

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
CAMPUS DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, PROPRIEDADES FÍSICAS E  
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA EM  
FUNÇÃO DO HÁBITO DE CRESCIMENTO E POPULAÇÕES DE PLANTAS

Edgar Estevam de França

ANÁPOLIS - GO  
FEVEREIRO DE 2019

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, PROPRIEDADES FÍSICAS E  
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA EM  
FUNÇÃO DO HÁBITO DE CRESCIMENTO E POPULAÇÕES DE PLANTAS

EDGAR ESTEVAM DE FRANÇA

ORIENTADOR: PROF. DR. ITAMAR ROSA TEIXEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de MESTRE.

ANÁPOLIS - GO  
FEVEREIRO DE 2019

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, PROPRIEDADES FÍSICAS E  
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CULTIVARES DE SOJA EM  
FUNÇÃO DO HÁBITO DE CRESCIMENTO E POPULAÇÕES DE PLANTAS**

Por

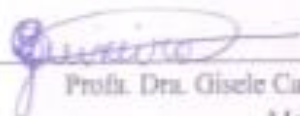
Edgar Estevam de França

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de  
**MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Aprovado em 25/02/2019



Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira  
Orientador  
UEG/CCET



Profa. Dra. Gisele Carneiro da Silva Teixeira  
Membro  
UEG/CCET



Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro  
Membro  
LFG/EA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, por iluminar meus passos, e ter me concedido mais uma conquista e a toda minha família e amigos pelo apoio, em especial a minha namorada Natália Ferreira, meu pai William de França, minha mãe Kirley Estevam e a minha irmã e colega de profissão engenheira agrônoma Msc. Thamara Estevam, pelos incentivos e carinhos.

Ao meu orientador professor Dr. Itamar Teixeira, por sua atenção, paciência, confiança, e por todo ensinamento valioso que me prestou durante esses dois anos.

Aos Professores do programa de Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás.

A todos os colegas do programa de Mestrado em engenharia agrícola, por terem me acolhido tão bem, em especial a Nayane, Marcos, Mateus, Loredanna, Fernando e Renato pela amizade e companheirismo. Aos alunos de iniciação científica Lucas, Yuri, Kelven, Eduardo, Miguel e Victor pela ajuda durante a realização do trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pela colaboração. Em especial ao Sr. Valdeir, que sempre esteve disposto a ajudar.

A Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER), unidade de Anápolis-GO, por ceder o local do experimento. Além do auxílio dos funcionários durante toda condução do mesmo.

À Universidade Estadual de Goiás e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso e a Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa concedida.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização do trabalho.

Muito obrigado.

“O que nos trouxe até aqui, não é o que nos levará adiante.”

Marshall Goldsmith

## SÚMARIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA DA SOJA.....	4
2.3 HÁBITOS DE CRESCIMENTO DA SOJA .....	6
<b>2.3.1 Crescimento determinado .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3.2 Crescimento semi-determinado .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.3 Crescimento indeterminado.....</b>	<b>7</b>
2.4 ARRANJOS DE PLANTAS .....	8
2.5 IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	10
2.6 IMPORTÂNCIA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE SEMENTES .....	11
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA .....	12
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	13
3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	14
3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS .....	15
<b>3.4.1 Componentes e rendimento agronômico .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.2 Propriedades físicas de sementes .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.3 Qualidade fisiológica das sementes .....</b>	<b>17</b>
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	18
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
4.1 COMPONENTES E RENDIMENTO AGRONÔMICO.....	18
4.2 PROPRIEDADES FÍSICAS DE SEMENTES .....	32
4.3 QUALIDADE FISIOLÓGICAS DAS SEMENTES.....	35
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Dados climáticos diários referentes à precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e temperatura média (°C), ocorridos durante o período de condução da safra das “águas” de novembro de 2017 a abril de 2018 em Anápolis-GO, 2017/2018. Fonte: Sistema de Meteorologia e Hidrologia Estado de Goiás (SIMEHGO).....	12
<b>FIGURA 2.</b> Semeadura com o auxílio de fitas de “cetin” previamente marcadas de acordo o espaçamento entre sementes para os tratamentos estudados. Anápolis-GO, 2017/2018.....	14
<b>FIGURA 3.</b> Altura de plantas de soja (cm) em função das populações de plantas de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	21
<b>FIGURA 4.</b> Inserção da 1 <sup>o</sup> vagem (cm) em função das populações de plantas de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	22
<b>FIGURA 5.</b> Diâmetro da haste (mm) em função de populações de plantas de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	23
<b>FIGURA 6.</b> Número de ramificações em função das populações de plantas de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	24
<b>FIGURA 7.</b> Arquitetura de plantas da cultivar de soja indeterminada (BMX Power IPRO) em função de populações de plantas: A=180; B=220; C=280; D=320 mil plantas/ha <sup>-1</sup> . Anápolis-GO, 2017/2018.....	26
<b>FIGURA 8.</b> Número de sementes por planta de cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.....	28
<b>FIGURA 9.</b> Peso de 100 sementes (P100) de cultivares de soja em função de populações de plantas, Anápolis-GO, 2017/2018.....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resultados da Análise do solo (0-20 cm profundidade) da estação experimental da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER), unidade de Anápolis-GO, 2017/2018.....	13
<b>Tabela 2.</b> Cultivares de soja com suas características de hábito de crescimento, grupo de maturidade e população de plantas ha.....	13
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância (QM) das características agronômicas das plantas e rendimento final: altura de planta (AP), inserção da primeira vagem (1°V), diâmetro da haste (DIÂ), número de ramificações (NR), números de vagens por planta (NVP), número de sementes por planta (NSP), número de sementes por vagem (NSV), peso de 100 sementes (P100) e rendimento (REND) de três cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.	19
<b>Tabela 4.</b> Altura de plantas de soja (cm) em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018. ....	20
<b>Tabela 5.</b> Inserção da 1° vagem (cm) em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018..	21
<b>Tabela 6.</b> Diâmetro da haste (mm) em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	23
<b>Tabela 7.</b> Número de ramificações em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	24
<b>Tabela 8.</b> Número de vagens por planta em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018. ....	26
<b>Tabela 9.</b> Número de sementes por planta (NSP) de cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.....	27
<b>Tabela 10.</b> Peso de 100 sementes (g) de cultivares de soja em função de populações de plantas Anápolis-GO, 2017/2018. ....	29
<b>Tabela 11.</b> Rendimento de grãos (REND) de cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018. ....	31
<b>Tabela 12.</b> Resumo da análise de variância (QM) das propriedades físicas de sementes de soja: tamanho de sementes (TS) (comprimento (a), largura (b) e espessura (c), esfericidade (ES), circularidade (CS) e massa específica aparente (MA) de três cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.....	33
<b>Tabela 13.</b> Tamanho de sementes (TS) (comprimento (a), largura (b) e espessura (c) e circularidade (CS) em função de cultivares de soja Anápolis-GO, 2017/2018. ....	34
<b>Tabela 14.</b> Massa específica aparente (MA) em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	35
<b>Tabela 15.</b> Resumo da análise de variância (QM) das qualidades fisiológicas de sementes de soja: germinação (G), primeira contagem (1°C), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de	



plântula (CP), massa seca da raiz (MSR) e massa seca do hipocótilo (MSH) de três cultivares de soja submetidas a diferentes populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.....	37
<b>Tabela 16.</b> Percentual de germinação (G) de sementes de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	38
<b>Tabela 17.</b> Primeira contagem (1°C), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântula (CP) e massa seca do hipocótilo (MSH) de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.....	39

## RESUMO

FRANÇA, E. E. **Características agronômicas, propriedades físicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja em função do hábito de crescimento e populações de plantas.** 2019. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás - UEG/CCET.

