,23 t ha⁻¹) e a frente de países como a Argentina e China, seus principais concorrentes (USDA, 2016).

1.2 A Expansão da Sojicultura no Brasil

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma espécie leguminosa pertencente à família das Fabáceas, originada na China, domesticada em regiões com faixa de latitudes compreendidas entre 30 e 45 °N (SEDIYAMA et al., 2015) e atualmente disseminada em quase todo o mundo.

A espécie foi introduzida no Brasil, segundo Sedyama et al. (2015), a partir dos Estados Unidos por volta de 1882, sendo cultivada na Bahia com finalidade forrageira, no entanto as cultivares não apresentavam boa adaptação em regiões com latitude na faixa dos 12 °S. Por volta de 1908, novas cultivares introduzidas em São Paulo (latitude 22 °S) demonstraram melhor adaptação, mas foi no Rio Grande do Sul (latitude 22 a 30 °S) que elas efetivamente mostraram bom desenvolvimento.

A produção comercial de grãos de soja no Brasil iniciou-se por volta de 1935 no Rio Grande do Sul. Cerca de duas décadas depois, a sojicultura expandiu-se para as outras regiões do país, estimulada pelo estabelecimento de indústrias de processamento e incentivos do governo, entre outros. A partir daí, e com a crescente demanda por matéria-prima protéica nos países desenvolvidos, houve aumento da produção e rápida expansão da área de cultivo desta leguminosa, da região Sul para o Sudeste e Centro-oeste (SEDIYAMA et al., 2015).

A partir da década de 1970 o cultivo de soja expandiu-se para as regiões de Cerrado, intensificando-se no Norte e Nordeste do país na década de 1990, em consequência de incentivos do governo, topografia plana, baixos preços das terras e desenvolvimento de cultivares mais adaptadas às condições edafoclimáticas locais (SEDIYAMA et al., 2015) e imigração de produtores dos estados da região Sul e de São Paulo, principalmente. Assim, a expansão da fronteira agrícola incorporou áreas de Cerrado na atividade sojícola, com faixas de latitudes de 20 a 5 °S (URBEN FILHO e SOUZA, 1993).

Atualmente, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), as lavouras de soja encontram-se concentradas nas regiões Centro-Sul, com aproximadamente 80% da área nacional cultivada (28.797,4 mil ha, produção de

86.508,6 mil t e produtividade média 3.004 kg ha⁻¹). Contudo, o desenvolvimento de novas tecnologias e a expansão agrícola tem levado à ocupação e exploração de novas áreas com potencial para o desenvolvimento da sojicultura. Entre estas, cita-se as regiões do Norte e Nordeste do país, com pouco mais de 13% da área nacional cultivada (4.454,5 mil ha, produção de 8.926,0 mil t e produtividade média 2.004 kg ha⁻¹), que englobam a nova fronteira agrícola denominada Matopiba, abrangendo os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MIRANDA et al., 2014).

A região do Matopiba apresenta ainda grande potencial para a expansão do cultivo agrícola, especialmente para a soja, devido a possibilidade de expansão de campos produtivos em larga escala e de baixo custo, vantagens comparadas as outras regiões onde ocorre competição da cultura com outras de interesse econômico.

Pesquisadores tem apontado a região do Cerrado piauiense como uma área de grande potencial para produção de grãos, incluindo a soja. A cultura ocupou, na safra 2015/16, área aproximada de 565,0 mil ha, com produtividade média de 1.143 kg ha⁻¹ e produção de 645,8 mil toneladas (CONAB, 2016). A implementação da sojicultura no Cerrado da microrregião do Alto Médio Gurguéia, ao Sul do Estado do Piauí, trouxe avanços significativos à economia das localidades, provocada especialmente pela movimentação do agronegócio (SANTOS, 2013).

Tal fato foi possibilitado principalmente pelos avanços em pesquisas científicas e programas de melhoramento destinados à obtenção de novas cultivares mais produtivas e adaptadas às condições das diferentes regiões, principalmente quanto a sensibilidade fotoperiódica. Além disso, novas tecnologias para manejo do solo, pragas e doenças têm possibilitado avaliar o potencial de adaptabilidade e estabilidade da cultura sob as mais distintas condições de cultivo (FREITAS, 2011).

No entanto, a expansão e a eficiência produtiva da soja no Cerrado piauiense, assim como em outras regiões similares, dependem ainda do conhecimento do desempenho agrônômico e da adaptabilidade das cultivares existentes neste ambiente. E, sobretudo, do desenvolvimento de novas cultivares específicas para cultivo nesta região, que podem ser desenvolvidas a partir dos genótipos já existentes, selecionando-se como progenitores aquelas que apresentam caracteres desejáveis.

1.3 Aspectos Gerais, Fenologia e Ecofisiologia da Soja

A soja pertencente à família das Fabaceas, é planta anual, herbácea, com hábito de crescimento de ereto a prostrado, tipo de crescimento determinado, semideterminado ou indeterminado, de polinização autógama. Apresenta grande variabilidade para as características morfológicas de acordo com as cultivares, sendo a morfologia influenciada pelo ambiente (SEDIYAMA et al., 2015).

Quanto a fenologia, a classificação mais utilizada para a soja é a desenvolvida por Fehr e Caviness (1977), que dividem o ciclo em duas fases de desenvolvimento principais: vegetativa (estádios denominados por V) e reprodutiva (estádios denominados por R) (Tabela 1).

Tabela 1. Fenologia da soja, segundo Fehr e Caviness (1977)

Estádio	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo e com ângulo $\geq 90^\circ$ com os respectivos hipocótilos.
VC	Cotilédone	Cotilédones completamente abertos/expandidos.
V1	Primeiro Nó	Folhas unifoliadas completamente desenvolvidas
V2	Segundo nó	1ª triólio completamente desenvolvido ¹ .
Vn	Enésimo nó	Ante-enésimo trifólio desenvolvido.
R1	Início do florescimento	1 flor aberta em qualquer nó da haste principal.
R2	Florescimento pleno	1 flor aberta em um dos dois últimos nós da haste principal com trifólio completamente desenvolvido.
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento em um dos 4 últimos nós da haste principal com trifólio completamente desenvolvido.
R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento em um dos 4 últimos nós da haste principal com trifólio completamente desenvolvido.
R5	Início do enchimento de grãos	Grão com 3 mm de comprimento em vagem de um dos 4 últimos nós da haste principal com trifólio completamente desenvolvido.
R6	Grão cheio o completo	Vagem contendo grãos verdes na cavidade da vagem de um dos 4 últimos nós da haste principal com trifólio completamente desenvolvido.
R7	Início da maturação	Uma vagem normal da haste principal com coloração de madura.
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura.

¹Trifólio completamente desenvolvido quando os folíolos estão totalmente abertos e os folíolos do nó acima não mais se tocam.

Na soja, a fase R3.5 é caracterizada pelo cessamento do desenvolvimento da haste e da folha na maioria das cultivares de tipo de crescimento indeterminado. O estágio R4 marca o início do período mais crítico de desenvolvimento da planta quanto à determinação do rendimento. O estresse nesta fase, como devido ao déficit hídrico, resulta em redução da produtividade (CORRÊA, 2008). O estágio R5 é caracterizado pelo máximo acúmulo de massa de matéria seca (BOARD e MARICHERLA, 2008). A maturidade fisiológica geralmente é observada em R7 e a maturação completa é determinada quando 95% das vagens apresentam-se com coloração de maduras.

A sensibilidade da cultura na fase reprodutiva é maior que na fase vegetativa, visto que qualquer estresse prejudicial à fotossíntese na fase reprodutiva tem efeito na produtividade e na composição das sementes/grãos (teor de óleo e proteína) (ALAMBERT, 2010).

O conhecimento da fenologia permite compreender a influência das condições climáticas específicas sobre cada cultivar. Essas informações são de fundamental importância na escolha da cultivar a ser utilizada, é fundamental também para a programação de práticas como o controle de doenças que requerem, para seu sucesso, aplicações em estádios de desenvolvimento bem definidos (OLIVEIRA, 2010).

O desenvolvimento da planta de soja é influenciado por fatores genéticos, ambientais e interação entre os dois. Entre os fatores ambientais, os mais importantes são a temperatura, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, umidade do solo, radiação solar e, principalmente, o fotoperíodo (SEDIYAMA et al., 2015). Existe grande variabilidade entre as cultivares quanto a sensibilidade a esses fatores, sendo que o último é considerado o principal determinante da adaptação das cultivares à uma determinada região (REZENDE e CARVALHO, 2007).

O fotoperíodo é um fator que exerce grande influência sobre o número de primórdios reprodutivos e taxas de desenvolvimento da cultura, com reflexos sobre a altura de planta, a duração do ciclo e seu potencial produtivo (JIANG et al., 2011; RODRIGUES et al., 2006; SEDIYAMA et al., 2015). A sensibilidade é característica variável entre as cultivares de soja, sendo que acima do fotoperíodo crítico o florescimento é atrasado, por isso a soja é considerada uma planta de dia curto. Assim,

cultivares das regiões de latitudes elevadas florescem muito cedo quando cultivadas nas regiões de dia curto (VERNETTI, 1983).

O ciclo da cultivar aumenta com a altitude e com a latitude (Norte para Sul), e diminui em regiões de menor altitude e quando se desloca do Sul para o Norte (SEDIYAMA et al., 2015). Segundo os autores, a sensibilidade fotoperiódica não ocorre durante todo o ciclo da soja, as plantas de soja são insensíveis ao fotoperíodo até o estágio fenológico V1, sendo este período chamado de período juvenil.

De modo geral, as cultivares atualmente utilizadas nas regiões do Cerrado brasileiro foram melhoradas geneticamente para apresentarem menor sensibilidade ao fotoperíodo, devido aos menores períodos luminosos localizados na região central, Norte e Nordeste do Brasil, quando comparadas com regiões dos estados do Sul, na estação do verão (SEDIYAMA et al., 2015).

Além do fotoperíodo, a temperatura é outro fator que afeta diretamente a indução floral da cultura da soja, interferindo desse modo no ciclo e na biometria das plantas. Por ser uma planta com metabolismo C3 de fixação de carbono, a soja tem melhor adaptação às regiões onde as temperaturas oscilem entre 20 e 30 °C, sendo seu desenvolvimento ideal em 30 °C e, abaixo de 10 °C o seu crescimento é paralisado (EGLI e WARDLAW, 1980; FARIAS et al., 2009; SEDIYAMA et al., 2015).

1.4 Cultivares de Soja

O desenvolvimento de novas cultivares de soja tem colaborado para os aumentos de produtividade e estabilidade de produção, sem custos adicionais ao agricultor durante o manejo da cultura. Uma cultivar de soja, para ser recomendada para uma determinada região, deve apresentar características favoráveis como alta produtividade, ampla adaptabilidade e estabilidade aos mais variados ambientes existentes na região onde a mesma vai ser recomendada (ALMEIDA et al., 1999).

Por ser considerada uma planta de dias curtos (noites longas), grande parte da área mundial é cultivada em latitudes maiores que 30 °, onde prevalecem condições de clima temperado (ROCHA, 2009). O Brasil é uma exceção, pois nas duas últimas décadas a sojicultura é realizada predominantemente em regiões de climas tropical e subtropical.

Essa expansão foi possibilitada pelo desenvolvimento de cultivares melhoradas, com características agrônômicas de melhor adaptação às condições

edafoclimáticas dos trópicos, tecnologia esta genuinamente brasileira, representada pelas sementes de ‘cultivares tropicais’ e, assim, permitindo o cultivo da soja em regiões antes consideradas inaptas (ROCHA, 2009).

O melhoramento genético da soja é um processo contínuo de desenvolvimento de novas cultivares. As hibridações são realizadas para desenvolver germoplasma com variabilidade genética e as populações segregantes são conduzidas por métodos tradicionais de melhoramento de plantas autógamas, para permitir a seleção e a avaliação de genótipos com as características agronômicas desejadas (ALMEIDA et al., 1999).

O cultivo da soja no Brasil é realizado em considerável diversidade de ambientes. Isso faz com que uma mesma cultivar possa alcançar diferentes ciclos, conforme as condições de manejo e, principalmente, das condições edafoclimáticas locais, notadamente no que diz respeito à latitude e altitude (EMBRAPA, 2008).

De acordo com Sedyama et al. (2015), a maioria das cultivares de soja brasileiras apresentam ciclo de 90 a 150 dias, mas segundo a Embrapa (2008) as cultivares mais utilizadas tem ciclo de 122 a 137 dias. Neves (2011) classifica as cultivares de soja de acordo com o ciclo como: precoces (até 110 dias), médios (111 a 125) e tardios (> 125 dias).

Na cultura da soja, as cultivares de ciclo longo e com plantas de estatura elevada são as características que costumam apresentar maior habilidade competitiva à cultura (BENNETT e SHAW, 2000). Em geral, essas características correlacionam-se positivamente com a produção de grãos, pois têm relação com a maior quantidade de massa seca produzida, sendo que a produção de fitomassa representa a reserva potencial da planta para investir na formação de estruturas reprodutivas e no enchimento de grãos (DYBING, 1994).

As cultivares de soja são classificadas, com base na adaptação e estabilidade produtiva em determinadas faixas de latitude relacionadas com a sensibilidade ao fotoperíodo, em grupos de maturidade relativa (SEDIYAMA et al., 2015). Segundo os autores, as cultivares brasileiras pertencem aos grupos 5.0 (região Sul) a 10.0 (regiões próximas a linha do Equador), variando quanto a duração do ciclo, hábito e tipo de crescimento e caracteres morfofisiológicos, influenciados pelo meio de cultivo. De forma

geral, para cada aumento de número depois do ponto tem-se de 1,5 a 2 dias a mais de ciclo (MEDEIROS, 2009)

De acordo com essa classificação, as cultivares indicadas para cultivo no estado do Piauí apresentam faixa de latitude correspondente a grupos de maturidade relativa entre 8 a 9. Esta classificação possibilita um refinamento na informação, uma vez que oferece uma precisão maior quanto ao tempo que uma determinada cultivar vai levar para chegar a sua maturação plena.

Quanto ao hábito de crescimento, as cultivares de soja podem ser de crescimento determinado ou indeterminado, que varia de acordo com as características do ápice do caule principal (ROCHA, 2009). As de crescimento determinado geralmente cessam o crescimento em altura após o florescimento, enquanto que as de crescimento indeterminado continuam crescendo vegetativamente após a floração (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005; SEDIYAMA et al., 2015). Não foram comprovadas vantagens de um tipo de crescimento sobre o outro quanto ao rendimento de grãos, porém, a grande maioria das variedades cultivadas no Brasil é de crescimento determinado.

A adaptação de cultivares de soja às condições edafoclimáticas do Cerrado do Piauí representa uma das principais demandas para o aumento da produção na região. A seleção por meio do conhecimento da adaptabilidade e estabilidade das cultivares em condições diversas de produção é considerada a alternativa mais adequada para contribuir com o aumento da produtividade e da produção agrícola da soja nesta região (OLIVEIRA, 2010).

Dentre as formas de avaliar a adaptação da planta a diferentes condições de cultivo, destaca-se a análise de crescimento. Esta possibilita identificar diferenças entre as cultivares e permite estabelecer relações entre a planta e o ambiente, através dos parâmetros fisiológicos e elementos climáticos, edáficos e fitotécnicos, com o objetivo de verificar o desempenho dos diferentes genótipos (CRUZ et al., 2011).

A análise é baseada no fato de que cerca de que praticamente toda a matéria seca acumulada pelas plantas durante o ciclo é resultante da atividade fotossintética, possibilitando avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no desenvolvimento total (BENINCASA, 2004; MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

Dentre as análises de crescimento comumente utilizadas destacam-se a altura de planta, massa seca da parte aérea, área foliar, número de folhas trifolioladas, espessura do colmo e número de ramificações (BOHN et al., 2016; PEIXOTO et al., 2012), entre outras.

Também é comum a utilização de índices fisiológicos, que apresentam grande potencial para a identificação de materiais promissores, além de permitir a identificação de características de crescimento inicial, possivelmente associadas ao aumento no rendimento da planta adulta. Estes são utilizados para a compreensão dos processos intrínsecos que respondem pelo crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas, como a taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento da cultura, taxa assimilatória líquida, razão de área foliar e o índice de colheita (BENINCASA, 2004; PEIXOTO et al., 2012; SILVA et al., 2010), entre outros. A análise de crescimento e os índices fisiológicos expressam as condições morfofisiológicas da planta e quantificam a produção líquida derivada do processo fotossintético, que são influenciados pelos fatores bióticos e abióticos (LARCHER, 1995).

Diante da grande variabilidade de cultivares e variação das condições de cultivo da soja, essas informações são de grande importância para o estabelecimento de programas de melhoramento genético vegetal, principalmente como critério de seleção para identificação de genótipos superiores para uso em lavouras no Sudoeste do Piauí. Desta forma, grande importância também tem sido dada aos estudos sobre divergência genética entre as cultivares, em função da importância de selecionar aquelas com potencial para serem utilizadas em hibridações promissoras para obtenção de população segregante e desenvolvimento de novas cultivares (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

O progresso genético direcionado está relacionado à existência de variabilidade genética (FARIA et al., 2007). A utilização de técnicas multivariadas para estimar a divergência genética tem sido empregada em vários trabalhos e em diversas culturas, tais como milho (MELO, 2001), feijão (CEOLIN et al., 2007) e soja (FARIA et al., 2007).

Dentre as técnicas multivariadas, os métodos de agrupamentos são bastante utilizados. A escolha do método mais adequado tem sido determinado de acordo com o objetivo do pesquisador, pela facilidade da análise e pela forma de obtenção dos dados (CRUZ e REGAZZI, 2004). Os métodos de agrupamento têm por finalidade separar um

grupo original de observações em vários subgrupos, de forma a obter homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os subgrupos. Dentre estes métodos, os hierárquicos e os de otimização são empregados em grande escala pelos melhoristas vegetais (CRUZ et al., 2011).

Nos métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, sendo estabelecido um dendrograma, sem preocupação com o número ótimo de grupos. Para este caso, Cruz e Regazzi (2004) apresentam três formas distintas de representar a estrutura de agrupamento com base na distância entre os pares de genótipos: a) utilizando a média das distâncias entre todos os pares de genótipos para formação de cada grupo, denominado método da distância média (UPGMA); b) utilizando a menor distância existente entre um par de genótipos, denominado de método do vizinho mais próximo ou da ligação simples e c) utilizando a maior distância encontrada entre um par de genótipos, denominado de método do vizinho mais distante ou ligação completa.

Nos métodos de otimização, por sua vez, os grupos são estabelecidos aperfeiçoando determinado critério de agrupamento, diferindo dos métodos hierárquicos pelo fato de os grupos formados serem mutuamente exclusivos (CRUZ e REGAZZI, 2004). No método de otimização proposto por Tocher, é adotado o critério de manter a distância média intragrupos sempre inferior a qualquer distância intergrupos.

Observa-se que a região de Cerrado do Sudoeste do Piauí apresenta particularidades, como a ocorrência de veranicos (estiagem) durante o período da safra que afetam o desempenho da soja neste ambiente. Diante deste cenário, experimentos que pesquisem o comportamento de cultivares em face das condições ambientais assumem um carácter primordial para a identificação e recomendação das cultivares mais adaptadas.

Os resultados de pesquisas científicas realizadas com a cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia ainda são escassas. Dentre esses cita-se os de Rocha (2009) e Rocha et al. (2012), sobre desempenho agrônomico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina - PI, e de Bohn et al. (2016), sobre identificação de cultivares de soja para a região sudoeste do Cerrado piauiense.