Uma das principais oleaginosas cultivadas no mundo, a soja é destinada tanto para a alimentação humana quanto animal, servindo também como fonte de matéria prima aos complexos agroindústrias, a exemplo da cadeia de biodiesel. Para os produtores de sementes de soja o foco principal é alcançar a maior lucratividade da lavoura, atingindo alto rendimento e qualidade por hectare colhido. Nesse intuito objetivou-se avaliar características agronômicas, propriedades físicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja, em função dos hábitos de crescimento e diferentes populações de plantas. Foi conduzido um experimento durante a safra agrícola 2017/2018. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados em esquema fatorial 3x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três cultivares de soja de diferentes hábitos de crescimento (TMG2181, M 7739 IPRO e BMX Power IPRO), submetidos a quatro densidades populacionais: 180.000; 220.000; 280.000 e 320.000 plantas hectare<sup>-1</sup>. A colheita da área útil ocorreu manualmente quando as plantas atingiram seu estágio R8 e teor de água recomendado para colheita. As plantas foram trilhadas e beneficiadas, ocorrendo a secagem das sementes que apresentaram teor de água acima de 13% e em seguida foi efetuada a limpeza por peneiras. Foi avaliado as características agronômicas das plantas, mensurando à altura de planta, inserção da primeira vagem, diâmetro de haste, número de ramificações, número de vagens por planta, número de sementes por planta, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e rendimento de sementes. Em seguidas as propriedades físicas das sementes: tamanho, forma e a massa específica aparente. Avaliou-se também a qualidade fisiológica destas sementes, pelos testes: germinação, primeira contagem, comprimento de plântula, matéria seca da raiz e hipocótilo e envelhecimento acelerado. Conclui-se que as características morfofisiológicas das plantas de soja foram distinguidas devido aos genótipos de diferentes hábitos de crescimento trabalhados e essas expressões fenotípicas podem ser alteradas de acordo arranjo de plantas no qual são expostas. A cultivar indeterminada apresentou maior rendimento de sementes em relação as cultivares semi-determinada e determinada. Com relação as propriedades físicas das sementes, pode-se observar que a cultivar M 7739 IPRO (semi-determinada) representou a maior média em relação a eixos ortogonais, caracterizando uma semente de maior tamanho. Todas as três cultivares foram classificadas como sementes circulares. A cultivar indeterminada BMX Power IPRO apresentou maiores médias de germinação e vigor das sementes, originando plântulas normais com boa velocidade de crescimento inicial e massa seca.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, Plasticidade, germinação, arranjo de plantas, rendimento de sementes.

## ABSTRACT

FRANÇA, E. E. **Agronomic characteristics, physical properties and physiological quality of seeds of soybean cultivars as a function of growth habit and plant populations.** 2019. 63p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) - State University of Goiás - UEG/CCET.

One of the main oil crops in the world, soybean, is destined for both human and animal consumption, serving also as a source of raw material for agroindustry complexes, such as the biodiesel chain. For soybean producers, the main objective is to achieve the highest profitability of the crop, reaching high yield and quality per hectare harvested. In the intuitive objective-sensational characteristics agronomic, physical and physiological quality of seeds of soybean, in the character of growth and different molecular images of plants. An experiment was conducted during a 2017/2018. The experimental design was the randomized blocks in a 3x4 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of three soybean cultivars of different growth habits (TMG2181, M 7739 IPRO and BMX Power IPRO), submitted to four population densities: 180,000; 220,000; 280,000 and 320,000, hectare<sup>-1</sup> plants. The harvest of the useful area occurred manually when the plants reached their R8 stage and recommended water content for harvesting. The plants were threshed and benefited, drying the seeds with water content above 13%, followed by sieving. It was evaluated the agronomic characteristics of the plants, measuring plant height, first pod insertion, stem diameter, number of branches, number of pods per plant, number of seeds per plant, number of seeds per pod, weight of 100 seeds and seed yield. Following the physical properties of the seeds: size, shape and apparent specific mass. Evaluating also the physiological quality of these seeds, by the tests: germination, first count, seedling length, root dry matter and hypocotyl and accelerated aging. It is concluded that the morphophysiological characteristics of soybean plants were distinguished due to the genotypes of different growth habits worked, and these phenotypic expressions can be altered according to arrangement of plants in which they are exposed. The indeterminate cultivar presented higher seed yield in relation to the semi-determined and determined cultivars. Regarding the physical properties of the seeds, we can observe that the cultivar M 7739 IPRO (semi-determined) represented the highest average in relation to orthogonal axes, characterizing a seed of larger size. All three cultivars were classified as circular seeds. The indeterminate cultivar BMX Power IPRO obtained higher seed germination and vigor means, yielding normal seedlings with good initial growth speed and dry mass.

**Keywords:** *Glycine max*, Plasticity, germination, plant arrangement, seed yield.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das principais oleaginosas cultivadas no mundo, a soja (*Glycine max L.*), atualmente tem como seus líderes mundiais de produção: Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai. No Brasil o aumento da produção da oleaginosa se deu em função principalmente das condições climáticas favoráveis para o bom desenvolvimento da cultura, tendo sido produzido 118.985,5 milhões de toneladas de grãos na safra 2017/2018 (CONAB, 2018), considerada como recorde.

Esse produto é destinado tanto para a alimentação humana quanto animal, devido sua composição química, que pode chegar a cerca de 45% de proteína (grão/semente), servindo também como fonte de matéria prima aos complexos agroindústrias, a exemplo da cadeia de biodiesel (MAUAD et al., 2010). Apesar desse sucesso, a cadeia sementeira de soja apresenta gargalos importantes a serem superados, como a ainda baixa taxa de utilização de sementes certificadas pelos produtores, que atualmente é de 61%, se comparada a do milho híbrido (>90%) (PESKE, 2016).

Para os produtores de sementes de soja, o principal objetivo é alcançar a maior lucratividade da lavoura, atingindo alto rendimento e qualidade por hectare colhido (MARCOS FILHO, 2015). Com esse intuito, várias técnicas de manejo integrado de insetos pragas, doenças e plantas daninhas são agregadas, assim como o preparo de solo adequado, o uso de sementes de boa qualidade, associado à escolha de materiais genéticos adaptados à região e arranjo espacial das plantas na área (CRUZ et al., 2016).

O arranjo espacial de plantas, compreendendo o espaçamento entre linhas e a densidade de plantas nas linhas, pode ser manipulado para estabelecer uma melhor distribuição de plantas na área, em que o resultado seja a maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada (TOURINO et al., 2002). Esta técnica de manejo vem sendo estudada ao longo dos anos e demonstra ter em soja, associação com a modificação da distribuição espacial e o aumento de rendimento por área (WERNER et al., 2016; BRACHTVOGEL et al., 2009).

A produtividade de sementes, assim como outras características agronômicas, varia com a escolha do genótipo, com o manejo do solo, com a diminuição da competição interespecífica entre plantas e com a interação destes fatores, assim como a variação da densidade de semeadura e os diversos hábitos de crescimento da soja (WERNER et al., 2016; PROCÓPIO et al., 2013). Contudo, a planta de soja tem capacidade de se adaptar ao meio em questão, devido às modificações morfofisiológicas chamadas de plasticidade de planta, sendo este o principal motivo dos resultados conflitantes de pesquisas envolvendo os materiais genéticos de soja cultivados atualmente, em resposta à variação de densidades populacionais (PETTER et al., 2016).

Os principais componentes de produção de soja (número de vagens/planta, número de sementes/vagem e a massa de sementes) e taxa de fotoassimilados pelas plantas, são influenciados pela forma com que a planta irá responder quando exposta às diferentes populações de planta (DE LUCA e HUNGRIA, 2014; SUHRE et al., 2014; DALCHIAVON et al., 2012). Todavia tem-se observado em cultivares de hábitos de crescimento indeterminadas, que a principal influência para a produtividade das plantas é a densidade de semeadura nas linhas, sendo que a medida que esta aumenta, ocorre a diminuição das ramificações, sementes e vagens por planta (MACHADO et al., 2018; FERREIRA et al., 2016; HEIFFIG, 2010).

Devido à variabilidade genética da soja, cada genótipo se comporta diferentemente do outro, com maior ou menor compensação, sendo que a resposta dos diferentes genes, ocorre principalmente devido à escolha da densidade de semeadura usada (FERREIRA et al., 2016). Desta forma, estudos referentes à escolha da população ideal de plantas por hectare em relação ao material genético utilizado e sua plasticidade, mostram alterações nas características morfofisiológicas das plantas, com reflexo direto no rendimento (BALBINOT JÚNIOR et al., 2018; PROCÓPIO et al., 2014).

A maioria das pesquisas realizadas no Brasil acerca da plasticidade fenotípica da soja, utilizaram cultivares com tipo de crescimento determinado, que em geral, apresentam plantas com elevada ramificação (RAMBO et al., 2004). Contudo, nos últimos anos, a maioria das cultivares de soja lançadas no mercado apresentam tipo de crescimento indeterminado (cultivares modernas), com menor ramificação (WERNER et al., 2016; PROCÓPIO et al., 2013). Nesse sentido, trabalhos recentes demonstram que, devido as mudanças morfofisiológicas, as cultivares modernas (indeterminadas) continuam apresentando elevada plasticidade fenotípica, pois a produtividade por área tem variado pouco com alterações expressivas na densidade de plantas (PETTER et al., 2016; MOREIRA et al, 2015).

Cultivares de crescimento determinado originam plantas com inflorescência racemosa acontecendo na mesma época em toda planta e caracteriza-se pelo término ou cerca de 90% do crescimento vegetativo a partir do início do florescimento (fase reprodutiva) (PERINI et al., 2012). As plantas de crescimento indeterminado lançam inflorescência ao longo do caule, e neste, as gemas apicais mantêm o crescimento vegetativo aumentando de duas a quatro vezes o seu tamanho após o início do florescimento. Uma alta quantidade de folhas novas surgem após o aparecimento das primeiras flores e contem vagens próximas à base, antes que apareça a última flor no ápice da planta (BAIGORRI e GASSEN, 2009). Já as plantas de crescimento semi-determinado alcançam 70% de sua altura final ao florescer (NOGUEIRA et al., 2014).

Se tratando da qualidade fisiológica de sementes de soja, pouco se encontra na literatura sua relação ao hábito de crescimento, fazendo-se necessários estudos, devido as cultivares de hábito de

crescimento indeterminado ter espaço significativo nas lavouras brasileiras (FARIAS et al., 2007; GARCIA et al., 2007). O mesmo ocorre para a relação da qualidade fisiológica de sementes de soja influenciada pela população de plantas (BARON et al., 2018; NAKAGAWA e CARVALHO, 2000), partindo do pressuposto que o sucesso de uma lavoura de soja depende de fatores como, rápida emergência, elevado vigor de plântula, uniformidade do crescimento e desenvolvimento de plantas, maior capacidade competitiva, que só é possível com o uso de sementes de alta qualidade (MARCOS FILHO, 2015).

Ademais, as diferentes densidades populacionais, cultivares e hábitos de crescimento, são fatores que influenciam o rendimento da cultura, sendo que, a combinação desses fatores pode interferir diretamente nas propriedades físicas das sementes (ex. tamanho e forma), variáveis essas, que são base para estudos das condições de secagem, beneficiamento e armazenamento (FERREIRA et al., 2017; MUNDSTOCK e THOMAS, 2005; SILVA et al., 2003).

Nesse intuito, objetivou-se avaliar características agronômicas, propriedades físicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja, em função dos hábitos de crescimento e diferentes populações de plantas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max L.*) é uma das principais culturas do mundo e tem como seus guias mundiais de produção: Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai. Os dados brasileiros da última safra da cultura (2017/2018), consagra esta como a responsável pelo recorde de 118.985,5 milhões de toneladas, se comparando com a safra 2016/2017 com média de 114.075,3 milhões de toneladas produzidas, representa uma variação de aumento de 4,3% (CONAB, 2018). Vários fatores explicam esse aumento tanto na área plantada, quando na produção final da soja, um deles é o fato do desenvolvimento da indústria sementeira, com a criação de variedades mais produtivas e mais adaptadas as condições climáticas da região, a modernização dos equipamentos utilizados, refletidos pelo adentro da agricultura de precisão, além do melhor manejo de correção do solo (CAMPOS, 2010).

A região Centro Oeste nas duas últimas safras, obteve uma variação de 3,0% de aumento na área plantada, saindo de 15.193,6 milhões de hectares manejados na safra 2016/2017 para 15.648,8 milhões de hectares para a safra 2017/2018. Esse aumento da área refletiu para a produção final colhida, tendo uma variação de aumento de 7,6%, com uma produção de 50.149,9 milhões de toneladas na safra 2016/2017 aumentando para 53.945,4 milhões de toneladas na safra 2017/2018 (CONAB, 2018).

O grão de soja serve de matéria prima para várias cadeias agroindustriais, sendo estas a alimentação humana, animal, produção de sementes, fertilizantes, além da cadeia de biodiesel. Sua análise química revela que a semente de soja contém aproximadamente 20% de óleo, 40% de proteína, 30% de carboidratos, 10% de açúcar total e 5% de cinza. O farelo de soja pode ter em torno de 44 % de proteína, também é composto por alto conteúdo de minerais, particularmente cálcio, fósforo e ferro e é usado para nutrição de gado, suínos e aves (ACIKGOZ et al., 2009).

A cultura foi introduzida no Brasil no início do século XX mas apenas na década de 70 que seu cultivo foi impulsionado, assumindo local de destaque dentre os líderes mundiais da época, devido principalmente ao clima e solos das regiões brasileiras até então produtoras (MISSÃO, 2006).

É uma planta originária da China, pertencente a classe das dicotiledônias, família das fabáceas, com sistema radicular pivotante, sendo a raiz principal bem desenvolvida e raízes secundárias em grande número. Sua haste é ereta com altura em torno de 1,50 m, sendo está bastante ramificada, suas folhas são alternadas, composta por três folíolos de comprimento variado,

onde na maioria das cultivares as folhas amarelam de acordo o amadurecimento dos frutos (vagens) e caem na maturidade fisiológica destes (sementes) (GOMES, 1990).

Os estádios vegetativos da planta são caracterizados pelos nós durante a haste, com exceção do nó cotiledonar por não possuírem folhas verdadeiras. O estágio VE denomina uma plântula recém emergida, sendo este antecessor do estágio VC (folhas cotiledonares totalmente abertas), em seguida são numerados como V1, V2, V3, V4, V5, V6, ..., Vn, sendo n o número do último nó vegetativo formado pela planta. A fase reprodutiva é caracterizada com o florescimento (R1 a R2), desenvolvimento das vagens (R3 a R4), enchimento dos grãos/sementes (R5 e R6) e a maturação da planta (R7 a R8) (FARIA et al., 2007).

Visando não ocorrer perdas de produção se faz necessário a escolha de materiais genéticos adaptados a região, devido as condições de solo, precipitação, fotoperíodo e temperatura do ar local, para assim ter-se uma data indicada para plantio, de acordo ciclo do material trabalhado. Uma boa época de plantio seria quando a maturidade fisiológica das sementes ocorra em períodos de temperaturas amenas e baixo índice de precipitação, já que estas estão armazenadas nos legumes em campo até o momento de colheita (MARCOS FILHO, 2015; FRANÇA NETO et al., 1984)

Para produtores de sementes a falta de conhecimento sobre os fatores climáticos, nos quais interferem diretamente dentre os estádios vegetativos e reprodutivos (indução e enchimento de sementes) das plantas, pode acarretar perdas não só no rendimento final da cultura, como na qualidade fisiológicas das sementes produzidas (RODRIGUES et al., 2001).