Portanto, são fundamentais ao desenvolvimento da sojicultura no Sudoeste do piauiense, mais trabalhos voltados para avaliação do desempenho e identificação de

genótipos promissores e competitivos, portadores de genes capazes de expressar alta produtividade, ampla adaptação e boa resistência/tolerância a fatores bióticos ou abióticos adversos, e que possam ser utilizadas para o desenvolvimento de cultivares melhoras para a região, além de fornecer subsídios que auxiliarão os produtores quanto a escolha da cultivar mais adaptada, possibilitando maior rendimento e sucesso na atividade agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAMBERT, M. R. **Estimação Estocástica de Parâmetros Produtivos da Soja**: uso do modelo PPDSO em um estudo de caso em Piracicaba/SP. 2010. 108f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2010.
- ALMEIDA, L. A.; KHIL, R. A. S.; MIRANDA, M. A. C.; CAMPELO, G. J. A. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIROZ, M.A. de; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R., ed. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Arido, 1999.
- BENNETT, A. C.; SHAW, D. R. Effect of *Glycine max* cultivars and weed control on weed seed characteristics. **Weed Scientia**, v. 48, p. 431-435, 2000.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2004. 421p.
- BOARD, J. E.; MARICHERLA, D. Explanation for decreased harvest index with Increased yield in soybean. **Crop Science**, Madison, v.48, p.1995-2002, 2008.
- BOHN, N. P.; FILHO, J. F. L.; NÓBREGA, J. C. A.; CAMPOS, A. R.; NÓBREGA, R. S. A. PACHECO, L. P. Identificação de cultivares de soja para a região Sudoeste do Cerrado piauiense. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 10 - 16, 2016.
- CEOLIN, A. C. G.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; VIDIGAL FILHO, P. S.; KVITSCHAL, M. V.; GONELA, A.; SCAPIM, C. A. Genetic divergence of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) group Carioca using morpho-agronomic traits by multivariate analysis. **Hereditas**, v. 144, p. 1-9, 2007.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, v. 12 Safra 2015/16 - Décimo segundo levantamento, Brasília, setembro 2016, 184p.
- CORRÊA, S. T. R. **Avaliação do modelo LINTUL (Light Interception and Utilization) para estimação da produtividade potencial da cultura da soja**. 2008. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2003. v. 2, 585 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2004. 480p
- CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; BRUGNERA, A.; LOPES, P. C. L. Índices fisiológicos de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da

- Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 663-679, 2011.
- DYBING, C. D. Soybean flower production as related to plant growth and seed yield. **Crop Science**, v. 34, p. 489-497, 1994.
- EGLI, D. B.; WARDLAW, I. F. Temperature response of seed growth characteristics of soybeans. **Agronomy Journal**, v. 72, p.560-564, 1980.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja**: Região Central do Brasil, 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p.
- FARIA, A. P.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; DESTRO, D.; FARIA, R. T. Ganho genético na cultura da soja. Genetic gain in soybean crop, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 71-78, 2007.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Soja. Agrometeorologia dos cultivos**. Londrina: Embrapa Soja, p. 263-277, 2009.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Iowa: Agricultural Experimental Station, 1977. 81p.
- FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. v.7, n. 12. p. 1-12, 2011.
- HIRAKURI, M. H; LAZZAROTTO, J.J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro**. 3 ed. Londrina: Embrapa Soja, Documento n. 319, 2011. 69p.
- JIANG, Y.; WU, C.; ZHANG, L.; HU, P.; HOU, W.; ZU, W.; HAN, T. Long-day effects on the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] variety. **Plant Science**, v. 180, p. 504-510, 2011.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. New York, Springer-Verlag, 1995, 506p.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Soja**. 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>. Acessado em 15 de agosto de 2016.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de espécies cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.
- MEDEIROS, A. G. **Parâmetros genéticos e potencial agrônomo de cruzamento tipo x exótico em soja, com ênfase na reação à ferrugem asiática**. 2009. 157f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, 2009.
- MELO, W. M. C.; PINHO, R. G. V.; FERREIRA, D. F. Capacidade combinatória e divergência genética em híbridos comerciais de milho. **Ciência e Agrotécnica**, v. 25, p. 821-830, 2001.
- MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. **Proposta de delimitação territorial do Matopiba**. Campinas, SP: Embrapa – Grupo de Inteligência Territorial Estratégica, Nota Técnica 1, 2014. 18p.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005. 31p.
- NEVES, J. A. **Desempenho agrônomo de genótipos de soja sob condições de baixa latitude em Teresina-PI**. 2011. 94f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).

- Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.
- OLIVEIRA, A. B. **Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidades de plantas**. 2010. 78f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Estadual Paulista, 2010.
- PAIVA, B. M.; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. Aspecto socioeconômico da soja. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 230, p. 7-14, 2006.
- PEIXOTO, C. P.; MACHADO, G. S.; BORGES, V. P.; ALVES, E. C.; LEAL, G. M. F. Índices fisiológicos de soja hortaliça em duas épocas de semeadura no Recôncavo Sul Baiano. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, p. 56-67. 2012.
- REIS, L. C. **Análise da variabilidade climática sobre a produtividade de soja no município de Bom Jesus (PI)**. 2015. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.
- REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1616-1623, 2007.
- RIBEIRO, W. R. M. **Características morfofisiológicas da soja submetida ao tratamento com fungicidas no cerrado piauiense**. 2013. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, 2013.
- ROCHA, R. S. **Avaliação de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, 2009.
- ROCHA, R. S.; SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; TEIXEIRA, M. C.; GUARESCHI, R. **Efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na taxa de crescimento de grãos de soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 35, 2006, 28 p.
- SALVADOR, M. A. **Análise da variabilidade climática na nova fronteira agrícola do Brasil: região do Matopiba**. 2014. 95f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PA, 2014.
- SANTOS, E. A. **Influência da aplicação foliar de cálcio e boro em pré e pós- floração sobre os componentes de produção e na produtividade da soja**. 2013. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI, 2013.
- SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; FERRAZ, E. C.; CAPONE, A.; SANTOS, A. F.; FIDELIS, R. R. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Revista Ceres**, v. 58, p. 755-764, 2011.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Eds.) **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 333p.
- SILVA, J. B.; LAZARINI, E.; SILVA, A.M.; RECO, P.C. Ensaio comparativo de cultivares de soja em época convencional em Selvíria, MS: características agrônômicas e produtividade. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, p. 747-754, 2010.
- URBEN FILHO, G.; SOUZA, P. I. M. Manejo da cultura da soja sob Cerrado: época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.) **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993, p. 267-298.

USDA – United States Department of Agriculture. **Word agricultural production.** Circular Series, WAP 9-16, September, 2016. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

VERNETTI, F. J. **Soja:** Genética e Melhoramento. Campinas: Fundação Cargil, v. 2, 1983. 990p.

CAPÍTULO II

DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO DE SOJA NO CERRADO DO PIAUÍ, BRASIL¹

RESUMO: O desenvolvimento de cultivares de soja adaptadas às regiões de baixa latitude possibilitaram o cultivo da cultura em áreas antes inexploradas, comumente chamadas de Cerrado. Objetivou-se avaliar o crescimento, desenvolvimento e rendimento de cultivares de soja de diferentes grupos de maturidade relativa sob cultivo em área de Cerrado do Sudoeste do Piauí, Brasil. Treze cultivares de soja, pertencentes a 7 grupos de maturidade relativa, foram cultivadas na região e seus índices fisiológicos determinados aos 42; 57; 74; 92 e 106 dias após a semeadura: razão da área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), teor relativo de água (TRA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento relativo foliar (TCRF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa assimilatória líquida (TAL). Além do índice de colheita (IC) e produtividade (P). Seguiu-se o delineamento em blocos completo ao acaso, com quatro repetições. As cultivares independente do grupo de maturação apresentaram maior razão de área foliar até os 57 dias após a semeadura. Todas as cultivares apresentam maior taxa de crescimento relativo foliar no intervalo de 0-42 dias após a semeadura. As cultivares de maiores grupo de maturação e crescimento indeterminado apresenta maior ciclo de vida e maior desenvolvimento vegetativo para as condições estudadas. Enquanto que as cultivares BRS Carnaúba, BRS Sambaíba, M9350, P99R 09, P99R 03 e FT Paragominas RR apresentam maior potencial produtivo de grãos para a região.

Palavras-chave: *Glycine max*; Índices fisiológicos; Grupo de maturidade relativa; Fenologia; Baixa latitude.

¹ Parte da Dissertação de Mestrado em Agronomia – Fitotecnia, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI). Universidade Federal do Piauí (UFPI). Bom Jesus – PI, p.17- 50, 2016.

**DEVELOPMENT AND SOYBEAN YIELD IN THE PIAUÍ CERRADO,
BRAZIL^{1,2}**

ABSTRACT: The development of soybean cultivars adapted to the low latitude regions allowed cultivation of the crop in previously unexplored areas, commonly called Cerrado. The objective of this study was to evaluate the growth and yield yield of soybean cultivars of different relative maturity groups under cultivation in the Cerrado area of the Southwest of Piauí, Brazil. Thirteen soybean cultivars, belonging to 7 groups of relative maturity, were cultivated in the region and their physiological indices determined at 42; 57; 74; 92 and 106 days after sowing: leaf area ratio (RAF), specific leaf area (AFE), relative water content (TRA), relative growth rate (TCR), relative leaf growth rate (TCRF), Absolute growth rate (TCA), net assimilation rate (TAL). In addition to the harvest index (CI) and productivity (P). The complete randomized complete block design with four replicates was followed. The cultivars independent of the maturation group had a higher leaf area ratio up to 57 days after sowing. The cultivars independent of the maturation group had a higher leaf area ratio up to 57 days after sowing. All cultivars showed a higher relative leaf growth rate in the interval of 0-42 days after sowing. The cultivars of larger maturation and indeterminate growth groups present a longer life cycle and greater vegetative development for the studied conditions. While the cultivars BRS Carnaúba, BRS Sambaíba, M9350, P99R 09, P99R 03 and FTS Paragominas RR present higher productive potential of grains for the region.

Keywords: *Glycine max*; Physiological indices; Phenology; Relative maturity group; Low latitude.

¹ Part of the master Dissertation in Agronomy – Plant Sciences, with support from Foundation for Research Support of the State of Piauí (FAPEPI). Federal University of the Piauí (UFPI). Bom Jesus – PI, p. 17-50, 2016.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das mais importantes oleaginosas no mundo. O Brasil foi o segundo maior produtor na safra 2015/16, produzindo de 96,5 milhões de t em 33,1 milhões de hectares e produtividade média de 2,92 t ha⁻¹ (USDA, 2016).

O aumento da produção de soja no país deve-se à expansão do cultivo para áreas de Cerrado, possibilitada pelo desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas e a inclusão de período juvenil longo, fundamental para a sojicultura em regiões de baixas latitudes (SEDIYAMA et al., 2015). Tal fato levou ao surgimento de uma nova fronteira agrícola, Matopiba, que inclui os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, localizadas em faixas de latitudes entre 15 e 2 °S (MIRANDA et al., 2014).

No Piauí, a sojicultura é desenvolvida em áreas de Cerrado, no Sudoeste do estado (REIS, 2015), que se destaca pelas condições edafoclimáticas favoráveis para produção de soja, com produção de 645,8 mil t de grãos de soja na safra 2015/16 (CONAB, 2016). No entanto, a produtividade é considerada baixa, geralmente associada às adversidades climáticas e a escolha inadequada da cultivar.

A escolha de cultivar, com genótipo mais adaptado às condições de cultivo, é uma das principais estratégias para sucesso na atividade agrícola. As cultivares de soja são classificadas, com base na adaptação e estabilidade produtiva em determinadas faixas de latitude relacionadas com a sensibilidade ao fotoperíodo, em grupos de maturidade relativa (SEDIYAMA et al., 2015). Segundo os autores, as cultivares brasileiras pertencem aos grupos 5 a 10, indicadas para as regiões Sul e as próximas a linha do Equador, respectivamente, variando quanto a duração do ciclo, hábito e tipo de crescimento e caracteres morfofisiológicos, influenciados pelo ambiente.

O crescimento e rendimento das plantas resulta da interação planta-ambiente, sendo a disponibilidade hídrica, temperatura, radiação solar e fotoperíodo os fatores climáticos de maior influência sobre a cultura da soja (SEDIYAMA et al., 2015). No Cerrado piauiense, um dos principais limitantes é a ocorrência de déficit hídrico, pela baixa ou má distribuição de chuvas durante o período da safra, que podem comprometer o rendimento e qualidade das sementes (REIS, 2015). Os efeitos do déficit hídrico são agravados quando associados com temperaturas elevadas (>40 °C), causando distúrbios

na floração, redução da fotossíntese e produtividade (CÂMARA et al., 1998; FARIAS et al., 2007).

Diante disso, a escolha de cultivares, baseada no zoneamento agrícola e grau de adaptação, é ferramenta importante para o sucesso da sojicultura na região do Cerrado do Piauí. Para tanto, pesquisas voltadas para a avaliação do desempenho destas, baseadas na análise de crescimento e em caracteres morfofisiológicos sensíveis às condições ambientais específicas, são fundamentais para a identificação das cultivares mais promissoras para cultivo na região (CRUZ et al., 2011; PEIXOTO et al., 2011).

A análise de crescimento indica o potencial para síntese e acúmulo de matéria seca, resultantes da fotossíntese, respiração e translocação (BENINCASA, 2004). Os índices são obtidos pela medida da massa seca acumulada em intervalos de tempo, e explicam a produção líquida resultante da interação planta-ambiente, podendo ser utilizadas na identificação de cultivares promissoras para determinada região (BENINCASA, 2004; HUNT, 1990; MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

Poucos são os trabalhos voltados para a análise de crescimento da soja no Sudoeste do Piauí, assim, os produtores dispõem de poucas informações que possam auxiliá-los na escolha da cultivar de maior potencial para cultivo na região. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o crescimento, desenvolvimento e rendimento de cultivares de soja de diferentes grupos de maturidade relativa sob cultivo em área de Cerrado do Sudoeste do Piauí, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e descrição da área experimental

O experimento foi conduzido em área agrícola da Fazenda São João, localizada na Serra do Pirajá, Currais, Piauí, Brasil (longitude 44°34'46.0" Oeste, latitude 9°2'9.4" Sul e altitude de 590 metros), entre dezembro 2014 a abril de 2015.

O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação climática global de Köppen, com uma estação seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a abril). Segundo Salvador (2014), a região de Bom Jesus, PI, apresenta médias máximas anuais históricas (1970-2012) de 32,6 °C no período da safra (novembro a abril) e 34,3 °C, na

entressafra (maio a outubro). Os dados climáticos referentes à insolação (h), temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm) foram monitorados durante o período em Estação Meteorológica Automática Portátil localizada na fazenda.

A área experimental pertence ao bioma Cerrado e foi caracterizada como área de primeiro ano de cultivo. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, sendo os atributos químicos, na camada de 0-20 cm de profundidade determinados em análise após a correção como: pH (H₂O): 6,0; MO: 1,6 g kg⁻¹; P: 6,9 mg dm⁻³; K: 40 mg dm⁻³; Ca²⁺: 2,8 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 1,0 cmol_c dm⁻³; Al: 0,0 cmol_c dm⁻³; (H+Al): 1,73 cmol_c dm⁻³; SB (Soma de bases): 3,9 cmol_c dm⁻³; CTC (capacidade de troca catiônica): 5,6 cmol_c dm⁻³; V (saturação por bases): 69,0% e m: 0,0%.

2.2 Tratamentos e condução experimental

Foram testadas treze cultivares de soja, pertencentes a sete grupos de maturidade relativa, escolhidas pela disponibilidade e utilização pelos agricultores da região, duração do ciclo e sensibilidade ao fotoperíodo (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição das cultivares utilizadas no experimento, quanto ao nome comercial, origem, grupo de maturidade relativa (GM), ciclo (C), tipo de crescimento (TC) e população de plantas ha⁻¹ (PP)

Código	Cultivar	Origem	GM	C	TC	PP
C1	Pampeana 30 RR	Pampeana	10.0	T	I	177.777
C2	Pampeana 20 RR	Pampeana	9.6	T	I	177.777
C3	BRS Carnaúba	Embrapa	9.6	T	D	244.444
C4	Pampeana 10 RR	Pampeana	9.4	T	I	177.777
C5	BRS 333 RR	Embrapa	9.4	T	D	244.444
C6	FTS Paragominas RR	FT Sementes	9.3	M	D	220.000
C7	M9350	Monsanto	9.3	M	D	300.000
C8	BRS Sambaíba	Embrapa	9.1	M	D	260.000
C9	M9144 RR	Monsanto	9.1	M	D	250.000
C10	P99R 03	Pionner	9.0	M	D	244.444
C11	P99R 09	Pionner	9.0	M	D	220.000
C12	FTS Campo Novo RR	FT Sementes	8.7	M	D	250.000
C13	M8766 RR	Monsanto	8.7	M	D	240.000

T: tardio; M: médio; I: indeterminado; D: determinado.

As sementes foram inoculadas em pré-semeadura com *Bradyrhizobium japonicum* (125 g de inoculante turfoso por 50 kg de sementes) e tratadas com inseticida (i.a. fipronil), conforme recomendação do fabricante. A semeadura foi realizada manualmente em 13/12/2014, sendo o desbaste realizado no estágio fenológico V3 - V4 (3 a 4 nós com folhas completamente expandidas (FEHR e CAVINESS, 1977)) para ajuste da população de plantas ha⁻¹ de acordo com a Tabela 1.

O cultivo foi realizado em sistema de plantio direto, sendo o manejo e tratamentos culturais realizados uniformemente até o final do ciclo, de acordo com o recomendado para a cultura da soja em regiões de Cerrado (ARANTES e SOUZA, 1993).

2.3 Variáveis avaliadas

Aos 42; 57; 74; 92 e 106 dias após a semeadura (DAS) foram coletadas uma planta por parcela de cada tratamento e transportadas, em câmara úmida, ao Laboratório de Fitotecnia, do Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), em Bom Jesus, PI, para determinação dos estádios fenológicos, segundo descrição proposta para soja por Fehr e Caviness (1977), e seguintes parâmetros para análise de crescimento (BENINCASA, 2004).

Razão de área foliar (RAF): calculada por $RAF \text{ (dm}^2 \text{ g}^{-1}) = (AF1+AF2)/(MS1+MS2)$, onde AF: área foliar – obtida pela determinação da medida de todas as folhas da planta em medidor automático de bancada LI 3100C Área Meter (LI-COR, Inc. Lincoln, NE, EUA); MS: matéria seca total da planta – obtida após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante. E 1 e 2: amostras consecutivas no tempo.

Área foliar específica (AFE): calculada por $AFE \text{ (dm}^2 \text{ g}^{-1}) = AF/MSF$, onde AF: área foliar – obtida pela determinação da medida de todas as folhas da planta em medidor automático de bancada LI 3100C Área Meter (LI-COR, Inc. Lincoln, NE, EUA); MSF: matéria seca da folha – obtida após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante. Considerando-se as medidas e massa de matéria seca de duas folhas (3 e 4 do ápice para a base).

Teor relativo de água (TRA): calculada por $TRA \text{ (\%)} = [(PF-PS)/(PT-PS)] \times 100$, utilizando-se o peso fresco (PF) - obtido inicialmente, peso túrgido (PT) - obtido após submissão à turgidez em câmara úmida, e peso seco (PS) - obtido após

secagem até peso constante em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, das mesmas duas folhas consideradas na análise anterior.