Em relação a necessidade hídrica da cultura, os períodos críticos para a soja no primeiro momento é a germinação, onde as sementes necessitam em torno de 50% de sua massa em água, em seguida no florescimento ao enchimento das sementes, chegando a necessidade de 7 a 8 mm dia<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2007). Durante o estágio vegetativo a ausência de água pode levar a alterações no crescimento da planta, estas apresentam murcha e os folíolos tendem a se fechar para diminuir a exposição da área foliar, conseqüentemente causando alteração no processo de fotossíntese, podendo não só diminuir a produção e qualidade da semente final, como causar a morte da planta (FARIAS et al., 2007).

O estresse hídrico durante a formação das vagens pode reduzir a quantidade de sementes produzidas, já quando este estresse ocorre após a formação das sementes, o acúmulo de matéria seca destas podem ser comprometidos, alterando a produtividade final (MARCOS FILHO, 1987). Nesse momento de enchimento de semente a ausência de água pode ocasionar a maturação forçada, aumentando a quantidade de sementes verdes (DEMIRTAS et al., 2010).

A temperatura necessária durante o ciclo da cultura para uma boa safra, gira em torno de 20°C a 30°C, sendo que temperaturas altas aceleram a maturação (FARIAS et al., 2007; MONDINI et al., 2001). Temperaturas altas acima de 40°C inibem o desenvolvimento da planta, além de



provocar o abortamento das flores, estas maiores temperaturas também podem reduzir o desenvolvimento vegetativo em dias, chegando ao florescimento (R1) mais rápido.

As condições ambientais também exercem efeito no teor de óleo e proteínas das sementes, onde este efeito é enfatizado nos estádios de R5 a R8 (YAKLICH et al., 2002; GIBSON e MULLER, 1996). Se tratando de sementes é observado que altas temperaturas no enchimento de sementes a maturação podem reduzir a qualidade fisiológica destas, e a medida em que estas exposições aumentam em dias, acarretam a redução no vigor deste material (KHAN et al., 2011).

A planta da soja é de fotoperíodo curto, com média de 13 a 14 horas dia, porém esse dado pode sofrer mudanças de acordo a cultivar, época de semeadura e região trabalhada. A influência desse período de exposição a luz, pode acarretar mudanças durante o estágio vegetativo da planta, alterando a duração deste, ou seja, plantas expostas a dias curtos induz a floração mais rapidamente (FARIAS et al., 2007).

## 2.3 HÁBITOS DE CRESCIMENTO DA SOJA

O hábito de crescimento refere-se a arquitetura da planta, sendo especificada como características morfofisiológicas herdadas geneticamente e serve para identidade fenotípica de determinada cultivar. Já o termo referente à tipo de crescimento é caracterizado principalmente pelo crescimento da haste principal e pelo florescimento da planta, remanescente a estes termos a planta da soja pode ser classificada como crescimento determinado, crescimento semi-determinado e crescimento indeterminado (SEDIYAMA et al., 2009).

Esta característica da planta é regulada por sua constituição genética, sendo esta a interação entre os genes: *Dt1/dt1* e *Dt2/dt2*. O gene *dt1 dt1* expressa o hábito de crescimento determinado; Já o *Dt1 Dt1* o hábito indeterminado e por fim o *Dt1/dt1* caracteriza o hábito semi-determinado. O gene *Dt2/dt2* na sua forma dominante também expressa o fenótipo semi-determinado e *dt2 dt2* o hábito indeterminado (BERNARD, 1972).

Alguns fatores podem mesclar estas características fenotípicas, como fotoperíodo baixo, grupo de maturidade desigual ao indicado para determinada região (latitude) e condições climáticas adversas durante o cultivo (BERNARD, 1972). É interessante ressaltar que na última década aos dias atuais a maioria das cultivares de soja lançadas no mercado apresentam tipo de crescimento indeterminado (cultivares modernas) (BALBINOT JÚNIOR et al., 2018; WERNER et al., 2016).

### 2.3.1 Crescimento determinado

As plantas com hábito determinado quando cessam seu crescimento em altura, ocorre o espessamento da haste principal. Nestas plantas, a haste principal possui broto terminal com inflorescência racêmica, gerando vagens, geralmente em cada nó existe um comprimento de ramo diferente (SEDIYAMA et al., 2009).

O florescimento de uma planta determinada se inicia no estrato médio e progide para o estrato superior e inferior, seguindo este mesmo padrão as vagens e sementes. A planta determinada inicia seu crescimento reprodutivo com uma maior altura, o melhoramento genético garante o fim deste crescimento após o florescimento impedindo o acamamento (SEDIYAMA et al., 2009).

Rodrigues et al. (2006) não indica o cultivo de cultivares determinadas em épocas não indicadas, um exemplo seria a semeadura no mês de dezembro (tardias), por ser uma época em que o fotoperíodo começa a reduzir, induzindo o florescimento precoce das plantas, diminuindo seu período vegetativo. Segundo Perini et al. (2012) cultivares determinadas se sobressaem das indeterminadas devido a maior quantidade de vagens por haste e ramos, sendo estes um dos principais componentes relevantes para uma boa produtividade.

### **2.3.2 Crescimento semi-determinado**

Estes genótipos apresentam características tanto de hábitos determinados como indeterminados, onde estes continuam seu desenvolvimento vegetativo mesmo após o início do estágio reprodutivo, podendo alcançar cerca de 70% de sua altura final ao florescer. Estas apresentam um menor diâmetro de haste e número de nós reprodutivos no ápice em relação as determinadas. Sua inflorescência também é racemosa terminal e axilar (NOGUEIRA et al., 2014).

### **2.3.3 Crescimento indeterminado**

As plantas de crescimento indeterminado lançam inflorescência ao longo do caule, e nesta, as gemas apicais mantêm o crescimento vegetativo aumentando de duas a quatro vezes o seu tamanho após o início do florescimento. Seu florescimento ocorre de forma escalonado do estrato inferior da planta para o superior, sendo assim uma alta quantidade de folhas novas surgem após o aparecimento das primeiras flores e podem conter vagens próximas à base, antes que apareça a última flor no ápice da planta (BAIGORRI e GASSEN, 2009; MUNDSTOCK e THOMAS 2005).

Estas não apresentam inflorescência terminal, apenas axilares, com haste afunilada, com pouco ou nem uma ramificação lateral secundária perto do topo da haste principal. As plantas possuem muitas vagens e nós nos estratos inferiores e médios, porém já na parte superior apresentam poucas vagens por nó. Sua extremidade apical também é caracterizada por ter folhas

menores quando comparado com as folhas das partes inferiores das plantas (SEDIYAMA et al., 1996).

O período de florescimento das plantas indeterminadas é maior, por não ocorrerem ao mesmo tempo em toda a planta, tendo assim um maior tempo de produção de vagens e sementes. Devido esta característica, possibilita a semeadura antecipada, facilitando o plantio de milho safrinha e um maior potencial de recuperação das plantas após períodos de estiagem, já que o período de florescimento é longo e ocorre de forma escalonada, possibilitando que a mesma se recupere em condições climáticas adversas (RITCHIE et al., 1997).

Os genótipos indeterminados também são caracterizados por uma arquitetura mais compacta, facilitando o sucesso do manejo de aplicação, além da interceptação de luz para com os extratos inferiores da planta, em muitas cultivares apresentam um menor comprimento de internódios e também de três para mais óvulos por legumes (sementes por vagem) (HEIFFIG, 2002).

Balbinot Júnior et al. (2018) denomina plantas de hábitos indeterminados como cultivares modernas e as caracteriza com maior potencial para expressar sua característica morfofisiológica denominada plasticidade. Heiffig et al. (2010) e Ribeiro et al. (2017) também estuda a plasticidade de soja de hábitos de crescimento indeterminados e observa que este material se adequa mais facilmente com o arranjo de plantas, alterando seus componentes de produção e suas propriedades físicas das sementes, como o peso de semente. Já em trabalho realizado por Câmara et al. (2011), notaram que as cultivares com tipo de crescimento indeterminado, mesmo tendo uma menor quantidade de vagens por plantas e conseqüentemente sementes, compensam estes atributos pelo maior estande de plantas utilizado no plantio.

## 2.4 ARRANJOS DE PLANTAS

O arranjo espacial de plantas, compreende o espaçamento entre linhas e a densidade de plantas nas linhas, podendo ser manipulado para estabelecer uma melhor distribuição destas, em que o resultado seja a maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada (TOURINO et al., 2002). Esta técnica vem sendo estudada a muitos anos e corresponde em soja com a forma que as plantas vão ser implantadas em campo (distribuição espacial), alterando a competição intraespecífica, podendo alterar suas características morfofisiológicas e conseqüentemente componentes de rendimento, em genótipos com maior plasticidade (WERNER et al., 2016; PETTER et al., 2016).

Se tratando de espaçamento entre linhas, observa-se na literatura divergências, onde alguns trabalhos indicam que este fator não altera a produtividade final, em contrapartida muitos trabalhos

exaltam o espaçamento reduzido, com justificativa de maior rendimento e um melhor controle de plantas daninhas devido a pequena exposição do solo nestes ambientes (BALBINOT JÚNIOR et al., 2015; KOMATSU et al., 2010).

Komatsu et al. (2010) trabalhando apenas com plantas de hábitos de crescimento determinado, observou a plasticidade das plantas, alterando seus componentes de rendimento de acordo a exposição a diferentes espaçamentos entre linhas, onde as cultivares de ciclo longo obtiveram maior peso de mil sementes e rendimento em espaçamento de 45 cm, porém o espaçamento de 17 cm proporcionou menor competição intraespecífica, resultando em maior número de vagens por planta. Rambo et al. (2003) também constatou maior rendimento em espaçamentos reduzidos. Em contrapartida destes Balbinot Júnior et al. (2015) relatou maior rendimento da cultivar determinada BRS 294 RR em espaçamento de 0,6 m entre linhas.

Balbinot Júnior et al. (2018) trabalhando com quatro arranjos de plantas: espaçamento entre linhas de 0,2 m (linha estreita); espaçamento entre linhas de 0,5 m (tradicional); espaçamento entre linhas de 0,5 m (linhas cruzadas) e espaçamento entre linhas de 0,2/0,8 m (linhas gêmeas), concluiu-se que estes arranjos não induziram a plasticidade das plantas indeterminadas, não alterando os componentes de número de grãos por vagens e massa de mil grãos por ramos e hastes.

Alternativas de arranjos vem sendo investigados e demonstram conflitos de resultados, como o caso de linhas gêmeas, onde ocorre a semeadura das plantas alternando dois espaçamentos entre linhas, um estreito e o outro largo (DUARTE et al., 2016). Estudos recentes com cultivares modernas (indeterminadas) demonstraram que, apesar das alterações morfofisiológicas, as cultivares utilizadas apresentam alta plasticidade; portanto, a produtividade por área varia pouco com alterações significativas na densidade de plantas (BALBINOT JUNIOR et al., 2016; PETTER et al., 2016).

Petter et al. (2016) relata que as alterações mais relevantes no aproveitamento da radiação fotossintéticas, variável esta que pode alterar as características morfofisiológicas das plantas e propriedades físicas dos grãos, ocorre em resposta à variação de densidades populacionais na linha. Corroborando com estes resultados, autores citam que os principais componentes de produção de soja (número de vagens/planta, número de sementes/vagem e a massa de sementes) são influenciados pela forma com que a planta irá responder quando exposta às diferentes populações de planta na linha (densidade de semeadura/população de plantas por ha<sup>1</sup>) (FERREIRA et al., 2016; MOREIRA et al, 2015; SUHRE et al., 2014).

O genótipo influencia diretamente a resposta a diferentes densidades de semeadura, ou seja, algumas cultivares tem melhor desempenho em altas populações, enquanto outros têm melhor desempenho em densidades mais baixas (PROCÓPIO et al., 2014). Heiffig (2010) estudando

genótipos de hábitos indeterminados, indicam que estes são os que mais empregam sua plasticidade, devido a população de plantas que estão sendo expostas.

Em relação à densidade de sementes na linha, o não atendimento às recomendações para a cultivar usada, pode levar a obtenção de populações superiores às indicadas, não propiciando acréscimo na produtividade, além de ocasionar elevados gastos com sementes, agravar problemas com doenças e possível acamamento das plantas. Em contrapartida, a adoção de populações inferiores à recomendada favorece o desenvolvimento de plantas daninhas e pode resultar em plantas de soja muito ramificadas e de altura reduzida, o que também elevam as perdas no momento da colheita (EMBRAPA, 2012).

## 2.5 IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

O sucesso de uma lavoura de soja depende de fatores como, rápida emergência, elevado vigor de plântula, uniformidade do crescimento e desenvolvimento de plantas e maior capacidade competitiva, que só é possível com o uso de sementes de alta qualidade (MINUZZI et al., 2010). O estudo do vigor das sementes é muito importante, pois apenas munido desses dados poderemos ter a real capacidade que as plantas oriundas de determinado lote de semente irão demonstrar em campo (MARCOS FILHO, 2015; KOLCHINSKI et al., 2006).

Sementes de boa qualidade, são as que apresentam taxa alta de germinação e velocidade de emergência, originando plântulas com boa velocidade de crescimento inicial, maior diâmetro de haste, área foliar, massa seca e rendimento de grãos (MARCOS FILHO, 2015; KOLCHINSKI et al., 2006). Scheeren et al. (2010) verifica que o rendimento dos lotes de sementes de alto vigor pode ser 9% superior aos de sementes de baixo vigor.

O teste de germinação dá ao examinador dados referentes a viabilidade das sementes, porém não a classifica como uma semente que irá originar plântulas vigorosas, para isso o vigor destas sementes deve ser discriminado para se ter uma real noção do comportamento das futuras plântulas em campo, como o caso dos testes que se baseiam no desempenho de plântulas (MARCOS FILHO, 2015; OLIVEIRA et al., 2009).

Vários fatores ambientais como temperatura e umidade, podem alterar as propriedades físicas das sementes (tamanho e massa), além da qualidade fisiológica e sanitária, exigindo muitos cuidados para a instalação e condução do campo de produção de sementes. Contribuindo com isto, várias técnicas de manejo podem ser empregadas, como a melhor escolha do local, época de plantio e arranjo de plantas (ALBRECHT et al., 2008; LIMA et al., 2007). Conforme estudado por Baron et al. (2018), onde observam a qualidade de sementes oriunda de plantas instaladas em diferentes

populações de plantas por hectare. Mondo et al. (2012) diz que os arranjos de plantas (densidade de plantas), é um dos fatores que podem determinar a qualidade fisiológicas das sementes originadas.

Na literatura é pouco encontrado trabalhos que comparem a qualidade fisiológica de sementes de soja referente ao hábito de crescimento, se faz necessário estes estudos devido as cultivares de hábito de crescimento indeterminado vem tomando espaço significativa nas lavouras brasileiras nos últimos anos (FARIAS et al., 2007; GARCIA et al., 2007). O mesmo ocorre para a relação da qualidade fisiológica de sementes de soja influenciada pela população de plantas (NAKAGAWA e CARVALHO, 2000).