Taxa de crescimento absoluto (TCA): calculado por $TCA (g \text{ dia}^{-1}) = (MSPA2 - MSPA1) / (T2 - T1)$. Onde MSPA: massa de matéria seca da parte aérea, e T: tempo de avaliação (período).

Taxa assimilatória líquida (TAL): calculada por $TAL (g \text{ dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}) = [(MSPA2 - MSPA1) \times (\ln AF2 - \ln AF1)] / [(AF2 - AF1) \times (T2 - T1)]$. Onde ln: logaritmo neperiano.

Taxa de crescimento relativo (TCR): calculada por $TCR (g \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}) = (\ln MSPA2 - \ln MSPA1) / (T2 - T1)$.

Taxa de crescimento relativo foliar (TCRF): calculada por $TCRF (g \text{ dia}^{-1}) = (\ln AF2 - \ln AF1) / (T2 - T1)$.

Na maturidade fisiológica, as plantas foram colhidas, submetidas à secagem natural e as sementes debulhadas manualmente, limpas e utilizadas para determinação dos parâmetros de rendimento:

Produtividade (P): quantificando-se o peso de grãos por parcela colhida e calculando-se para $kg \text{ ha}^{-1}$ (corrigida para umidade de 13% b.u.).

Índice de colheita (IC): calculado por $IC (\%) = ((MSS / FSTC) \times 100)$, onde MSS: massa de matéria seca das sementes; FSTC: fitomassa seca total colhida.

2.4 Delineamento e análises estatísticas

Seguiu-se o delineamento em blocos completo ao acaso, com 13 tratamentos (cultivares) e quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por 9 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m. Para a parcela útil foram desconsideradas as duas linhas periféricas e 0,50 m das extremidades de cada linha (bordaduras), totalizando 14 m^2 . A área experimental total foi de 1.170 m^2 .

As médias dos parâmetros fisiológicos foram plotadas em gráficos com ajustes das linhas de tendência de acordo com os valores do coeficiente de determinação (R^2), em função dos períodos de avaliação das cultivares, utilizando-se o software Sigmaplot 10.0 (2006), segundo recomendação de Banzatto e Kronka (2006). Pois, segundo Benincasa (2004), a utilização de equações de regressão permite a correção de

oscilações normais e avaliar a tendência de crescimento em função dos tratamentos, neste trabalho, das cultivares.

As médias dos caracteres índice de colheita e produtividade foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) utilizando-se o programa estatístico “R” Versão 3.0.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se, no período experimental, temperaturas médias variando entre 23 a 27 °C e precipitação média acumulada de 397.5 mm, com baixa precipitação entre o período de 11 a 31 dias após a semeadura, durante grande parte da fase vegetativa da maioria das cultivares testadas (Figura 1).

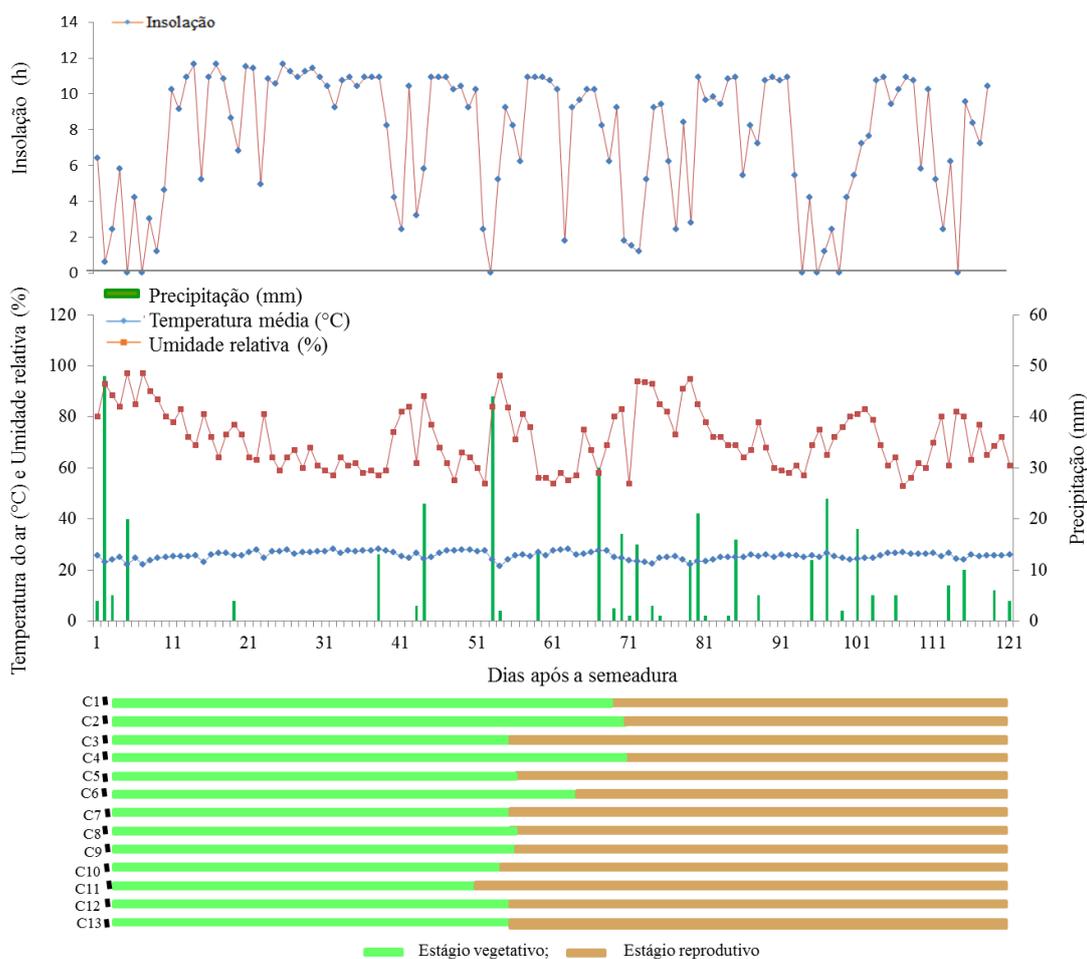


Figura 1. Variação média diária da insolação, precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na área durante o período experimental e representação da duração das fases vegetativa e reprodutiva das cultivares testadas. Currais - PI, Brasil.

Os estádios fenológicos das cultivares, em cada um dos períodos avaliados são apresentados na Tabela 2. Observa-se que aos 42 DAS todas estavam na fase vegetativa (V7 ou V8) independente do grupo de maturidade relativa. As cultivares C5 (GM 9.4) e entre C8 a C13 (GM entre 9.1 a 8.7) apresentaram menor duração dos períodos vegetativos e reprodutivos, e com exceção da C11 proporcionaram floração aos 57 DAS e atingindo a maturação plena (R8) aos 106 DAS. Entre estas, somente a C5 apresenta ciclo tardio, as demais são de ciclo médio e todas com tipo de crescimento determinado, devido, provavelmente, ao encurtamento do ciclo de vida desta cultivar as condições ambientais da região.

As cultivares C3 (GM 9.6), C6 e C7 (GM 9.3), aos 106 DAS, estavam completando a maturação (R7), enquanto que as 3 cultivares do grupo Pampeana (dos

GM 10.0; 9.6 e 9.4, respectivamente) ainda apresentavam-se no início da maturação das sementes (R6) neste período.

Tabela 2. Estádios fenológicos das cultivares de soja em cada período de avaliação, Currais - PI, Brasil

Código	Cultivares	Períodos de avaliação (DAS)				
		42	57	74	92	106
C1	Pampeana 30 RR	V7	V9	R3	R5	R6
C2	Pampeana 20 RR	V7	V9	R2	R4	R6
C3	BRS Carnaúba	V7	V9	R3	R5	R7
C4	Pampeana 10 RR	V7	V9	R2	R4	R6
C5	BRS 333 RR	V8	R1	R4	R6	R8
C6	FTS Paragominas RR	V7	V9	R3	R5	R7
C7	M9350	V7	V9	R3	R5	R7
C8	BRS Sambaíba	V8	R1	R4	R6	R8
C9	M 9144RR	V8	R1	R4	R6	R8
C10	P99R 03	V7	R1	R4	R6	R8
C11	P99R 09	V7	V9	R4	R6	R8
C12	FTS Campo Novo RR	V8	R1	R4	R6	R8
C13	M 8766 RR	V8	R1	R4	R6	R8

Ao analisar os parâmetros fisiológicos das cultivares ao longo do ciclo, observa-se que a razão de área foliar (RAF), apresentou tendência de comportamento quadrático para todas as cultivares (Figura 2), com coeficientes de determinação (R^2) maior que 0,86 (Tabela 5), indicando que o modelo explica os valores observados.

Os maiores valores médios foram observados no período entre 42 a 57 DAS, com destaque para a cultivar C9 (GM 9.1) com RAF de $167,08 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, já a cultivar C2 (GM 9.6) foi a que se apresentou menor razão de área foliar ($85,43 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) no período. No último período de avaliação (106 DAS) observou-se distinção entre área foliar e fitomassa das cultivares, sendo que as maiores RAFs médias foram observadas nas cultivares C2 ($57,41 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$), C6 ($50,19 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$), C4 ($47,54 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$), C3 ($45,39 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$), C1 ($43,02 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) e C7 ($39,53 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$), pertencentes aos grupos de maturação de 9.3 a 10.

Essa diferença de RAF pode ser justificada pelos estádios em períodos distintos entre as cultivares (Tabela 2), ou seja, as cultivares que proporcionaram maior RAF no final do período de avaliação encontravam-se ainda em processo de maturação,

R6 a R7, diferentes das demais que já estavam no estágio de maturação plena (R8) com grande porcentagem de perdas das folhas.

A RAF representa a relação da área foliar e a fitomassa seca das plantas, ou seja, expressa a área foliar útil para a fotossíntese, sendo relação entre a área foliar responsável pela interceptação da energia luminosa e CO₂ e a massa seca total, resultado da fotossíntese (BENINCASA, 2003). Assim os resultados deste trabalho indicam possivelmente que as cultivares que apresentaram RAF distintas, proporcionou um acréscimo na fotossíntese com valores diferentes, tanto na fase inicial como na fase final de desenvolvimento das plantas.

Os valores de RAF normalmente decrescem com o desenvolvimento das plantas (SANT'ANA e SILVEIRA, 2008) em razão do aparecimento de tecidos e estruturas que são drenos altamente competitivos (órgãos reprodutivos), justificando os resultados desse trabalho, entretanto essa redução ocorreu em período distinto devido aos diferentes grupos de maturação das cultivares, que proporciona a formação desses órgãos em períodos distintos. Além disso, o aumento do autossombreamento das folhas inferiores resulta na redução da área, por indução à senescência dessas folhas (URCHEI et al., 2000).

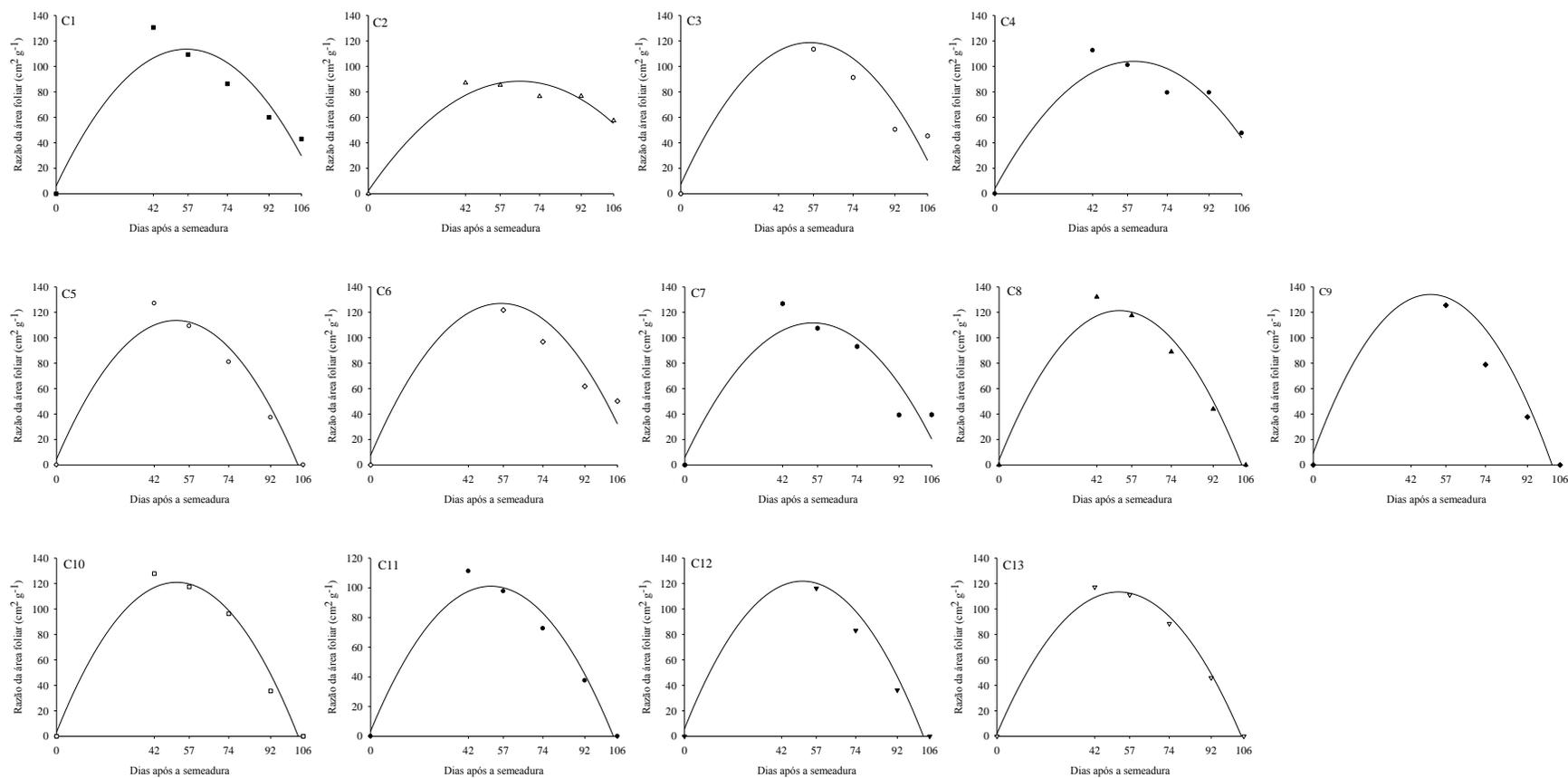


Figura 2. Análise do crescimento, pela razão da área foliar (RAF), de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil.

Tabela 5. Representação das equações e regressão para a variável razão da área foliar de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil

Cultivar	Equação	R²
C1	$Y = 6,1284 + 3,8191 * x + (-0,0339) * x^2$	0,89
C2	$Y = 2,2848 + 2,6348 * x + (-0,0201) * x^2$	0,96
C3	$Y = 7,3925 + 4,0188 * x + (-0,0362) * x^2$	0,86
C4	$Y = 4,0638 + 3,3522 * x + (-0,0281) * x^2$	0,91
C5	$Y = 4,3997 + 4,2511 * x + (-0,0414) * x^2$	0,96
C6	$Y = 7,5384 + 4,2611 * x + (-0,0380) * x^2$	0,87
C7	$Y = 5,8445 + 3,8513 * x + (-0,0350) * x^2$	0,87
C8	$Y = 3,8215 + 4,5449 * x + (-0,0439) * x^2$	0,97
C9	$Y = 9,2028 + 4,9567 * x + (-0,0492) * x^2$	0,88
C10	$Y = 3,0149 + 4,5730 * x + (-0,0443) * x^2$	0,97
C11	$Y = 3,4161 + 3,7792 * x + (-0,0366) * x^2$	0,96
C12	$Y = 5,8389 + 4,5519 * x + (-0,0446) * x^2$	0,94
C13	$Y = 2,0456 + 4,2626 * x + (-0,0408) * x^2$	0,99

R²= Coeficiente de determinação

Os resultados deste trabalho sugere que os fotoassimilados estavam sendo mais utilizados para a formação do aparelho fotossintético das plantas (folhas) até os 57 DAS, porém com o surgimento dos órgãos reprodutivos (flores, vagem e grãos) aliado ao processo de senescência das cultivares pelo final de seus ciclos houve o decréscimo dos valores da RAF, porém em proporções diferentes devido se tratar de cultivares de diferentes grupo de maturação e ciclos de vida.

Para a área foliar específica (AFE) observou-se diferença de comportamento entre as cultivares (Figura 3). As cultivares que tiveram menor ciclo C5, C12, C10, C9, C8, C13 e C11 com grupo de maturação entre 8.7 a 9.4, apresentaram comportamento quadratico. Já as demais cultivares que apresentaram maior ciclo de vida se ajustaram ao modelo cúbico, com coeficiente de determinação maior que 0,83 (Tabela 6).

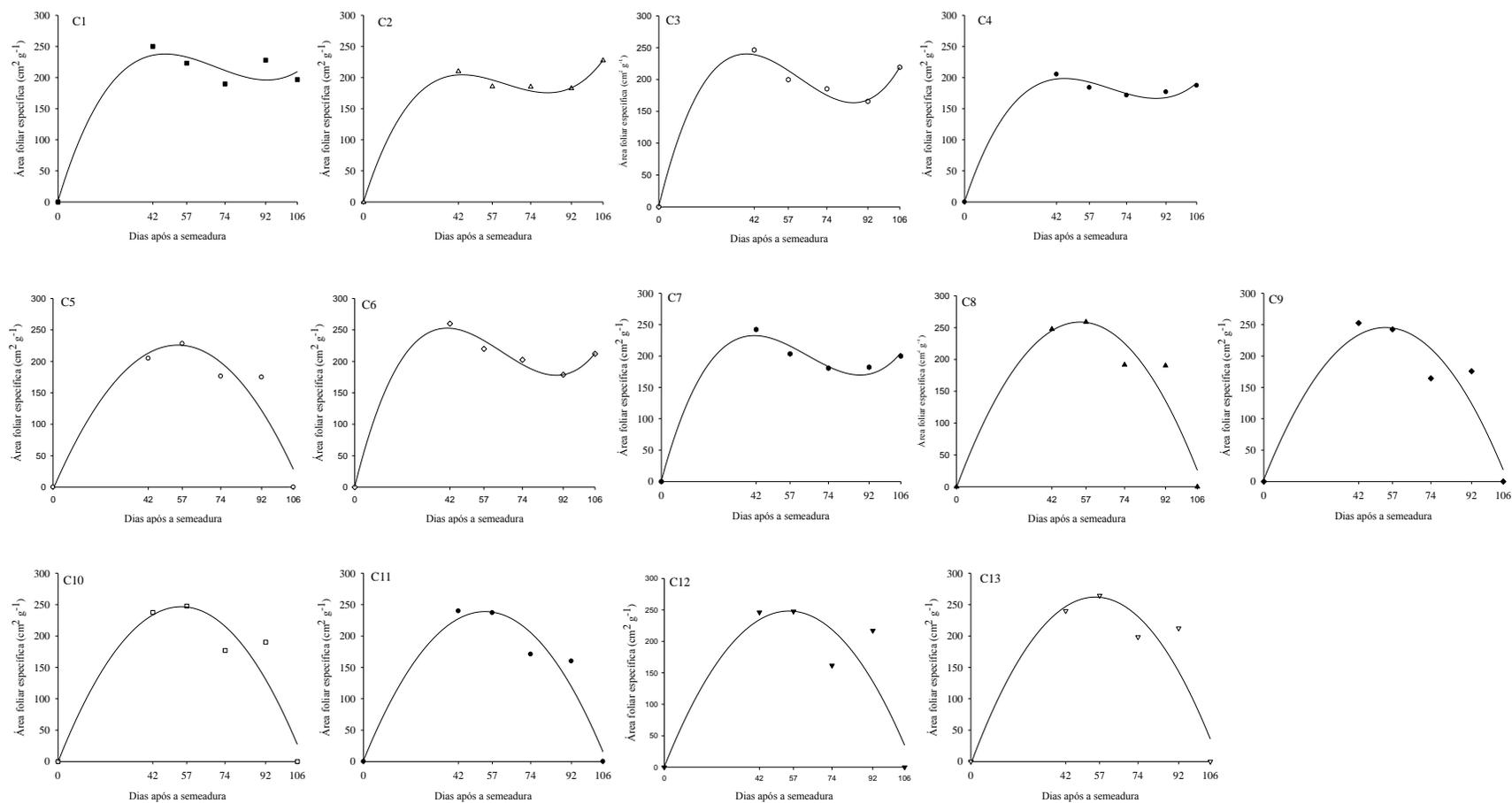


Figura 3. Análise do crescimento, pela área foliar específica (AFE), de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil.