## 2.6 IMPORTÂNCIA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE SEMENTES

O conhecimento das propriedades físicas de produtos agrícolas, são de extrema importância para as diversas etapas de todos os processos que ocorrem pós colheita (beneficiamento), como o dimensionamento de equipamentos e sistemas para plantio, colheita, manuseio, transporte, secagem e armazenamento (conservação pós-colheita) (NIKOUBIN et al., 2009; MIR et al., 2013). Além que o conhecimento destas características também é importância para estudos de transferência de calor tanto entre as sementes quanto entre a massa e movimentação de ar (CORADI et al., 2015). As propriedades físicas da semente, como tamanho (comprimento, largura e espessura) e forma (circularidade e esfericidade) ajudam a determinar o tamanho máximo do corpo na placa de sementes e o peso ajuda na seleção de materiais durante o beneficiamento (SOYOYE et al., 2018; JAYAN e KUMAR, 2004).

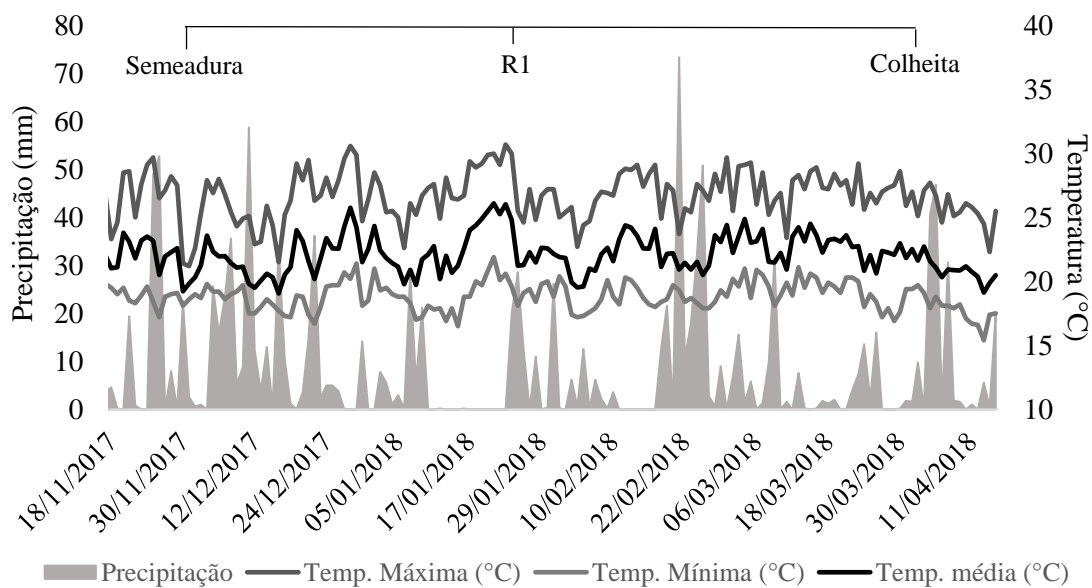
Além do conhecimento das dimensões do produto, munido das informações de massa específica aparente, dá o auxílio para dimensionamento de silos, cálculo de transportadores, separadores e classificadores de sementes. Muitos autores têm estudado estas características em função do teor de água perdido durante o processo de secagem (CORADI et al., 2015; ARAÚJO et al., 2014).

Estudos mostram que as sementes de soja com tamanho relativamente maior, apresentam qualidade fisiológica superior, resultando em plantas com crescimento e produtividade relativamente mais elevados (PARDO et al., 2015; PEREIRA et al., 2013). Alguns estudos relataram a influência do tamanho da semente nos componentes de rendimento (SOARES et al., 2013), conteúdo de óleo e proteína de sementes e produtividade (MOURTZINIS et al., 2015). Em relação a população de plantas por hectare, observa-se que as diferentes densidades populacionais, influenciam o rendimento da cultura, sendo que, a combinação desses fatores, pode interferir diretamente nas propriedades físicas das sementes (FERREIRA et al., 2017).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido durante a safra agrícola 2017/2018, época das águas para a cultura da soja, na estação experimental da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER), unidade de Anápolis-GO, cujas coordenadas geográficas são: latitude 16°20'12,2" Sul, longitude 48°53'16,0" Oeste, com altitude média de 1050 m. O clima da região é do tipo Aw tropical úmido, caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso, com precipitação média de 1600 mm, segundo a classificação de Köppen. As médias mensais climáticas referentes à precipitação pluvial e temperatura (máxima, média e mínima) ocorridas durante o cultivo podem ser vistas abaixo (Figura 1).



**FIGURA 1.** Dados climáticos diários referentes à precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e temperatura média (°C), ocorridos durante o período de condução da safra das “águas” de novembro de 2017 a abril de 2018 em Anápolis-GO, 2017/2018. Fonte: Sistema de Meteorologia e Hidrologia Estado de Goiás (SIMEHGO).

Amostras de solos, classificados como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico (EMBRAPA, 2013), foram coletadas no local de cultivo na camada de 0-20 cm e enviadas ao laboratório para a realização da análise físico-química (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultados da Análise do solo (0-20 cm profundidade) da estação experimental da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER), unidade de Anápolis-GO, 2017/2018.

Areia	Silte	Argila	pH	M.O	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC	P	V
g/Kg			CaCl2	g/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				mg/dm <sup>3</sup>		%	
460,0	110,0	430,0	5,3	33,0	2,3	0,7	0,0	2,0	0,21	5,21	14,5	6,0

Análise realizada no Laboratório Solocria Agropecuário, sediado em Goiânia-GO.

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados em esquema fatorial 3x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três cultivares de soja de diferentes hábitos de crescimento (TMG2181, M 7739 IPRO e BMX Power IPRO), esses materiais foram submetidos a quatro densidades de plantas (09; 11; 14 e 16 metros linear<sup>-1</sup>), correspondentes respectivamente as seguintes densidades populacionais: 180.000; 220.000; 280.000 e 320.000, plantas hectare<sup>-1</sup>. As escolhas dos materiais genéticos e densidades de plantas foram em função da representatividade dos mesmos nos campos de produção de sementes em propriedades particulares e comerciais do estado de Goiás nas três últimas safras (2014/2015; 2015/2016 e 2016/2017), visando expor os materiais a populações menos adensadas, correspondendo estas a 60% da população recomendada (100%), pelos obtentores das cultivares.

As informações relacionadas aos hábitos de crescimento, ciclo e população de planta dos materiais genéticos estudados, são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Cultivares de soja com suas características de hábito de crescimento, grupo de maturidade e população de plantas ha.

Cultivar	Hábito de crescimento	Grupo de maturidade	População * (1000 plantas ha <sup>-1</sup> )
TMG2181 IPRO	Determinado	8.0	260 a 340
M 7739 IPRO	Semi-determinado	7.7	260 a 340
BMX Power IPRO	Indeterminado	7.3	300 a 380

\* População (Mil. Plantas ha<sup>-1</sup>): população de plantas, em relação à recomendação técnica para a cultivar.

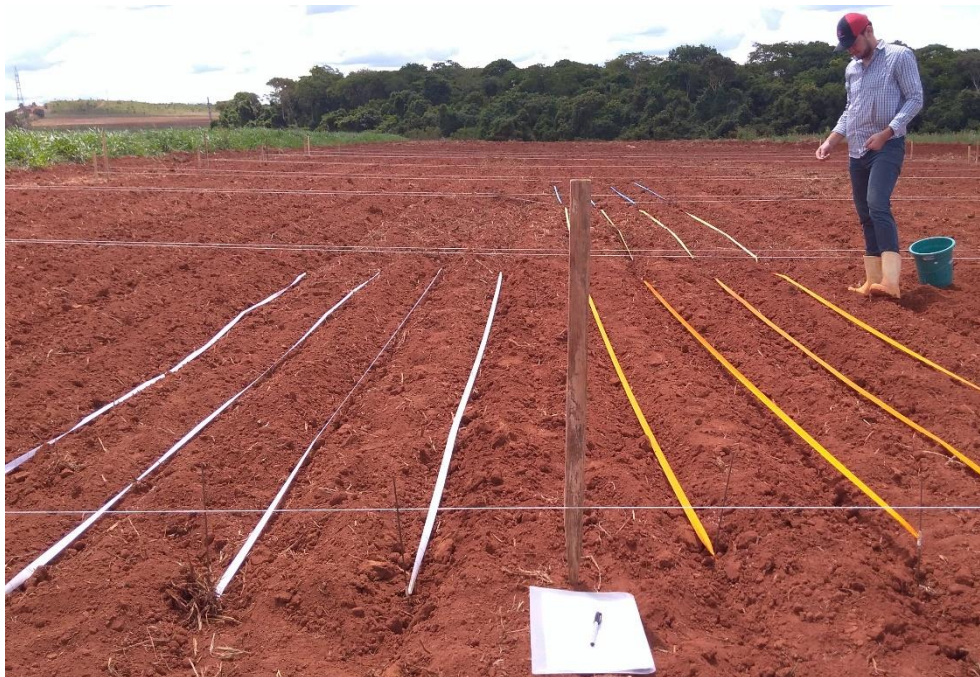


### 3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

As parcelas do experimento foram constituídas por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m. Para área útil da parcela manteve-se duas linhas centrais, com eliminação de 0,50m das suas extremidades, totalizando 4 m<sup>2</sup> de área útil.

O preparo do solo foi realizado de modo convencional, com uma aração (arado de disco) e uma grade niveladora. A calagem foi dispensada em função das boas condições de fertilidade do solo, ocorrendo apenas a adubação base de semeadura, com aplicação do formulado 05-25-20, a base de nitrogênio, fósforo e potássio (400 kg ha).

As sementes das cultivares de soja foram tratadas no dia da semeadura com o fungicida Maxim XL a base dos ingredientes ativos metalaxyl-m+ fludioxonil (100 ml para 100 kg de sementes), mais o inseticida Cropstar (600 ml para 100 kg de sementes) e o inoculante Gelfix 5 (300 ml para 50 kg de sementes) contendo as bactérias *Bradyrhizobium elkanii* na concentração  $5 \times 10^9$  UFC/mL<sup>-1</sup>. As sementes das três cultivares foram semeadas manualmente no dia 01/12/2017 com o auxílio de fitas de “cetin” previamente marcadas de acordo o espaçamento entre semente para os tratamentos estudados, foi utilizado 25% de sementes a mais do recomendado para cada densidade testada (Figura 2). Aos 10 dias após emergência (DAE) das plântulas foi feito o desbaste visando atingir as densidades populacionais desejadas.



**FIGURA 2.** Semeadura com o auxílio de fitas de “cetin” previamente marcadas de acordo o espaçamento entre sementes para os tratamentos estudados. Anápolis-GO, 2017/2018.

O controle de plantas daninhas foi realizado apenas em pós-plantio, com 19 dias após sementeira e quando as plantas já estavam nos estádios reprodutivos R1 e R6, com aplicação do herbicida Fusiflex, sendo este seletivo de ação não sistêmica do grupo Difenil éter e Ariloxifenoxipropionato ( $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ ). O controle de pragas foi feito de acordo o surgimento, sendo realizadas uma aplicação em Vn e outra em R5, com inseticida fisiológico Certero ( $50 \text{ mL ha}^{-1}$ ) e inseticida de contato Decis 25EC ( $300 \text{ mL ha}^{-1}$ ) respectivamente, para as principais lagartas: lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) e lagartas-falsas-medideiras (*Chrysodeixis includens*), e complexo de percevejos: percevejo marrom (*Euschistus heros*), percevejo verde pequeno (*Piezodorus guildinii*) e percevejo verde (*Nezara viridula*) (MOREIRA e ARAGÃO, 2009). Para prevenção e controle dos patógenos transmissores de doenças foram realizadas duas aplicações (R1 e R6) com fungicida Nativo ( $0,60 \text{ L ha}^{-1}$ ).

A colheita da área útil ocorreu de forma manual a partir do dia 01/04/2018, quando as plantas atingiram seu estágio R8 e teor de água recomendado para colheita (13 a 15%) (EMBRAPA, 2012). As plantas foram trilhadas e beneficiadas, ocorrendo a secagem das sementes que apresentaram teor de água acima de 13%, em condições naturais em local coberto e ventilado, e em seguida foi efetuada a limpeza por peneiras.

### 3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

As análises foram feitas no Laboratório de Propriedades Físicas e Processamento de Produtos Vegetais pertencente ao curso de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás/Campus CCET.

#### 3.4.1 Componentes e rendimento agrônômico

Inicialmente foram tomadas 10 plantas coletadas na área útil de cada parcela para avaliação dos seguintes componentes (PERINI et al., 2012):

- Altura de planta (AP): medida em (cm) entre o colo da planta e a extremidade apical da haste principal da planta, com auxílio de uma fita métrica.
- Inserção da primeira vagem ( $1^{\circ}\text{V}$ ): medida em (cm) entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem da planta, com auxílio de uma fita métrica.
- Diâmetro da haste (DIÂ): diâmetro do caule avaliado com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, cerca de 2 cm a partir do solo.
- Número de ramificações (NR): contagem do número médio de ramos na planta.
- Número de vagens por planta (NVP): determinado a partir da média total de vagens das plantas.

- Número de sementes por planta (NSP): mediante contagens diretas das sementes formadas nas plantas.

- Número de sementes por vagem (NSV): relação entre o número de sementes por planta e o número de vagens por planta.

- Peso de 100 sementes (P100): utilizando amostras aleatórias de 100 sementes.

- Rendimento (REND): calculado mediante avaliação da massa das sementes oriundas de todas as plantas coletadas na área útil da parcela, pesadas em balança de precisão de (0,01 g), expresso em kg ha<sup>-1</sup> e corrigidos para 12% de umidade (base úmida).

### 3.4.2 Propriedades físicas de sementes

Após as determinações das características agronômicas, as sementes oriundas das plantas foram misturadas, e em seguida obtido lote de sementes puro (sem impurezas) de cada parcela. Desses lotes, foram retiradas quatro amostras correspondentes a vinte e cinco sementes para determinação das propriedades físicas:

- Tamanho de semente (TS): medidas das dimensões dos eixos ortogonais (comprimento (a), largura (b) e espessura (c)), com paquímetro digital de precisão de 0,01mm (NUNES, 2009).

- Esfericidade da semente (ES): foi calculada conforme Equação 1 sugerida por Mohsenin (1980):

$$S = \frac{(a \times b \times c)^{1/3}}{a} \quad (1)$$

Em que: S = esfericidade; a = medida do maior eixo do grão (mm); b = medida do eixo normal ao eixo a (mm); c = medida do eixo normal aos eixos a e b (mm).

- Circularidade das sementes (CS): foi calculada pela Equação 2, considerando a posição de repouso natural das sementes (MOHSENIN, 1980):

$$C = \frac{d_i}{d_c} \quad (2)$$

Em que: C = circularidade; di = diâmetro do maior círculo inscrito (eixo b) em mm; e dc = diâmetro do menor círculo circunscrito (eixo a) em mm.

- Massa específica aparente (MA): foi realizada utilizando balança de peso hectolitro. A balança tem um cilindro com volume conhecido, permitindo determinar a massa específica aparente com a pesagem das sementes contidas no recipiente, expresso em kg m<sup>-3</sup>.

### 3.4.3 Qualidade fisiológica das sementes

Finalizado as determinações das propriedades físicas das sementes, o lote puro de sementes obtido em cada parcela, foi utilizado para avaliar o teor de água e a qualidade fisiológica por meio dos seguintes testes:

- Teor de água (TA): realizado em estufa a  $105\pm 3$  °C, durante 24 horas, empregando duas repetições de 50 sementes de cada parcela, cujos resultados foram expressos em porcentagem, em base úmida (% b.u.) (BRASIL, 2009).