Tabela 6. Representação das equações e regressão para a variável área foliar específica de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil

Cultivar	Equação	R ²
C1	$Y = 1,5944 + 12,0190 * x + (-0,1917) * x^2 + 0,0009 * x^3$	0,95
C2	$Y = 0,3687 + 11,3949 * x + (-0,2006) * x^2 + 0,0011 * x^3$	0,99
C3	$Y = 0,4510 + 14,6220 * x + (-0,2749) * x^2 + 0,0015 * x^3$	0,99
C4	$Y = 0,6835 + 10,5056 * x + (-0,1753) * x^2 + 0,0009 * x^3$	0,99
C5	$Y = -3,6203 + 8,3455 * x + (-0,0759) * x^2$	0,92
C6	$Y = 0,4960 + 14,6098 * x + (-0,2613) * x^2 + 0,0013 * x^3$	0,99
C7	$Y = 0,8885 + 13,3325 * x + (-0,2377) * x^2 + 0,0012 * x^3$	0,99
C8	$Y = -1,0387 + 9,5429 * x + (-0,0876) * x^2$	0,93
C9	$Y = 3,0538 + 8,9997 * x + (-0,0835) * x^2$	0,91
C10	$Y = -0,7439 + 9,0693 * x + (-0,0831) * x^2$	0,91
C11	$Y = 1,7537 + 8,8218 * x + (-0,0820) * x^2$	0,94
C12	$Y = 0,4314 + 9,0151 * x + (-0,0820) * x^2$	0,83
C13	$Y = -3,7842 + 9,6462 * x + (-0,0875) * x^2$	0,90

R²= Coeficiente de determinação

Essa diferença de comportamento entre as cultivares pode ser atribuída aos seus diferentes ciclos de vida, aliado a ecofisiologia de cada cultivar aos fatores climáticos da região (Figura 1). Com base nas cultivares que apresentaram comportamento cúbico, pode-se sugerir que seus fatores genéticos aliados às condições da região proporcionam um maior ciclo de vida para as mesmas (Tabela 2), e assim, fazendo com que essas cultivares apresentem período juvenil longo, podendo proporcionar em um determinado período um acréscimo em sua área foliar específica se as condições forem favoráveis.

Ao observar a figura 1, verifica-se que entre 81 a 101 DAS foi o período que houve uma maior frequência de chuva, assim podendo ter influenciado no acréscimo para a AFE entre os 92 aos 106 DAS para as cultivares de maiores ciclos, já as demais que apresentaram comportamento quadrático não tiveram esse acréscimo devido já estarem no final de seu ciclo.

Considerando-se as datas de avaliação, constatou-se que aos 57 DAS houve o pico máximo da AFE das cultivares de ciclo médio C13 (264, 44 cm² g⁻¹), C8 (258,87 cm² g⁻¹), C9 (252, 61 cm² g⁻¹), C12 (247, 66 cm² g⁻¹), C10 (247, 66 cm² g⁻¹), C11 (239, 82 cm² g⁻¹) e de ciclo tardio C5 (228, 04 cm² g⁻¹), com posterior decréscimo dos valores médios. Esse resultado indica que cultivares de grupo de maturação menor que 9.4 e menor ciclo de vida apresentaram maiores alterações morfológicas (menor espessura da

folha) durante seu desenvolvimento, através do aumento na expansão foliar, aproximadamente até esse período.

Para as demais cultivares verificou-se acréscimo até os 42 DAS, seguido de redução, porém aos 92 DAS houve acréscimo da AFE. Os valores de AFE tendem a diminuir, de maneira acentuada, ao longo do desenvolvimento da planta indicando redução da AF e/ou acúmulo de fotoassimilados nas folhas, correspondendo a fase de maturação da planta, com grãos em início de formação (FALQUETO et al., 2009). Assim, ao longo do ciclo de crescimento e desenvolvimento, as plantas tendem a apresentar seu pico máximo de AFE, seguido de redução, porém quando se trata de cultivares de ciclo diferentes, esse decréscimo ocorre em períodos distintos, como observado neste trabalho.

A AFE representa a correlação da superfície da folha com a massa de matéria seca da própria folha (TAIZ e ZEIGER, 2009), ou seja, permite constatar se o vegetal está acumulando fotoassimilados em suas folhas ou se estão translocando para outros órgãos da planta (drenos). As cultivares que atingiram os picos máximos de AFE até os 57 DAS provavelmente estavam acumulando maior proporção de fotoassimilados em suas folhas, porém com o surgimento de órgãos reprodutivos houve a necessidade de haver a translocação desses fotoassimilados para esses órgãos, justificando assim a redução dos valores desse parâmetro (Figura 3).

Essa diferença de utilização dos fotoassimilados entre as cultivares, está atribuídas aos diferentes ciclos de vida, uma vez que nas de maiores ciclo (C1, C2, C3, C4, C6 e C7) (Tabela 2), demora mais para a formação dos órgãos reprodutivos e conseqüentemente ocorre a redução da AFE em um período maior de desenvolvimento da planta.

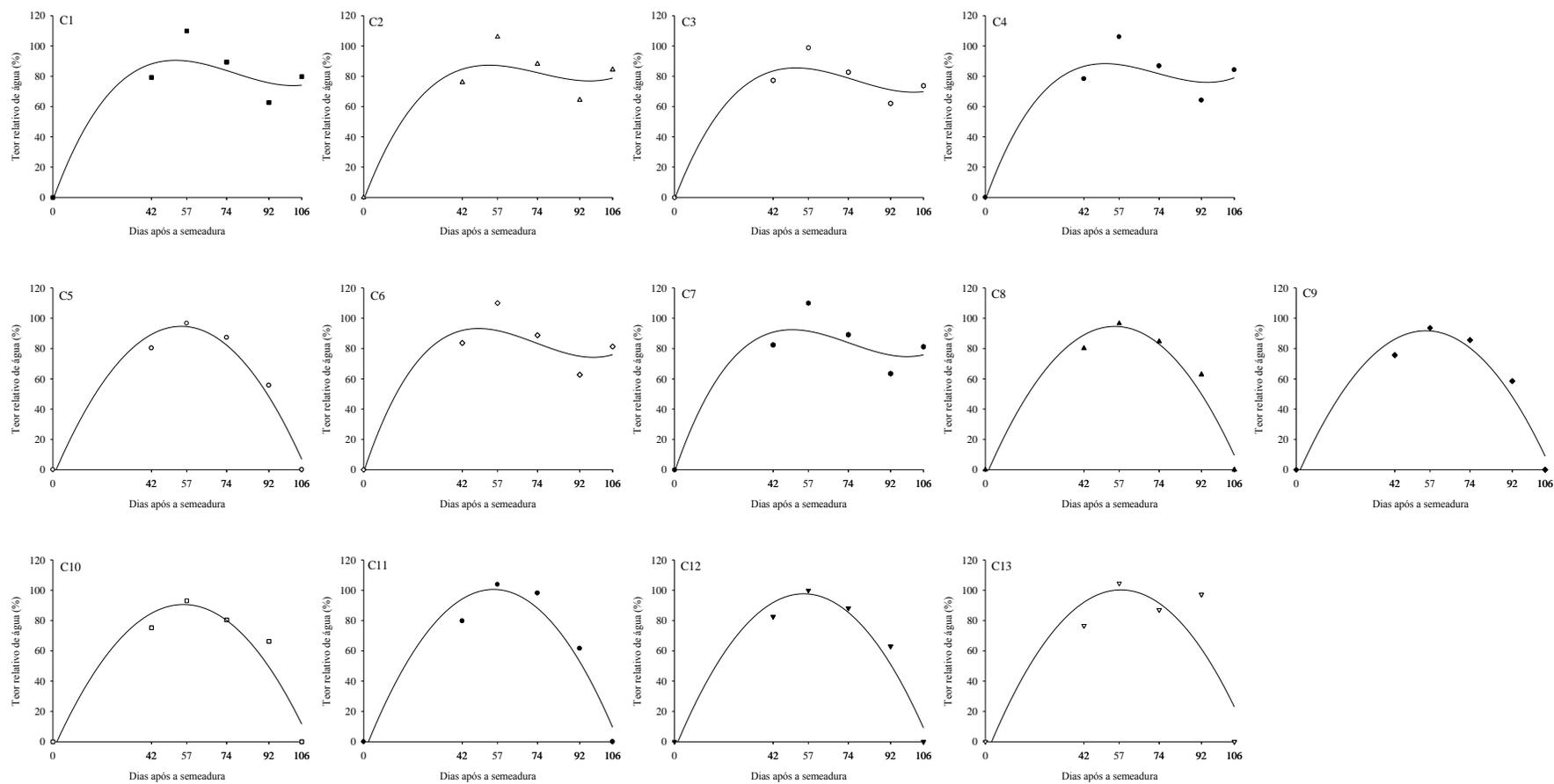


Figura 4. Análise do crescimento, pelo teor relativo de água (TRA), de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil.

Tabela 7. Representação das equações e regressão para a variável teor relativo de água, de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil

Cultivar	Equação	R ²
C1	$Y = -1,7424 + 4,2600 * x + (-0,0616) * x^2 + 0,0003 * x^3$	0,86
C2	$Y = -1,7013 + 4,0896 * x + (-0,0595) * x^2 + 0,0003 * x^3$	0,86
C3	$Y = -1,2128 + 4,0404 * x + (-0,0589) * x^2 + 0,0003 * x^3$	0,92
C4	$Y = -1,6110 + 4,3042 * x + (-0,0650) * x^2 + 0,0003 * x^3$	0,88
C5	$Y = -4,9787 + 3,6446 * x + (-0,0333) * x^2$	0,96
C6	$Y = -1,6297 + 4,6531 * x + (-0,0714) * x^2 + 0,0003 * x^3$	0,88
C7	$Y = -1,6372 + 4,5145 * x + (-0,0678) * x^2 + 0,0003 * x^3$	0,88
C8	$Y = -5,2113 + 3,6224 * x + (-0,0329) * x^2$	0,95
C9	$Y = -5,9512 + 3,5400 * x + (-0,0321) * x^2$	0,94
C10	$Y = -5,8166 + 3,4659 * x + (-0,0311) * x^2$	0,91
C11	$Y = -7,8298 + 3,9194 * x + (-0,0354) * x^2$	0,93
C12	$Y = -5,3933 + 3,7471 * x + (-0,0341) * x^2$	0,95
C13	$Y = -9,9484 + 3,8203 * x + (-0,0331) * x^2$	0,75

R²= Coeficiente de determinação

Para o teor relativo de água (TRA) observou-se comportamento semelhante ao da área foliar específica, quanto as que apresentaram comportamentos quadráticos e cúbicos, com coeficiente de determinação maior que 0,75 (Tabela 7). Assim, sugerindo uma provável relação entre esses caracteres, uma vez que as cultivares que apresentaram comportamento cúbico para o TRA apresentou um acréscimo após os 92 DAS, proporcionando, deste modo, condições para que as plantas continuassem se desenvolvendo e assim podendo ocorrer um aumento da AFE nesse período, como foi observado neste trabalho.

As cultivares apresentaram condições hídricas semelhantes até os 74 DAS, tendo seus picos máximos aos 57 DAS (Figura 4). Esses resultados podem ser explicados pelo aumento de ocorrência de chuvas nesse período, como podemos observar nos dados de precipitação entre 41 a 61 DAS (Figura 1). Aos 74 DAS houve decréscimo em todas as cultivares com relação ao TRA, porém as cultivares C1, C2, C3, C4, C6 e C7 de GM entre 9.3 a 10, apresentaram um aumento após os 92 DAS. Essa diferença entre as cultivares após os 92 DAS, pode ser justificado pela diferença de desenvolvimento entre as mesmas (Tabela 2), uma vez que as cultivares com maior ciclo de vida pode ter sido favorecidas pela ocorrência de chuvas tardias e assim proporcionando condições hídricas favoráveis para continuarem se desenvolvendo.

O TRA é considerado uma ferramenta de rápido e baixo custo para análise de parâmetros fisiológicos, pois permite a seleção e classificação de cultivares através de testes comparativos com genótipos já conhecidos quanto à tolerância ou sensibilidade ao déficit hídrico (SILVA et al., 2007). Assim, o TRA torna-se uma ferramenta importante para fornecer informações para os produtores quanto a cultivar a ser utilizada em sua lavoura, com base na tolerância ou sensibilidade ao déficit hídrico.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) fornece a estimativa da velocidade média de crescimento das plantas ao longo de seu desenvolvimento (AQUILERA et al., 2004). Na tabela 8, observou-se que todas as cultivares apresentaram comportamento quadrático da TCA, com coeficiente de determinação maior que 0,74.

Ao observar a figura 5, constatou-se diferença nas médias da TCA entre as cultivares nos períodos avaliados. Em que, a C9 atingiu o ponto máximo ($0,69 \text{ g dia}^{-1}$) no período de 0-42 DAS, seguido por redução constante. O ponto máximo das cultivares C11 ($0,67 \text{ g dia}^{-1}$), C13 ($0,65 \text{ g dia}^{-1}$), C6 ($0,56 \text{ g dia}^{-1}$), C12 ($0,52 \text{ g dia}^{-1}$), C5 ($0,51 \text{ g dia}^{-1}$), C10 ($0,49 \text{ g dia}^{-1}$) e C8 ($0,46 \text{ g dia}^{-1}$) foi nos períodos entre 42-57 e 57-74 DAS, seguido de redução, corroborando com os resultados encontrados por Tsumanuma et al. (2010), em que o primeiro período (30-45) de avaliação apresentou baixos valores de TCA, e evoluíram para ponto máximo entre o segundo (45 – 62) e terceiro (62 – 75) períodos.

As cultivares C2 e a C3 tiveram as maiores médias ($0,71 \text{ g dia}^{-1}$ e $0,50 \text{ g dia}^{-1}$, respectivamente) entre os períodos de 57-74 a 74-92 DAS. Já as cultivares C1, C4 e C7 apresentaram TCA contínuo, com valores de $0,98$; $0,81 \text{ g dia}^{-1}$ e $0,41 \text{ g dia}^{-1}$, respectivamente, no período de 92-106 DAS. Essa diferença da TCA entre as cultivares podem ser atribuídas aos fatores genéticos de cada cultivar, em que submetidos as condições de cultivo da região proporciona diferentes períodos de crescimento.

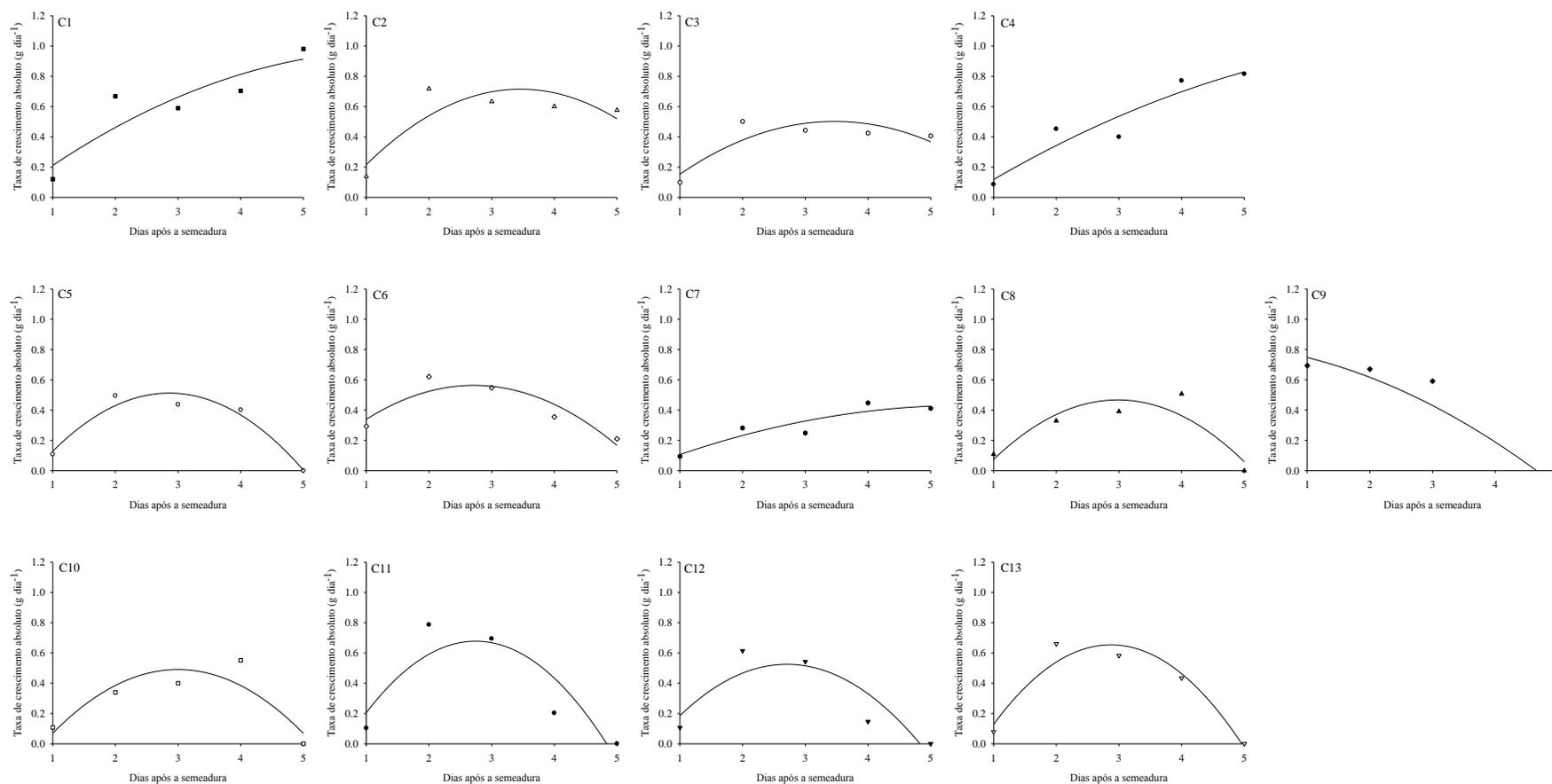


Figura 5. Análise do crescimento, pela taxa de crescimento absoluto (TCA) entre os intervalos de dias após a semeadura: 0-42 (1); 42-57 (2); 57-74 (3); 74-92 (4) e 92-106 (5), de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil.

Tabela 8. Representação das equações e regressão para a variável taxa de crescimento absoluto, de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil

Cultivar	Equação	R ²
C1	$Y = -0.0894 + 0.3254 * x + (-0.0250) * x^2$	0.81
C2	$Y = -0.2722 + 0.5707 * x + (-0.0825) * x^2$	0.74
C3	$Y = -0.1865 + 0.3968 * x + (-0.0572) * x^2$	0.74
C4	$Y = -0.1381 + 0.2713 * x + (-0.0156) * x^2$	0.89
C5	$Y = -0.3959 + 0.6350 * x + (-0.1110) * x^2$	0.94
C6	$Y = 0.0022 + 0.4132 * x + (-0.0761) * x^2$	0.83
C7	$Y = -0.0504 + 0.1722 * x + (-0.0154) * x^2$	0.84
C8	$Y = -0.4233 + 0.5975 * x + (-0.1002) * x^2$	0.81
C9	$Y = 0.8238 + (-0.0484) * x + (-0.0276) * x^2$	0.80
C10	$Y = -0.4574 + 0.6319 * x + (-0.1054) * x^2$	0.78
C11	$Y = -0.4914 + 0.8516 * x + (-0.1551) * x^2$	0.77
C12	$Y = -0.3289 + 0.6306 * x + (-0.1165) * x^2$	0.77
C13	$Y = -0.5842 + 0.8618 * x + (-0.1500) * x^2$	0.93

R²= Coeficiente de determinação

Quanto a taxa assimilatória líquida (TAL), observou-se que todas as cultivares apresentaram comportamento quadrático, com coeficientes de determinação maior que 0,70 (Tabela 9). Ao analisar a figura 6, verificou-se que todas as cultivares atingiram seus pontos máximos no período de 57-74 DAS, com destaque para as cultivares C11 (0,20 g dcm⁻² dia⁻¹), C2 (0,19 g dcm⁻² dia⁻¹), C12 (0,19 g dcm⁻² dia⁻¹), C13 (0,18 g dcm⁻² dia⁻¹) e C9 (0,18 g dcm⁻² dia⁻¹). O declínio da TAL em plantas de soja está atribuído ao aumento do auto - sombreamento, à formação de sementes e à senescência foliar (BUTTERY, 1969).

O resultado encontrado neste trabalho, corrobora com os encontrados por Scott e Batchelor (1979), Brandelero et al. (2002), Tsumanuma et al., (2010) e Cruz et al., (2011), com maiores valores da TAL no início do período vegetativo, seguido de redução com a evolução do ciclo da cultura, sendo interpretado, como uma resposta do aparelho fotossintético a um aumento na demanda de fotoassimilados (incremento na fotossíntese) pelas plantas, ou seja, é um reflexo da capacidade fotossintética da planta em relação à área fotossintetizante (HUNT, 1982)

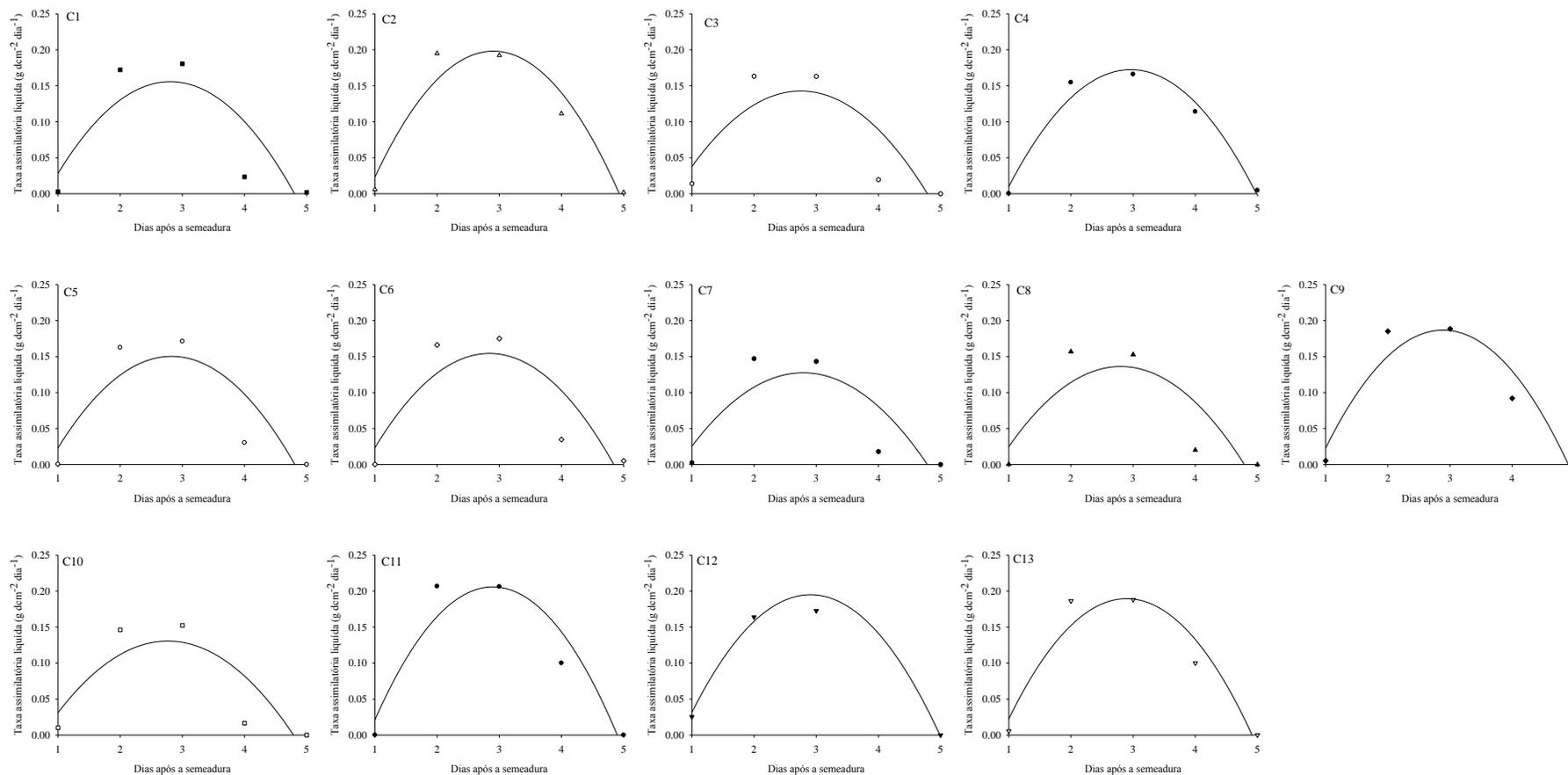


Figura 6. Análise do crescimento, pela taxa assimilatória líquida (TAL) entre os intervalos de dias após a semeadura: 0-42 (1); 42-57 (2); 57-74 (3); 74-92 (4) e 92-106 (5), de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil.

Tabela 9. Representação das equações e regressão para a variável taxa assimilatória líquida, de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil

Cultivar	Equação	R ²
C1	$Y = -0.1521 + 0.2193 * x + (-0.0391) * x^2$	0.70
C2	$Y = -0.2091 + 0.2804 * x + (-0.0483) * x^2$	0.92
C3	$Y = -0.1169 + 0.1889 * x + (-0.0343) * x^2$	0.70
C4	$Y = -0.1980 + 0.2501 * x + (-0.0422) * x^2$	0.97
C5	$Y = -0.1545 + 0.2157 * x + (-0.0382) * x^2$	0.73
C6	$Y = -0.1574 + 0.2194 * x + (-0.0386) * x^2$	0.73
C7	$Y = -0.1209 + 0.1780 * x + (-0.0319) * x^2$	0.70
C8	$Y = -0.1337 + 0.1927 * x + (-0.0344) * x^2$	0.70
C9	$Y = -0.1965 + 0.2654 * x + (-0.0460) * x^2$	0.90
C10	$Y = -0.1137 + 0.1766 * x + (-0.0319) * x^2$	0.70
C11	$Y = -0.2250 + 0.2975 * x + (-0.0514) * x^2$	0.89
C12	$Y = -0.1854 + 0.2617 * x + (-0.0450) * x^2$	0.98
C13	$Y = -0.2005 + 0.2694 * x + (-0.0465) * x^2$	0.92

R²= Coeficiente de determinação

Sendo a TAL o resultado do balanço entre a matéria seca produzida pela fotossíntese e aquela perdida pela respiração, esta é importante para avaliar a capacidade de produção de fotoassimilados pela planta, ou seja, a capacidade da planta aumentar a fitomassa em função da superfície assimilatória (TSUMANUMA et al., 2010), indicando que as cultivares que atingiram as maiores médias de TAL estavam mais aptas a suprir a elevada necessidade de fotoassimilados produzidos pelas plantas.

Para a taxa de crescimento relativo (TCR), observou-se comportamento Peak Gaussian, para todas as cultivares ao longo do crescimento das plantas (Figura 7), com coeficiente de determinação (R²) maior que 0,99 (Tabela 10), indicando que o modelo é altamente explicativo dos valores observados.

Ao analisar a figura 7, observou-se que todas as cultivares atingiram seus pontos máximos de TCR entre os intervalos de 42-57 a 57-74 DAS, seguido de redução, com destaque para a cultivar C9 (0,69 g g⁻¹ dia⁻¹). Esse comportamento também foi encontrado por Cruz et al., (2011) que em seu estudo sobre índices fisiológicos de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Oeste da Bahia, observaram valores máximos aos 31 DAE da TCR, seguido de decréscimo de acordo com a progressão do ciclo de vida das cultivares.

A taxa de crescimento relativo (TCR) reflete o acréscimo de fitomassa seca da planta, ou qualquer órgão desta, num determinado intervalo de tempo, havendo

tendência de redução à medida que a planta vai finalizando o ciclo (NTANOS e KOUTROUBAS 2002; FALQUETO et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2015). Esta redução, geralmente, está associada ao acúmulo de matéria seca durante certo período de desenvolvimento e à queda na habilidade relativa das plantas produzirem nova biomassa ao longo de seu ciclo (ANTONIAZZI e DESCHAMPS, 2006; FALQUETO et al., 2009).

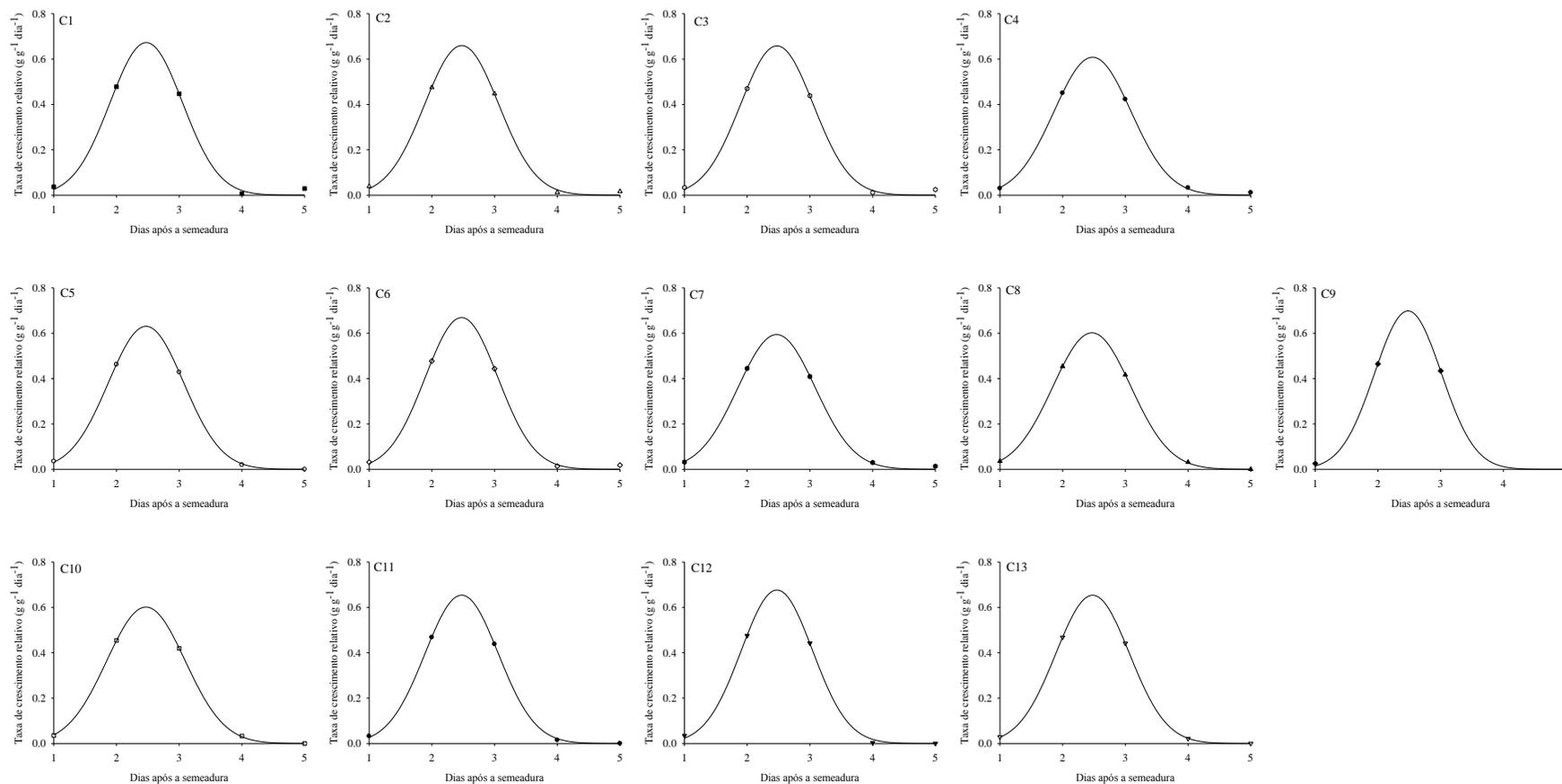


Figura 7 – Análise do crescimento, pela taxa de crescimento relativo (TCR) entre os intervalos de dias após a semeadura: 0-42 (1); 42-57 (2); 57-74 (3); 74-92 (4) e 92-106 (5), de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil.

Tabela 10. Representação das equações e regressão para a variável taxa de crescimento relativo, de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil

Cultivar	Equação	R ²
C1	$Y = 0.6727 * \exp(-.5 * ((x-2.4750)/0.5776)^2)$	0.99
C2	$Y = 0.6597 * \exp(-.5 * ((x-2.4766)/0.5905)^2)$	0.99
C3	$Y = 0.6583 * \exp(-.5 * ((x-2.4745)/0.5802)^2)$	0.99
C4	$Y = 0.6084 * \exp(-.5 * ((x-2.4777)/0.6143)^2)$	0.99
C5	$Y = 0.6303 * \exp(-.5 * ((x-2.4712)/0.5998)^2)$	0.99
C6	$Y = 0.6690 * \exp(-.5 * ((x-2.4741)/0.5783)^2)$	0.99
C7	$Y = 0.5940 * \exp(-.5 * ((x-2.4694)/0.6156)^2)$	0.99
C8	$Y = 0.6017 * \exp(-.5 * ((x-2.4676)/0.6216)^2)$	0.99
C9	$Y = 0.6982 * \exp(-.5 * ((x-2.4792)/0.5327)^2)$	0.99
C10	$Y = 0.6016 * \exp(-.5 * ((x-2.4698)/0.6244)^2)$	0.99
C11	$Y = 0.6540 * \exp(-.5 * ((x-2.4760)/0.5835)^2)$	0.99
C12	$Y = 0.6766 * \exp(-.5 * ((x-2.4741)/0.5676)^2)$	0.99
C13	$Y = 0.6537 * \exp(-.5 * ((x-2.4796)/0.5868)^2)$	0.99

R²= Coeficiente de determinação

Para a taxa de crescimento relativo foliar (TCRF) observou-se comportamento quadrático para todas as cultivares, com coeficientes de determinação maior que 0,81 (Tabela 11). Ao analisar a figura 8, verificou-se semelhança entre as cultivares, com maiores médias de TCRF no intervalo 0-42 DAE, seguido de redução.

Redução que pode ser decorrente da perda das folhas mais largas localizadas na base das plantas, que se acelera no decorrer do ciclo da planta devido ao processo de senescência (ALBUQUERQUE et al., 2012). Em estudos realizados por Silva Neto et al. (1991), sobre efeito de doses de metribuzin no crescimento e na conversão da energia solar em plantas de soja *Glycine max* (L.) Merrill foram observados maior TCRF nos primeiros estádios de desenvolvimento da soja, período que ocorre um maior aproveitamento dos fotoassimilados para a produção de aparelhos fotossintéticos da planta (folhas), decrescendo, posteriormente, de acordo com a idade das plantas, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

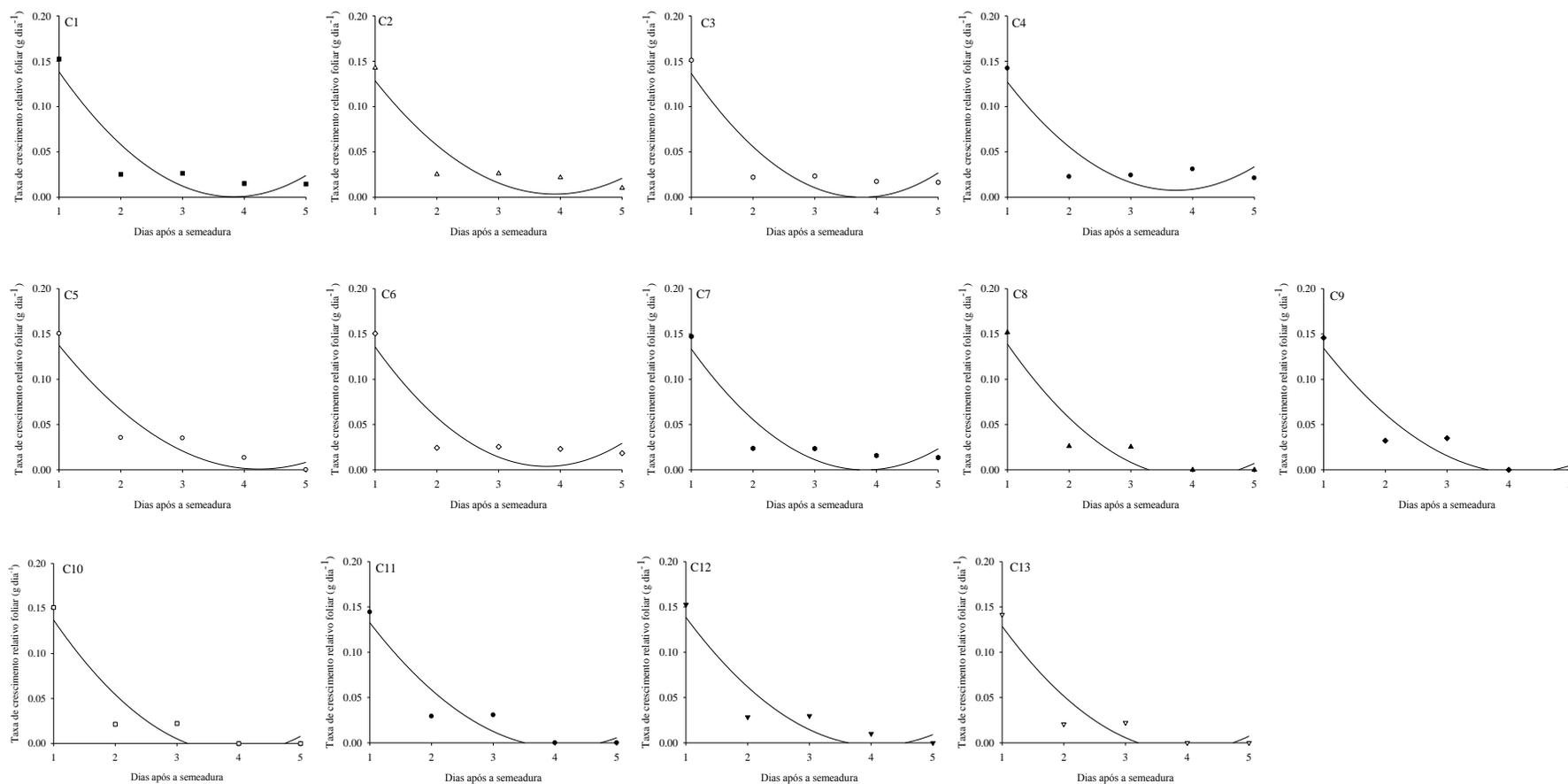


Figura 8 – Análise do crescimento, pela taxa de crescimento relativo foliar (TCRF) entre os intervalos de dias após a semeadura: 0-42 (1); 42-57 (2); 57-74 (3); 74-92 (4) e 92-106 (5), de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil.

Tabela 11. Representação das equações e regressão para a variável taxa de crescimento relativo foliar, de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil

Cultivar	Equação	R ²
C1	$Y = 0.2530 + (-0.1319) * x + 0.0172 * x^2$	0.87
C2	$Y = 0.2291 + (-0.1155) * x + 0.0148 * x^2$	0.85
C3	$Y = 0.2529 + (-0.1343) * x + 0.0178 * x^2$	0.86
C4	$Y = 0.2307 + (-0.1197) * x + 0.0161 * x^2$	0.81
C5	$Y = 0.2347 + (-0.1103) * x + 0.0130 * x^2$	0.89
C6	$Y = 0.2477 + (-0.1292) * x + 0.0171 * x^2$	0.85
C7	$Y = 0.2449 + (-0.1283) * x + 0.0168 * x^2$	0.87
C8	$Y = 0.2527 + (-0.1300) * x + 0.0162 * x^2$	0.90
C9	$Y = 0.2343 + (-0.1135) * x + 0.0135 * x^2$	0.90
C10	$Y = 0.2539 + (-0.1335) * x + 0.0169 * x^2$	0.89
C11	$Y = 0.2349 + (-0.1165) * x + 0.0141 * x^2$	0.90
C12	$Y = 0.2448 + (-0.1211) * x + 0.0148 * x^2$	0.88
C13	$Y = 0.2369 + (-0.1238) * x + 0.0156 * x^2$	0.89

R²= Coeficiente de determinação

Para o índice de colheita (IC) observou-se diferença significativa entre as cultivares (Tabela 4), havendo variação de 1 a 38% entre os materiais estudados (Tabela 12). As cultivares C9 (38%), C7 (38%), C13 (34%), C11 (34%), C10 (33%), C8 (33%), C5 (32%) e C12 (32%) tiveram os maiores valores, indicando que a matéria seca acumulada poderá ser eficientemente transformada em grãos ou sementes, dependendo do objetivo do produtor (PETTER et al., 2014). Estas cultivares tem como semelhança o tipo de crescimento, determinado, grupo de maturação entre 8.7 a 9.4, e com exceção da C5 (Tardio), são de ciclos médios. Neste trabalho, os IC das cultivares mais eficientes na conversão da massa da matéria seca em grãos (C9 e C7) corroboram com os melhores resultados encontrados por Cruz et al. (2011) para a cultivar M-SOY 8411 (38%), porem são inferiores aos de Santos et al. (2003) que encontrou valores entre 33% e 44% e por Machado (2010) que encontrou variação de 21% a 42%.

Verificou-se que as cultivares de menor ciclo de duração, apresentarem maiores índices de colheita. Assim, apresentando maior capacidade de conversão de matéria seca em produto econômico (produtividade de grãos), podendo ser uma alternativa no cultivo dessa cultura nas condições do Cerrado piauiense.

Tabela 12 - Valores médios do índice de colheita (IC) e a produtividade de grãos (PD), de 13 cultivares de soja no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais - PI, Brasil

Cultivar	IC (%)	P (kg ha ⁻¹)
C1	15 b	1138,79 b
C2	1 c	920,01 c
C3	19 b	1630,67 a
C4	5 c	888,15 c
C5	32 a	1206,97 b
C6	19 b	1353,89 a
C7	38 a	1591,25 a
C8	33 a	1608,24 a
C9	38 a	1306,22 b
C10	33 a	1397,86 a
C11	34 a	1569,31 a
C12	32 a	1297,03 b
C13	34 a	1224,73 b
CV (%)	27,52	17,01

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Ao analisar a produtividade, observou-se diferença significativa entre as cultivares de soja avaliada (Tabela 4). Ao analisar as cultivares C2 e C4, observou-se que foram estas as que apresentaram maior retardamento de seu florescimento, e proporcionaram grande crescimento vegetativo, porém tiveram menor produtividade, tendência observada também no IC, sugerindo deste modo, uma relação entre esses caracteres, como observados no trabalho de Fageria e Santos (2008) que encontraram relação positiva entre IC e produtividade. Os resultados encontrados neste trabalho demonstram que houve eficiência na translocação de fotoassimilados das folhas para as sementes em propocões diferentes entre as cultivares.

Cultivares que retardam excessivamente o florescimento e há crescimento vegetativo exagerado, forma um grande número de ramos e, em decorrência, de nós, podem se originar flores, mais o aborto floral e de legumes vai ser muito elevado, causando o desbalanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo. Isso acontece com cultivares não adaptadas às condições de fotoperíodo e temperatura da região de cultivo (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

Já as cultivares C3, C8, C7, C11, C10 e C6 obtiveram as maiores médias de produtividade se diferenciando estatisticamente das demais, atingindo médias entre

1353,89 a 1630,67 kg ha⁻¹ (Tabela 12). Resultados inferiores a média geral observada por Rocha et al. (2012) de 2.670,30 kg ha⁻¹ em 32 genótipos de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. De acordo com Nogueira et al. (2012) a produtividade é um característica complexa e sua expressão está sujeita a influencia de outros caracteres, entre eles os fatores climáticos e os de ordem fitossanitária. Os resultados de IC e produtividade do presente trabalho podem ser explicados pela área experimental ser uma área de primeiro ano de cultivo, deste modo podendo ter influenciado grandemente no rendimento final de grãos.

Em geral, foram observadas uma relação inversa entre as cultivares que apresentaram um maior desenvolvimento vegetativo em relação à produtividade final de grãos, o que deixa evidente a importância de levar em consideração as características da cultivar a ser utilizada no plantio para a região do Cerrado piauiense. De acordo com os resultados encontrados neste trabalho, as cultivares de maior ciclo de maturação e conseqüentemente maior ciclo de vida investem mais no desenvolvimento vegetativo e assim estando sujeita a maiores perdas na produtividade final devido às alterações climáticas da região, por exemplo, a ocorrência de veranicos que é bastante comum nessa região. Já a maioria das cultivares de ciclo médios estudadas neste trabalho apresentam uma boa relação entre o desenvolvimento vegetativo e o potencial produtivo de grãos, sugerindo assim, que cultivares de ciclos médios apresentam maior potencial produtivo para a região.

4 CONCLUSÕES

1. As cultivares Pampeana 10 RR, Pampeana 20 RR, Pampeana 30 RR, FT Paragominas RR, M9350 e BRS Carnaúba apresenta maior potencial pra manter o teor relativo de água por um período maior de seu ciclo;

2. As cultivares de maior grupo de maturação e crescimento indeterminado apresenta maior ciclo de vida e maior desenvolvimento vegetativo para as condições estudadas;

3. Quanto a produtividade, as cultivares mais recomendáveis são a BRS Carnaúba, BRS Sambaíba, M9350, P99R 09, P99R 03 e FTS Paragominas RR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientallis* sob diferentes condições de iluminação. **Planta Daninha**, v. 22, p. 43-51, 2004.
- ALBUQUERQUE, F. A.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; OLIVEIRA, M. I. P.; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.). In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Eds.). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. Brasília: Embrapa. 122-143, 2012.
- ALVES, G. S.; TARTAGLIA, F. L.; FERRERIRA, M. M.; BEUTLER, N. A.; SANTOS, E. C. Análise de crescimento da mamoneira brs energia em função da densidade populacional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 167-175, 2015.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, F. A. M.; LIMA, M. G.; AMARAL, J. A. B. Zoneamento de aptidão climática para o algodoeiro herbáceo no Estado do Piauí. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 2, p. 175-184, 2009.
- ANDRADE, F. R.; PETTER F. A.; NÓBREGA, J. C. A.; PACHECO, L. P.; ZUFFO, A. M. Desempenho agrônômico do milho a doses e épocas de aplicação de nitrogênio no Cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 4, p. 358-366, 2014.
- ANTONIAZZI, N.; DESCHAMPS, C. Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamentos com elicitores e fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1065-1071, 2006.
- ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Eds.) **Cultura de soja nos Cerrados**. Piracicaba, SP: Potafós, 1993, 535p.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: Funep. 2006, 237p.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1989, 247p.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 2004. 42p.
- BRANDELERO, E.; PEIXOTO, C. O. M.; SANTOS, J. M. B.; MORAES, J. C. C.; PEIXOTO, M. F. S. P.; SILVA, V. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 14, p. 77-8, 2002.
- BUTTERY, B. R. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 49, n.6, p. 675-684, 1969.
- CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: O Autor, 1998. 293p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 12 Safra 2015/16 - Décimo segundo levantamento, Brasília, setembro 2016, 184p.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p.271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A, J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. UFV, Viçosa, Brasil, 1997, 390p.
- CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; BRUGNERA, A.; LOPES, P. C. L. Índices fisiológicos de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Oeste da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 663 - 679, 2011.

- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos. Yield physiology of dry bean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, n. 6, p. 983-1004, 2008.
- FALQUETO, A. R.; CASSOL, D.; JÚNIOR, A. M. M.; OLIVEIRA, A. C.; BACARIN, M. A. Crescimento e partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p.453-461, 2009.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina, PR: Embrapa Soja, Circular Técnica 48, 2007. 10p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Special Report, 1977, 12 p.
- HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.
- HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: Edward Arnold, 1982. 247p.
- MACHADO, G. S. **Características agrônômicas e produtivas de soja Hortaliça em duas épocas de semeadura no Recôncavo sul baiano**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
- MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. **Proposta de delimitação territorial do Matopiba**. Campinas, SP: Embrapa – Grupo de Inteligência Territorial Estratégica, Nota Técnica 1, 2014. 18p.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre, RS: Evangraf, 2005. 31p.
- NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAK, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.
- NTANOS, D. A.; KOUTROUBAS, S. D. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. **Field Crop Res.** New York, v. 74, n. 1, p. 93-101, 2002.
- PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n.13, p. 51 – 76, 2011.
- PEIXOTO, C. P.; MACHADO, G. S.; BORGES, V. P.; ALVES, E. C.; LEAL, G. M. F. Índices fisiológicos de soja hortaliça em duas épocas de semeadura no Recôncavo Sul Baiano. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 2, p. 56-67, 2012.
- PETTER, F. A.; ALVES, A. U.; SILVA, J. A.; CARDOSO, E. A.; ALIXANDRE, T. F.; ALMEIDA, F. A.; PACHECO, L. P. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio, **Semina: Ciência Agrária**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 89-100, 2014.
- PRAGANA, R. B.; RAFAELA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 851-858, 2012.
- R Core Development Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2014. Disponível em: <http://www.Rproject.org/>. Acesso em: 12. Novembro. 2016.

- REIS, L. C. **Análise da variabilidade climática sobre a produtividade de soja no município de Bom Jesus (PI)**. 2015. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.
- ROCHA, R. S.; SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.
- SALVADOR, M. A. **Análise da variabilidade climática na nova fronteira agrícola do Brasil: região do MATOPIBA**. 2014. 95f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.
- SANT’ANA, E. V. P.; SILVEIRA, P. M. Crescimento do feijoeiro influenciado por doses de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 134-140, 2008.
- SANTOS, E. A. **Influência da aplicação foliar de cálcio e boro em pré e pós- floração sobre os componentes de produção e na produtividade da soja**. 2013. 78p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal do Piauí.
- SANTOS, J. M. B.; PEIXOTO, C. P.; SANTOS, J. M. B.; BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, M. F. S. P.; SILVA, V. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 15, p. 111-121, 2003.
- SCOTT, H. D.; BATCHELOR, J. T. Dry weight na leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 776-782, 1979.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Eds.) **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 333p.
- SIGMA PLOT. **Scientific Graphing Software**. Versão 10.0. San Rafael, Jandel Corporation, 2006.
- SILVA NETO, P. J.; LOPES, N. F.; OLIVA, M.A.; SILVA, J. F.; FERREIRA L. R. Efeito de doses de metribuzin no crescimento e na conversão da energia solar em plantas de soja *Glycine max* (L.) Merrill. **Planta Daninha**, v. 9, p.53-64, 1991.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Biologia de plantas daninhas. Cap.1, p.1-40. In: **Temas em manejo de plantas daninhas**. Ed. UFV. Viçosa – MG. 2007, 300p.
- SILVA, J. B.; LAZARINI, E.; SILVA, A. M.; RECO, P. C. Ensaio comparativo de cultivares de soja em época convencional em Selvíria, MS: características agrônômicas e produtividade. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, p. 747-754, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- TEIXEIRA, G. C. S.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 9-17, 2015.
- TORRES, F. E.; SILVA, E. C.; TEODORO, P. E. Desempenho de genótipos de soja nas condições edafoclimáticas do ecótono Cerrado-Pantanal. **Interações**, v. 15, n. 1, p. 71-78, 2014.
- TSUMANUMA, G. M.; CARVALHO, S. J. P.; FANCELLI, A. L.; BERNARDES, M. S.; RODRIGUES, M. A. T.; EDSON, B. Crescimento de dois cultivares de soja submetidos a aplicações de herbicidas e fungicidas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 6, p. 742-750, 2010.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES JD.; STONE, L. F. Análise de Crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional, **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

USDA – United States Department of Agriculture. **Word agricultural production**. Circular Series, WAP 9-16, September, 2016. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

CAPÍTULO III

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE SOJA CULTIVADAS NO CERRADO DO SUDOESTE DO PIAUÍ^{1,2}

RESUMO: O conhecimento de caracteres e suas contribuições para a diversidade genética são fundamentais na identificação de genótipos promissores para uso no desenvolvimento de novas cultivares. Neste trabalho, objetivou-se caracterizar e quantificar a dissimilaridade genética entre cultivares de soja cultivadas no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Brasil, e identificar genótipos promissores para hibridações. Para tal, treze cultivares de soja foram cultivadas na região e avaliadas quanto a caracteres de desenvolvimento vegetativos e reprodutivos. Seguiu-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. A divergência genética foi determinada pelos procedimentos de distância generalizada de Mahalanobis; método de otimização de Tocher e UPGMA. Nas condições estudadas, os métodos de Tocher e UPGMA agruparam as cultivares de modo semelhante. A variabilidade genética permitiu a identificação de genótipos dissimilares, sendo que a área foliar, o peso de mil sementes e comprimento de vagens foram os caracteres de maior contribuição. As hibridações entre as cultivares Pampeana 10 RR x FT Campo Novo RR, BRS Sambaíba, M9350, M9144 RR, P99R03 ou P99R09; entre M8766 RR x Pampeana 20 RR, Pampeana 30 RR ou P99R09; e entre P99R09 x Pampeana 20 RR ou Pampeana 30 RR, demonstram-se promissoras para obtenção de populações segregantes com variabilidade superior.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, desempenho agrônômico, análise de agrupamentos, seleção de genitores.

¹ Parte da Dissertação de Mestrado em Agronomia – Fitotecnia, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI). Universidade Federal do Piauí (UFPI). Bom Jesus – PI, p. 51-68, 2016.

² Article published: OLIVEIRA, T. O.; CHAVES, D. V.; HEBERLE, E.; COSTA FILHO, J. H.; SANTANA, F. S.; MONTEIRO, C. R. B.; FERREIRA, R. S.; SANTOS, M. E. L. Genetic divergence between soybean cultivars grown in the Cerrado in Southwestern Piauí, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 37, p. 3519-3526, 2016.

GENETIC DIVERGENCE BETWEEN SOYBEAN CULTIVARS GROWN IN THE CERRADO IN SOUTHWESTERN PIAUÍ, BRAZIL^{1,2}

ABSTRACT: Knowing plant traits and their contribution to genetic diversity is key to identify favorable genotypes and breed new cultivars. This article aims to describe and quantify the genetic divergence between soybean cultivars grown in the Cerrado in southwestern Piauí, Brazil, and identify favorable genotypes for hybridization. To do this, 13 soybean cultivars were grown in the region and assessed concerning vegetative and reproductive performance traits. Randomized block design was adopted, with four replications. Genetic divergence was determined by using the generalized Mahalanobis distance procedure, the Tocher's optimization method, and the unweighted pair-group method with arithmetic mean (UPGMA). Under the conditions analyzed, the Tocher's method and the UPGMA grouped the cultivars in a similar way. Genetic variability enabled the identification of dissimilar genotypes, and leaf area, thousand-seed weight and pod length were the traits providing greater contribution. Hybridization between the cultivars Pampeana 10 RR x FT Campo Novo RR, BRS Sambaíba, M9350, M9144 RR, P99R03, or P99R09; between M8766 RR x Pampeana 20 RR, Pampeana 30 RR or P99R09; and between P99R09 x Pampeana 20 RR or Pampeana 30 RR showed to be favorable in order to obtain segregating populations with higher variability.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, agronomic performance, cluster analysis, parental selection.

¹ Part of the master Dissertation in Agronomy – Plant Sciences, with support from Foundation for Research Support of the State of Piauí (FAPEPI). Federal University of Piauí, Bom Jesus – PI, p. 51-68, 2016.

² Article published: OLIVEIRA, T. O.; CHAVES, D. V.; HEBERLE, E.; COSTA FILHO, J. H.; SANTANA, F. S.; MONTEIRO, C. R. B.; FERREIRA, R. S.; SANTOS, M. E. L. Genetic divergence between soybean cultivars grown in the Cerrado in Southwestern Piauí, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 37, p. 3519-3526, 2016.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) destaca-se no agronegócio mundial pela importância de seus produtos e possibilidade de cultivo em ambientes diversos (ROCHA et al., 2012). O expressivo crescimento da sojicultura no Brasil está associado aos avanços relacionados com a criação de cultivares adaptadas às diferentes regiões e a disponibilização de novas tecnologias de produção (FREITAS, 2011), que permitiram o aumento da produtividade e da área de cultivo, especialmente em regiões de baixas latitudes.

No cenário mundial, o Brasil destaca-se como o segundo maior produtor de grãos de soja, com produção de 99 milhões de toneladas (t) na safra de 2015/16, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (106,9 milhões de t) e a frente de países como a Argentina (56,5 milhões de t), China (11,8 milhões de t), seus principais concorrentes (USDA, 2016). É uma espécie de grande interesse econômico, pois ocupa lugar de destaque na indústria de alimentos, devido aos teores elevados de proteína (em torno de 40%) para a alimentação animal, óleo (ao redor de 20%) para consumo humano (KLAHOLD et al., 2006; PAIVA et al., 2006; SÁ, 2006), e como a principal fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel (GOLDEMBERG et al., 2008).

Segundo Behling et al. (2009), cultivares melhoradas, com genes capazes de expressar maior produtividade, com ampla adaptação e alta resistência ou tolerância a fatores adversos, representam a contribuição mais significativa para a eficiência do setor produtivo. O melhoramento vegetal está associado à existência de variabilidade genética, à seleção e ao ajuste dos genótipos aos ambientes, e seu avanço depende da capacidade na identificação de critérios de seleção capazes de promover as alterações desejadas (REIS et al., 2004).

A variabilidade genética nos programas de melhoramento genético da soja, a fim de proporcionar o surgimento de novas combinações genéticas a partir da ampliação da base genética da cultura, é essencial para suprir novas demandas, como aumentos de produtividade e de qualidade (COSTA et al., 2004). Grande parte da variabilidade genética desta cultura é mantida e conservada em Bancos de Germoplasma existentes em vários países orientais e ocidentais. No Brasil vários estudos já vêm sendo realizados a fim de verificar a existência de variabilidade genética nessa cultura (PRIOLLI et al., 2004;

ALMEIDA et al., 2011; RIGON et al., 2012; VAL et al., 2014). Para determinar a divergência genética de uma população, vários métodos multivariados podem ser aplicados (CLEMENTE e CAHOON, 2009), como método de otimização de Tocher, UPGMA hierárquico e o uso de dendogramas.

Conhecer a divergência genética entre possíveis genitores é importante para trabalhos de hibridações por possibilitarem a identificação de genótipos que, ao serem cruzados, proporcionarão maior efeito heterótico na progênie, aumentando as chances de obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes (NUNES et al., 2011). Seu estudo, em uma população, emprega variáveis agronômicas e morfológicas que são submetidas às técnicas biométricas multivariadas, unificando múltiplas informações de um conjunto de caracteres e, quando este é realizado por análise de agrupamentos, agrupa os possíveis progenitores por critérios de classificação, de modo que haja homogeneidade dentro do grupo e níveis de heterogeneidade entre os grupos (CRUZ et al., 2014). O conhecimento do inter-relacionamento entre caracteres tem sido fundamental por fornecer informações importantes para o processo seletivo (NOGUEIRA et al., 2012).

A região de Cerrado do Sudoeste do Piauí faz parte da última fronteira agrícola brasileira, denominada Mapitoba, e apresenta condições favoráveis para a produção de grãos (FREITAS, 2011). Porém são raras as informações científicas e dados técnicos sobre o desempenho agronômico e adaptação de cultivares de soja nesta região, bem como a identificação de genótipos promissores para o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas às condições locais.

Deste modo, objetivou-se caracterizar e quantificar a dissimilaridade genética entre cultivares de soja cultivadas no Cerrado do Sudoeste do Piauí e identificar genótipos promissores para hibridações.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Localização e Caracterização Climática da Área Experimental

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2014/15 em área de cultivo da Fazenda São João, localizada na Serra do Pirajá, município de Currais, Piauí, Brasil.

O município está localizado no centro-sul do Estado, na Mesorregião Sudoeste Piauiense e na Microrregião Geográfica do Alto Médio Gurguéia, entre as coordenadas geográficas 44°18' e 45°05' Longitude Oeste e entre 8°26' e 9°02' Latitude Sul. Apresenta médias anuais de temperatura de 29 °C, precipitação de 944,4 mm (IBGE, 2001), com frequente ocorrência de veranicos prolongados (ANDRADE JÚNIOR et al., 2009).

O solo da área experimental é do tipo arenoso. As suas características químicas após a correção são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas (0-20 cm) da área experimental, após a correção e antes da instalação de ensaio. Currais – PI, Brasil

pH	P	K ⁺	H+AL ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	M	MO
(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)		(----- cmolcdm ⁻³ -----)						(--- % ---)		(g kg ⁻¹)
6,0	6,9	40,0	1,73	0,0	2,8	1,0	3,9	5,6	69,0	0,0	1,6

SB: Soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; MO: matéria orgânica.

2.2 Estabelecimento e Condução do Experimento

Seguiu-se o delineamento em blocos completo ao acaso, com 13 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 13 cultivares (genótipos) de soja (Tabela 2).

Tabela 2. Relação das cultivares de soja que foram utilizadas no experimento no Cerrado do Sudoeste do Piauí, com as respectivas empresas de origem, grupos de maturação e tipo de crescimento. Currais – PI, Brasil

Cultivares	Origem	Grupo de maturação	Tipode de crescimento
Pampeana 30 RR	Pampeana	10.0	Indeterminado
Pampeana 20 RR	Pampeana	9.6	Indeterminado
BRS Carnaúba	Embrapa	9.6	Determinado
Pampeana 10 RR	Pampeana	9.4	Indeterminado
BRS 333 RR	Embrapa	9.4	Determinado
FT Paragominas RR	FT Sementes	9.3	Determinado
M9350	Monsoy	9.3	Determinado
BRS Sambaíba	Embrapa	9.1	Determinado
M 9144RR	Monsoy	9.1	Determinado
P99R 03	Pioneer	9.0	Determinado
P99R 09	Pioneer	9.0	Determinado
FT Campo Novo RR	FT Sementes	8.7	Determinado
M 8766 RR	Monsoy	8.7	Determinado

As parcelas experimentais foram constituídas por 9 fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m. Para a coleta de dados foram desconsideradas as duas linhas periféricas e 0,50 m das extremidades, consideradas bordaduras. Assim a área útil de cada parcela era de 14 m². A área experimental total foi de 1.170 m².

A semeadura foi realizada manualmente em 13 de dezembro de 2014, aos 15 dias após a emergência procedeu-se o desbaste das plantas para adequar a população com a recomendação de cada cultivar. O manejo e tratos culturais durante o ciclo foram realizados uniformemente em todos os tratamentos, de acordo com o recomendado para a cultura da soja em regiões de Cerrado (ARANTES e SOUZA, 1993).

2.3 Variáveis Determinadas

No estágio fenológico R₆ (grão completo) (FEHR e CAVINESS, 1977) avaliaram-se, com cinco réplicas por parcela, os caracteres: Altura de planta (AP) - comprimento da parte aérea da planta do nível do solo ao ápice da haste principal; Ramificação da planta (RP) - contagem do número de ramos na haste principal; Área foliar (AF) - determinada com auxílio do equipamento LI-3100 Área Meter (LI-COR, Inc. Lincoln, NE, EUA); e Massa seca da parte aérea (MSPA) - pesagem da massa seca após secagem em estufa, a 65 °C até peso constante.

Após a colheita, realizada manualmente em maio, foram avaliados: Número de vagens por planta (NVP) - contagem do número de vagens formadas na planta inteira; Número médio de grãos por vagem (NMGV) - por contagem; Comprimento de vagens (CV) - média do comprimento de 30 vagens planta⁻¹; Peso de mil sementes (PMS) - seguindo metodologia proposta por Brasil (2009) e Produtividade (P) - calculada pela produção média na parcela transformados para kg ha⁻¹ (corrigida para umidade de 13% b.u.).

2.4 Análises Estatísticas

Os dados foram testados quanto à homogeneidade das variâncias dos tratamentos e normalidade em nível de 95% de probabilidade, e constatou-se não haver necessidade de transformação. Posteriormente foram realizadas análises de variância univariada para todos os caracteres avaliados e agrupamento de médias pelo teste de

Scott-Knott (BHERING et al., 2008). Após, realizou-se a análise de variância multivariada.

A partir da matriz das médias fenotípicas das características de cada cultivar e da matriz de variância-covariância residual, foram calculadas as distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2_{ij}), conforme descrição de Cruz et al. (2014). A análise de agrupamentos foi realizada com a matriz de D^2_{ij} entre as cultivares, utilizando o método de otimização de Tocher e o método hierárquico do UPGMA. A identificação da contribuição relativa de cada caractere para a divergência genética foi baseada no critério de Singh (CRUZ et al., 2014). Todas as análises foram processadas no programa GENES (CRUZ, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para os nove caracteres avaliados encontra-se na Tabela 3. Os resultados demonstram a existência de diferenças significativas entre as médias das cultivares para todos os caracteres avaliados pelo teste F, sugerindo a existência de variabilidade genética entre as populações.

Tabela 3. Análise de variância para os caracteres altura da planta (AP); ramificação da planta (RP); área foliar (AF); Massa seca da parte aérea (MSPA); número de vagens por planta (NVP); número médio de grãos por vagem (NMGV); comprimento de vagem (CV); peso de mil sementes (PMS) e produtividade (P) entre 13 cultivares de soja cultivadas no Cerrado do Sudoeste do Piauí. Currais – PI, Brasil

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios				
		AP	RP	AF	MSPA	
Blocos	3	41,39	158,41	115.429,09	35,86	
Cultivares	12	314,95**	72,19**	1.368.287,92**	293,74**	
Resíduo	36	105,70	10,35	204.691,04	53,65	
		NVP	NMGV	CV	PMS	P
Blocos	3	53,79	0,11	1,70	62,78	122.094,20
Cultivares	12	194,09**	0,21**	21,33**	683,72**	241.461,65**
Resíduo	36	54,39	0,04	2,05	46,36	50275,37

**significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Pela altura das plantas, as cultivares foram agrupadas em dois grupos, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) (Tabela 4). As maiores alturas foram observadas nas cultivares Pampeana 10 RR (84,7 cm), Pampeana 30 RR (76,29 cm) e Pampeana 20 RR (72,12 cm), as demais apresentaram médias variando de 54,10 (M9144 RR) a 63,65 cm (M8766 RR), não diferindo entre si. Fato que pode ser atribuído ao tipo de crescimento das cultivares, visto a maior altura ter sido observada no grupo de cultivares Pampeanas, de crescimento do tipo indeterminado, enquanto que as demais são do tipo determinado, embora possa ser influenciado pelo manejo da cultura e por fatores climáticos.

Segundo Rocha et al. (2012), a altura de planta é uma característica fundamental na determinação da cultivar a ser introduzida em uma região, uma vez que se relaciona com o rendimento de grãos, controle de plantas daninhas e com as perdas durante a colheita mecanizada. O caractere está relacionado com a produtividade e ao rendimento operacional das colhedoras, sendo que o desejado para a soja é que tenham alturas entre 60,0 a 110,0 cm (SHIGIHARA e HAMAWAKI, 2005). Sendo assim, as três cultivares Pampeanas, as BRS Carnaúba e Sambaíba, FT Paragominas RR e a M8766 RR se enquadram na faixa de altura desejada. Plantas de maior estatura podem favorecer o acamamento por apresentarem hastes de menor espessura (GUIMARÃES et al., 2008), fato que não foi observado neste experimento.

Observada a distribuição das médias dos caracteres e suas respectivas significâncias, foi sugerida uma estrutura de correlação entre o caractere altura de planta e o grupo de variáveis massa seca da parte aérea, área foliar e ramificações da planta, visto que as cultivares Pampeanas 10 RR, 20 RR e 30 RR destacaram-se com as maiores médias gerais comparadas com as demais cultivares para esses caracteres (Tabela 4). Assim, supõe-se que estas possuem maior potencial para o desenvolvimento da parte aérea da planta, característica importante para o desenvolvimento de aparato fotossintético e estruturas vegetativas. No entanto, nem sempre a maior parte aérea é revertida em maior produtividade e, assim, deve-se dar atenção e preferência à cultivares mais eficientes na conversão dos fotoassimilados para os órgãos reprodutivos (GUBIANI, 2005). Deste modo, segundo Sedyama et al. (1985), seria conveniente o cruzamento dessas cultivares com as mais contrastantes para o caractere, visando a obtenção de populações segregantes com o efeito de heterose e que permitam a seleção de genótipos superiores.

Tabela 4. Valores médios para a altura de planta (AP); ramificação da planta (RP); área foliar (AF); massa seca da parte aérea (MSPA); número de vagens por planta (NVP); número médio de grãos por vagem (NMGV); comprimento de vagem (CV); peso de mil sementes (PMS) e produtividade (PROD) de 13 cultivares de soja avaliadas no Cerrado do Sudoeste do Piauí. Currais – PI, Brasil

Cultivares	Caractere								
	AP (cm)	RP	AF (cm ²)	MSPA (g)	NVP	NMGV	CV (mm)	PMS (g)	P (kg ha ⁻¹)
Pampeana 10 RR	84,70 a	14,05 b	2.510,42 a	42,44 a	49,80 a	2,52 a	42,72 a	109,63 c	888,15 c
Pampeana 20 RR	72,12 a	18,01 a	2.467,63 a	41,22 a	49,80 a	1,65 c	39,11 b	108,19 c	920,01 c
Pampeana 30 RR	76,29 a	12,00 b	1.611,16 b	40,66 a	41,80 a	2,05 b	38,08 c	109,15 c	1.138,79 b
BRS Carnaúba	62,22 b	9,10 c	1.175,10 b	32,72 b	33,35 b	2,02 b	36,67 c	115,68 b	1.630,67 a
BRS Sambaíba	62,20 b	4,60 c	1.027,02 b	19,61 c	28,25 b	1,85 c	37,46 c	129,11 b	1.608,25 a
BRS 333 RR	57,85 b	5,50 c	1.000,91 b	20,94 c	35,85 b	2,13 b	41,24 a	102,01 d	1.206,97 b
FT Campo Novo RR	56,90 b	4,60 c	929,02 b	21,91 c	38,60 b	2,09 b	36,40 c	97,50 d	1.297,03 b
FT Paragominas RR	60,69 b	9,00 c	1.585,77 b	32,50 b	32,65 b	1,96 c	39,36 b	114,28 c	1.353,89 a
P99R03	57,99 b	5,60 c	849,21 b	19,54 c	41,70 a	1,81 c	38,58 c	124,29 b	1.397,86 a
P99R09	59,05 b	4,50 c	1.125,84 b	29,91 b	37,45 b	1,95 c	41,42 a	143,66 a	1.569,31 a
M9350	57,85 b	7,40 c	776,03 b	26,27 c	33,10 b	1,70 c	34,31 d	108,82 c	1.591,25 a
M9144RR	54,10 b	4,85 c	782,55 b	23,94 c	32,50 b	1,85 c	37,71 c	120,76 b	1.306,22 b
M8766RR	63,65 b	6,00 c	1.422,47 b	21,00 c	46,60 a	1,70 c	40,06 b	97,58 d	1.224,73 b
Média Geral	63,51	8,09	1327,93	28,66	38,57	1,94	38,70	113,90	1317,93
Fc	2,97*	6,97**	6,68**	5,47**	3,56*	4,89**	10,37**	14,74**	4,80*
CV(%)	16,18	39,75	34,06	25,54	19,11	10,75	3,70	5,97	17,01

Fc: Estimativa F de Snedecor. * e **: significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente. CV(%): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Quanto ao número médio de vagens por planta, as cultivares também foram agrupadas em dois grupos contrastantes pelo procedimento de Scott-Knott, onde as cultivares Pampeana 10 RR, 20 RR e 30 RR, a P99R03 e M8766 RR apresentaram as maiores médias, variando de 41,7 a 49,8 vagens por planta. As outras oito cultivares agruparam-se com número de vagens variando de 28,25 (BRS Sambaíba) a 38,6 (FT Campo Novo RR) por planta. Este caractere é tido como a variável que mais contribui para o rendimento de grãos nas leguminosas, por correlacionar-se positivamente com a produção (SANTOS et al., 2015) e o número de grãos por vagem pode influenciar o tamanho das sementes, seu peso e, conseqüentemente, a produtividade da cultura.

Quatro grupos foram formados pelo comprimento de vagens, com as maiores variando de 41,24 (BRS 333 RR) a 42,72 mm (Pampeana 10 RR), e as menores com 34,31 mm observada na M9350. A cultivar Pampeana 10 RR apresentou o maior número médio de (2,52) grãos por vagem, seguida pelo grupo formado pela Pampeana 30 RR, BRS Carnaúba, BRS 333 RR e FT Campo Novo, que variaram de 2,02 a 2,13 grãos por vagem, e pelo grupo das demais que apresentaram somente de 1,65 a 1,96 grãos por vagem.

Exceto a Pampeana 10 RR, todas apresentaram produção de grãos abaixo da média relatada por Santos et al. (2011), ao estudar a divergência entre genótipos de soja cultivados em várzea irrigada (2,14), e por Almeida et al. (2011) em cultivares de soja cultivadas na entressafra de 2005, no sul do Estado de Tocantins (2,13).

Observa-se que somente a cultivar Pampeana 10 RR apresentou constância entre os caracteres reprodutivos número de vagens por planta, comprimento de vagens e número médio de grãos por vagem, permanecendo entre o grupo com as maiores médias, que pode ter ocorrido em função do maior desenvolvimento vegetativo observado. Ainda assim, não foi a cultivar que apresentou maior produtividade.

Quatro grupos de médias foram estabelecidos para o peso de mil sementes. A cultivar P99R09 mostrou-se superior, com 143,66 g. O segundo grupo foi constituído pela P99R03; M 9144 RR; BRS Sambaíba e BRS Carnaúba. O grupo três foi formado pelas cultivares Pampeana 10 RR, 20 RR e 30 RR; FT Paragominas RR e M9350. E as cultivares BRS 333 RR; FT Campo Novo RR e M8766 RR apresentaram as menores médias para o caractere, de 97,50 a 102,01 g. Este caractere é fator determinante para a produtividade, uma vez que está relacionado com o rendimento dos grãos e pode ser

aproveitado para estimar se houve boa eficiência durante o processo de enchimento de grãos, além de expressar, de forma indireta, o tamanho dessas sementes e sua qualidade fisiológica.

Com relação a produtividade, observa-se a formação de três grupos contrastantes. O mais produtivo foi composto pela P99R03; FT Paragominas RR; BRS Sambaíba; M9350; BRS Carnaúba e P99R09, com produtividade variando de 1.353,89 a 1.630,67 kg ha⁻¹. O segundo grupo apresentou produtividade média de 1.138,79 a 1.306,22 kg ha⁻¹, e o grupo de menor produtividade, formado pela Pampeana 10 RR e Pampeana 20 RR, com 888,15 e 920,01 kg ha⁻¹, respectivamente.

A produtividade média geral foi de 1.317,93 kg ha⁻¹, sendo inferior a observada por Rocha et al. (2012), de 2.670,30 kg ha⁻¹, em 32 genótipos de soja em condições de baixa latitude, em Teresina - PI. A produtividade é um característica complexa e sua expressão depende de outros caracteres (NOGUEIRA et al., 2012), entre eles os fatores climáticos. No estudo de populações, direciona a seleção das mais divergentes e com elevada produtividade, sendo uma das características priorizadas no melhoramento (ROTILI et al., 2012).

Considerando o efeito multivariado, com base na distância máxima entre cultivares, observa-se que a cultivar Pampeana 10 RR foi a mais divergente em relação a dez cultivares, seguida dos contrastes da M9350 em relação a Pampeana 10 RR, BRS Sambaíba com a Pampeana 20 RR, e da P99R09 com a cultivar Pampeana 30 RR. Quanto as menos divergentes, verificou-se que o par mais similar foi P99R03 e M9144 RR (Tabela 5).

A contribuição relativa de cada carácter para a dissimilaridade genética (Tabela 6), segundo o critério de Singh, demonstra que a área foliar (17,12%), peso de mil sementes (16,92%) e comprimento de vagens (16,19%) foram os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética, devendo ser priorizadas na seleção de progenitores em programas de melhoramento. A menor contribuição foi observada no número de vagens por planta, com 3,82% da proporção da variação estimada.

A produtividade, por sua vez, contribuiu pouco para a divergência (7,25%), sugerindo similaridade genética entre os genótipos para este caractere e a necessidade de obtenção de populações segregantes para a manutenção do melhoramento. A baixa contribuição relativa da produtividade para a dissimilaridade genética, em estudo sobre

divergência genética, também foi verificada por Dotto et al. (2010) em milho, Cabral et al. (2011) em feijão e Santos et al. (2011), em soja.

Tabela 5. Estimativas das distâncias de Mahalanobis (D^2_{ij}), máxima e mínima, entre 13 cultivares de soja avaliadas no Cerrado do Sudoeste do Piauí. Currais – PI, Brasil

Cultivar	Máxima		Mínima	
	Distância	Cultivar	Distância	Cultivar
Pampeana 10 RR	173,37	M9350	28,87	Pampeana 20 RR
BRS 333 RR	98,84	Pampeana 10 RR	8,71	M 8766 RR
FT Campo Novo RR	134,72	Pampeana 10 RR	10,70	M9350
Pampeana 20 RR	118,02	BRS Sambaíba	20,88	Pampeana 30 RR
Pampeana 30 RR	71,10	P99R09	13,14	FT Paragominas RR
P99R03	143,38	Pampeana 10 RR	3,84	M 9144RR
M 9144RR	149,21	Pampeana 10 RR	3,84	P99R03
FT Paragominas RR	66,91	Pampeana 10 RR	12,82	BRS Carnaúba
BRS Sambaíba	157,85	Pampeana 10 RR	6,18	M 9144RR
M 8766 RR	103,76	Pampeana 10 RR	8,71	BRS 333 RR
M9350	173,37	Pampeana 10 RR	10,70	FT Campo Novo RR
BRS Carnaúba	105,02	Pampeana 10 RR	12,82	FT Paragominas RR
P99R09	130,86	Pampeana 10 RR	20,25	P99R03

Tabela 6. Contribuição de cada caractere para a divergência genética, pelo critério de Singh, entre 13 cultivares de soja avaliadas no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais – PI, Brasil

Característica	Contribuição para divergência (%)
Número de vagens/planta	3,82
Comprimento de vagens (cm)	16,19
Produtividade (kg ha ⁻¹)	7,25
Peso de mil sementes (g)	16,92
Altura de planta (cm)	7,59
Média do número de grãos por vagem	6,89
Ramificação da planta	12,74
Massa seca da parte aérea (g)	11,45
Área foliar (cm ²)	17,12

A diversidade genética entre as cultivares foi verificada através da formação de grupos contrastantes pelo método UPGMA, o agrupamento nestes tipos de gráficos é realizada de maneira subjetiva, selecionando-se um ponto de corte na escala de distância (FUZATTO et al., 2002). Neste trabalho foi definido o plano de corte para agrupamento de genótipos com 70% de similaridade (Figura 1). As cultivares P99R03 e M9144RR

foram as de menor distância ($D^2 = 3,85$), já a maior distância em relação as demais cultivares foi atribuída à Pampeana 10 RR e BRS 333 RR ($D^2 = 99,6$), sendo considerada como 100% de dissimilaridade para o estabelecimento do Dendrograma.

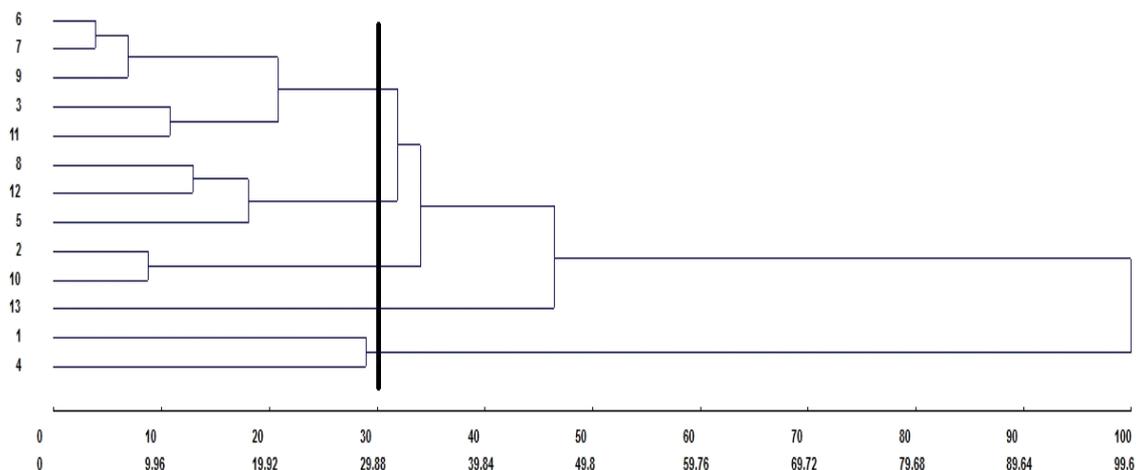


Figura 1. Dendrograma baseado em UPGMA, obtido a partir das distâncias generalizadas de Mahalanobis de 13 cultivares de soja avaliadas no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais – PI, Brasil.

Cultivares: 1 – Pampeana 10 RR; 2 – BRS 333 RR; 3 – FT Campo Novo RR; 4 – Pampeana 20 RR; 5 – Pampeana 30 RR; 6 – P99R03; 7 – M9144RR; 8 – FT Paragominas RR; 9 – BRS Sambaíba; 10 – M8766RR; 11 – M9350; 12 – BRS Carnaúba e 13 – P99R09.

Esses resultados poderão ser utilizados em hibridações dirigidas em programa de melhoramento genético, pois estas informações adquiridas poderão auxiliar no conhecimento sobre essas cultivares afim de que as mesmas possam ser utilizadas como fontes de obtenção de constituições genéticas superiores.

Por este método, houve a formação de dois grupos distintos. O primeiro grupo foi formado pelas cultivares Pampeana 10 RR e Pampeana 20 RR, resultado esse que pode ter sido influenciado pelo fato dessas cultivares terem apresentado os maiores valores para a área foliar (2510,42 e 2467,63 cm², respectivamente) (Tabela 2), que foi o mais importante caractere para a discriminação das cultivares (Tabela 5); o segundo grupo foi constituído pela cultivar P99R09 que apresentou a maior média para a característica peso de mil sementes; o terceiro grupo foi formado pelas cultivares BRS 333 RR e M8766 RR; o quarto grupo foi pelas cultivares Pampeana 30 RR; BRS Carnaúba e FT Paragominas RR, e o quinto grupo foi formado pelas demais cultivares.

A técnica de otimização de Tocher discriminou as cultivares em cinco grupos contrastantes entre si (Tabela 7). O primeiro grupo foi constituído pelas cultivares P99R03; M 9144 RR; BRS Sambaíba; M9350; BRS Carnaúba; FT Campo Novo RR; FT Paragominas RR e BRS 333 RR, representando aproximadamente 61% das cultivares avaliadas. O segundo grupo foi composto por duas cultivares (Pampeana 20 RR e Pampeana 30 RR). Os grupos III, IV e V foram compostos por apenas uma cultivar cada, a cultivar Pampeana 10 RR, a M 8766 RR e a P99R09, respectivamente.

Tabela 7. Agrupamento de 13 cultivares de soja, avaliadas no Cerrado do Sudoeste do Piauí, Currais – PI, Brasil

Grupos	Genótipos	Distância média	
		Intragrupo	Intergrupo
I	P99R03, M 9144 RR, BRS Sambaíba, M9350, BRS Carnaúba, FT Campo Novo RR, FT Paragominas RR, BRS 333 RR	20,09	DI, II = 64,91; DI, III = 128,66; DI, IV = 35,78; DI, V = 40, 90
II	Pampeana 20 RR, Pampeana 30 RR	20, 88	DII, III = 33,22; DII, IV = 50,98; DII, V = 89,81
III	Pampeana 10 RR	-	DIII, IV = 103,77; DIII, V = 130,87
IV	M 8766 RR	-	DIV, V = 64,61
V	P99R09	-	

Segundo Peluzio et al. (2014), a formação dos grupos é importante na seleção dos genitores, pois as novas combinações híbridas a serem formadas devem ser fundamentadas na magnitude de suas dissimilaridades e no potencial dos genitores. Ao relacionar os métodos de otimização de Tocher e UPGMA observou-se concordância entre ambos, apresentando cinco grupos com semelhança em suas constituições.

As cultivares de soja mais dissimilares são reunidas em grupos mais distantes, podendo ser consideradas como promissoras em cruzamentos artificiais (OLIVEIRA et al., 2005). Entretanto, além de dissimilares, é necessário que os genitores correlacionem média elevada para as outras características agrônômicas desejadas (NUNES et al., 2011; PELUZIO et al., 2014). Deste modo, a distância da cultivar Pampeana 10 RR, em relação às demais, sugere que esta pode apresentar efeito heterótico elevado após cruzamento com outra cultivar.

Conforme relatado por Asmus (2008), as melhores combinações híbridas a serem testadas em um programa de melhoramento devem envolver parentais divergentes e de elevado desempenho. Deste modo, considerando o grupo de cultivares estudado, a princípio, o primeiro cruzamento recomendado é entre as cultivares Pampeana 10 RR x M 9350, uma vez que a maior distância de Mahalanobis foi constatada entre elas, observada também a alocação das mesmas em grupos distintos pelos métodos de Tocher (Tabela 6) e UPGMA (Figura 1).

A cultivar Pampeana 10 RR pode ser cruzada com a cultivar M 8766 RR, do grupo IV em razão da magnitude da distância de Mahalanobis (Tabela 4). Em razão da magnitude das distâncias de Mahalanobis, a cultivar Pampeana 10 RR também pode ser cruzada com M9350; BRS Sambaíba; M 9144 RR e P99R03, que, por vez, são pertencentes ao grupo I formado pelo método de Tocher. As referidas possuem menores número e comprimento de vagens, altura de planta, número de grãos por vagem e ramificações, massa seca da parte aérea e área foliar em relação a cultivar Pampeana 10 RR, mas são mais produtivas, destacando-se as cultivares BRS Sambaíba e P99R03 (Tabela 2). Segundo Cruz et al. (2014), o estabelecimento de grupos com genótipos homogêneos dentro e heterogêneos entre os grupos é o ponto inicial para uma avaliação criteriosa dos mesmos, visando seu aproveitamento nos programas de melhoramento.

Assim, foram efetivas a identificação de genótipos superiores, para os caracteres avaliado, e a identificação e recomendação de cruzamentos promissores. Neste sentido, poderão ser promissoras as seguintes hibridações: Pampeana 10 RR x FT Campo Novo RR; Pampeana 10 RR x P99R03; Pampeana 10 RR x M9144 RR; Pampeana 10 RR x BRS Sambaíba; Pampeana 10 RR x M9350; Pampeana 10 RR x P99R09; M8766 RR x Pampeana 20 RR; M8766 RR x Pampeana 30 RR; M8766 RR x P99R09; P99R09 x Pampeana 20 RR; P99R09 x Pampeana 30 RR.

4. CONCLUSÕES

1. Houve concordância parcial com relação a formação dos grupos com semelhança em suas constituições pelos métodos de otimização de progenitores Tocher e UPGMA;

2. As características que mais contribuíram para a divergência foram área foliar (17,12%), peso de mil sementes (16,92%) e comprimento de vagens (16,19%);

3. A presença de variabilidade genética permitiu a identificação de cultivares dissimilares e com médias elevadas para os caracteres avaliados;

4. As hibridações Pampeana 10 RR x FT campo Novo RR; Pampeana 10 RR x P99R03; Pampeana 10 RR x M9144 RR; Pampeana 10 RR x BRS Sambaíba; Pampeana 10 RR x M9350; Pampeana 10 RR x P99R09; M8766 RR x Pampeana 20 RR; M8766 RR x Pampeana 30 RR; M8766 RR x P99R09; P99R09 x Pampeana 20 RR e P99R09 x Pampeana 30 RR são promissoras para obtenção de populações segregantes com variabilidade superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. D.; AFFERRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, F. A. M.; LIMA, M. G.; AMARAL, J. A. B. Zoneamento de aptidão climática para o algodoeiro herbáceo no Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 175-184, 2009.
- ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Eds.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 535 p.
- ASMUS, G. L. Reação de genótipos de soja ao nematóide reniforme. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 69-71, 2008.
- BEHLING, M.; ZONTA, E.; LIMA, E.; SOBRINHO, N. M. B. A. Produtividade e desempenho vegetativo de dez cultivares de soja na Baixada Fluminense, Seropédica-RJ. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 1, p. 069-073, 2009.
- BHERING, L. L.; CRUZ, C. D.; VASCONCELOS, E. S.; FERREIRA, A.; RESENDE JÚNIOR, M. F. R. Alternative methodology for Scott-Knott test. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Londrina, v. 8, p. 9-16, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS. p. 395, 2009.
- CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B. S.; LIMA, A. B. P.; ALVES, D. S.; NUNES, J. A. Diversidade genética de acessos de feijão comum por caracteres agronômicos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 898-905, 2011.
- CLEMENTE, T. E.; CAHOON, E. B. Soybean oil: genetic approaches for modification of functionality and total content. **Plant physiology**, v. 151, p. 1030-1040, 2009.
- COSTA, M. M.; MAURO, A. O. D.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C.; BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em

- populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: Diversidade genética**. Viçosa: UFV. 2008. 278 p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV. 2014. 668 p.
- DOTTO, M. A.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; MELO, A. V.; CARVALHO, E. V. Divergência genética entre cultivares comerciais de milho em baixas altitudes no Tocantins, safra 2007/2008. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 630-637, 2010.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 1977. 11 p.
- FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.
- FUZATTO S. R.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A.; RIBEIRO, P. H. E. Divergência Genética e sua relação com os cruzamentos dialéticos na cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 22-32, 2002.
- GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S. T. **Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. 2008. 152 p.
- GUBIANI E. I. **Crescimento da soja em resposta a época de semeadura e arranjo de plantas**. 2005. 77f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GUIMARÃES, F. S.; REZENDE, P. M.; CASTRO, E. M.; CARVALHO, E. A.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, E. R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, 2008.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000: características da população e dos domicílios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.
- KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A.. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.
- NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAK, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.
- NUNES, G. H. S.; COSTA FILHO, J. H.; SILVA, D. J. H.; CARNEIRO, P. C. S.; DANTAS, M. S. M. Divergência genética entre linhagens de melão pele de Sapo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 765-773, 2011.
- OLIVEIRA, R. C.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, J. A.; PERECIN, D.; ARANTES, N. E. Progênies superiores de soja resistentes ao tipo 3 do nematóide de cisto da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 745-751, 2005.
- PAIVA, B. M.; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. **Aspecto socioeconômico da soja. Informe Agropecuário**, v. 27, p. 7-14, 2006.
- PELUZIO, J. M.; LOPES, L. A.; CARVALHO, E. V.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A. Características agronômicas e divergência genética de cultivares de soja para

- percentagem de óleo nas sementes. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 1, p. 1-8, 2014.
- PRIOLLI, R. H. G.; MENDES-JUNIOR, C. T.; SOUSA, S. M. B.; SOUSA, N. E. A.; CONTEL, E. P. B. Diversidade genética da soja entre períodos e entre programas de melhoramento no Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 967-975, 2004.
- REIS, E. F.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 685-692, 2004.
- RIGON, J. P. G.; CAPUANI, S.; NETO, J. F. B.; ROSA, G. M.; WASTOWSKI, A. D.; RIGON, C. A. G. Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 233-240, 2012.
- ROCHA, R. S.; SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina - PI. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.
- ROTILI, E. A.; CANCELLIER, L. L.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M.; CARVALHO, E. V. Divergência genética em genótipos de milho, no Estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 516-521, 2012.
- SÁ, M. E. L. **Alternativas da soja na prevenção de doenças**. Informe Agropecuário, v. 27, p. 19-21, 2006.
- SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; FERRAZ, E. C.; CELLA, A. J. S.; CAPONE, A.; SANTOS, A. F.; FIDELIS, R. R. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 755-764, 2011.
- SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; FERRAZ, E. C.; CELLA, A. J. S.; CAPONE, A.; SANTOS, A. F.; FIDELIS, R. R. Ação de bioestimulantes no desempenho do cultivo de soja em duas condições de adubação fosfatada. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n. 3, p. 01-08, 2015.
- SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja**. 1ª Parte. Viçosa: UFV, MG. 1985. 96 p.
- SHIGIHARA, D.; HAMAWAKI, O. T. Seleção de genótipos para juvenilidade em progênies de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Bioscience Journal**, Uberlândia, p. 1-26, 2005.
- USDA - United States Department of Agriculture. **Word agricultural production**. Foreign Agricultural Service. Circular series, 2016. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>. Acesso em 10 de maio de 2016.
- VAL, B. H. P.; JÚNIOR, J. A. F.; BIZARI, E. H.; MAURO, A. O. D.; TREVISOLI, S. H. U. Diversidade genética de genótipos de soja por meio de caracteres agromorfológicos. **Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v. 6, n. 1, p. 72-83, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Piauí tem apresentado um grande potencial na produção de soja, com condições para expandir a produção e contribuir cada vez mais para a produção dessa oleaginosa no Brasil. O Estado tem no ecossistema do Cerrado seu grande forte, com uma área plantada na safra 2015/2016 de 564.118 de hectares, e ainda com terras virgens e aptas para a sua imediata incorporação ao processo produtivo da soja.

Para o estado, pesquisas como esta são de grande importância na introdução e desenvolvimento da cultura nessas áreas, pois buscam cada vez mais novas variedades que atendam as exigências dos produtores. Como observado neste trabalho, algumas cultivares podem ser indicados para tais condições e, estes resultados servirão de base para futuros trabalhos de melhoramento e lançamento de cultivares para as condições de Cerrado do Sudoeste do Piauí.

Com relação aos dados obtidos no trabalho, notou-se que as cultivares Pampeana 10 RR, Pampeana 20 RR e Pampeana 30 RR apresentaram maior desenvolvimento vegetativo, porém não refletiram essa superioridade no rendimento final de grãos, indicando que para obter uma cultivar com bom potencial para cultivo deve haver uma relação entre o desenvolvimento vegetativo da planta com potencial produtivo final.

Com base nos índices fisiológicos, as cultivares apresentaram os maiores resultados no início de desenvolvimento da cultura. Quanto à produtividade, as cultivares que apresentaram um melhor potencial produtivo para a região do Cerrado piauiense foram a BRSarnaíba, BRS Sambaíba, M9350, P99R 09, P99R 03 e FT Paragominas RR.

De acordo com análise de divergência genética, verificou-se a presença de variabilidade genética permitindo a identificação de cultivares dissimilares e com médias elevadas para os caracteres avaliados, deste modo com potencial para serem utilizadas em hibridações para obtenção de populações segregantes com variabilidade superior.

Experimentos em anos seguintes com as variedades e linhagens que se destacaram nesta pesquisa, juntamente com outras que tem apresentado destaque para a região deverão ser realizados, buscando-se, principalmente, destacar aquelas com maiores estabilidades de produção.