- Germinação (G): realizado com quatro repetições de 50 sementes para cada parcela, distribuídas em rolos de papel (germitest), umedecidos com água equivalente a 2,5 vezes seu peso seco, acondicionados em germinador regulado a temperatura de 25°C. A contagem de plântulas normais foi realizada no oitavo dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

- Primeira contagem (PC): realizado em conjunto com o teste de germinação, computando-se no quinto dia o percentual de plântulas normais das amostras (BRASIL, 2009).

- Comprimento de plântula (CP): foram utilizadas quatro repetições de 10 sementes para cada parcela, sendo uma linha que traçada no terço superior do papel germitest em sentido longitudinal, umedecido com água equivalente a 2,5 vezes seu peso seco. As sementes foram colocadas com a micrópila voltada para parte inferior do papel, e em seguidas levadas ao germinador regulado a temperatura de 25°C. Após oito dias, foi realizado o comprimento total das plântulas normais (raiz primária e hipocótilo) utilizando-se uma régua em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

- Massa seca da parte aérea e raiz (MS): Nessa avaliação foram utilizadas as plântulas normais oriundas do teste de comprimento de plântula, agora separadas em hipocótilo e sistema radicular. Cada repetição e partes das plântulas (raiz primária e hipocótilo) foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa, com circulação de ar forçado, mantida a temperatura de 80°C, durante 24 horas (NAKAGAWA, 1999). Após este período, cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,001g, os resultados médios foram expressos em massa seca da raiz (MSR) e massa seca do hipocótilo (MSH) em mg plântula<sup>-1</sup>.

- Envelhecimento acelerado (EA): 200 sementes de cada parcela foram distribuídas em camada única sobre a tela de alumínio, dentro das caixas plásticas transparentes (gerbox) contendo 40ml de água destilada. As caixas foram levadas para uma câmara do tipo B.O.D., regulada a 41°C durante 48 horas (MARCOS FILHO, 1999a). Decorrido este período, as sementes foram submetidas a testes de germinação, com quatro repetições de 50 sementes, contando as plântulas normais no quinto dia após instalação do teste.

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F ( $P < 0,05$ ), e quando significativos as médias dos tratamentos qualitativos (cultivar) foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), enquanto para o tratamento quantitativo (densidades) foi empregada análise de regressão. Foi utilizado o Software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014) na análise estatística.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 COMPONENTES E RENDIMENTO AGRONÔMICO

As características agronômicas da soja altura de planta, inserção da primeira vagem, diâmetro da haste e número de ramificações sofreram influência de ambos fatores estudados, porém de forma isolada. Os componentes peso de 100 sementes e número de sementes por plantas foram influenciadas pela interação dos fatores cultivares de soja e populações de plantas (CxP), enquanto o número de vagens por plantas e rendimento final foram influenciados somente pelo fator cultivares (C) testadas. Já o número de sementes por vagens não foi significante (significativo a 5% e 1% de probabilidade) por nenhum fator estudado (Tabela 3).

Foi possível observar boa precisão experimental no estudo, conforme os coeficientes de variação obtidos, que variaram de 5,1 a 25,5%, quando comparados aos valores citados por Pimentel-Gomes (2009), que classifica em baixo, quando inferior a 10%; médio, de 10 a 20%; alta, se estiver entre 20% e 30%; e muito alta, para valores superiores a 30%.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância (QM) das características agronômicas das plantas e rendimento final: altura de planta (AP), inserção da primeira vagem (1°V), diâmetro da haste (DIÂ), número de ramificações (NR), números de vagens por planta (NVP), número de sementes por planta (NSP), número de sementes por vagem (NSV), peso de 100 sementes (P100) e rendimento (REND) de três cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.

FATORES	GL	QUADRADOS MÉDIOS (QM)								
		AP	1° V	DIÂ	NR	NVP	NSP	NSV	P100	REND
Blocos	3	13,7430ns	2,1455ns	0,7843ns	0,3697ns	401,5207ns	1348,1507ns	0,1865ns	0,2511ns	66486,278ns
Cultivares (C)	2	310,0833**	16,8431**	32,9492**	78,6714**	10364,2668**	31063,1227**	0,0965ns	0,0426ns	16868774,536**
Populações (P)	3	58,9652*	11,2583**	2,3349**	3,1313*	735,0924ns	5174,4840**	0,0196ns	2,9635**	232146,360ns
(CxP)	6	14,1944ns	1,1856ns	0,6320ns	0,9870ns	402,5040ns	2648,7282**	0,1836ns	0,9736**	22255,762ns
Resíduo	33	13,9400	1,4632	0,4963	0,9227	689,6881	753,9653	0,1869	0,1936	96179,157
CV%		5,1	10,6	8,5	12,0	25,5	11,9	18,7	2,7	7,0

ns= não significativo. \*= significativo a 5% de probabilidade. \*\*= significativo a 1% de probabilidade. CV%= Coeficiente de Variação.

Corroborando com os resultados na análises de variância, a literatura relata que o fator populações de plantas (densidade de semeadura) (P), é uma variável relevante no estudo de arranjo de plantas, podendo ser considerado o principal fator que poderá alterar as características morfofisiológicas das plantas (FERREIRA et al., 2016; MOREIRA et al, 2015; SUHRE et al., 2014).

Em relação a variável número de sementes por vagens (NSV) que não demonstrou influência a nenhum dos fatores estudados, Machado et al. (2018) diz que o aumento da densidade de plantas por metro linear tende a diminuir a quantidade de grãos por vagens, já Balbinot Junior et al. (2015) e Balbinot Junior et al. (2018), relatam que esta variável não está ligada a plasticidade da soja, sendo ela influenciada apenas pelo genótipo trabalhado.

Para altura de planta (AP), observa-se que a cultivar determinada TMG2181 IPRO apresentou maior média de altura quando comparado com as demais cultivares estudadas. A cultivar da Monsoy de hábito de crescimento semi-determinado e da Brasmax de crescimento indeterminado não diferiram entre si em relação a esta variável, com médias próximas de altura de plantas (Tabela 4). A maioria das cultivares brasileiras comerciais tem cerca de 50 cm a 90 cm de altura (SEDIYAMA et al., 2016).

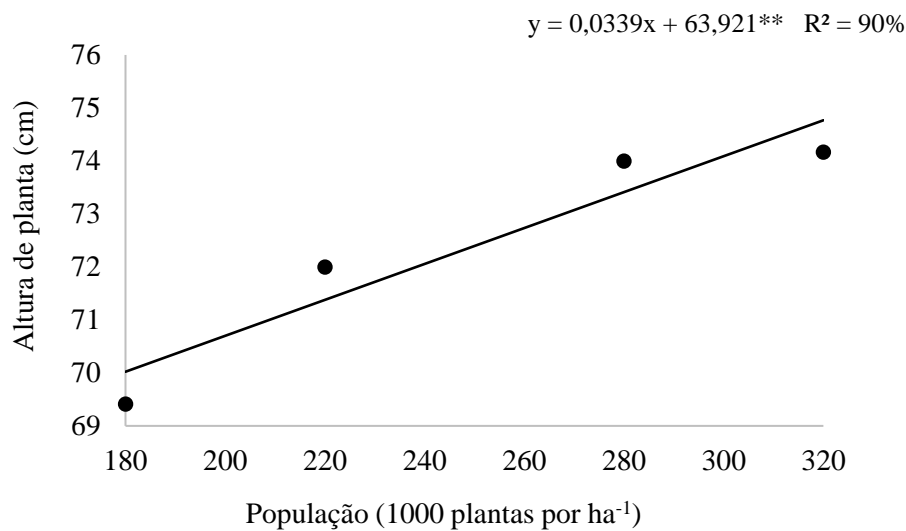
**Tabela 4.** Altura de plantas de soja (cm) em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	Altura de planta (AP)
TMG2181 IPRO	77 a
M 7739 IPRO	69 b
BMX Power IPRO	70 b
Médias	72

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

Balbinot Junior et al. (2016), trabalhando com duas cultivares de soja BRS 294 RR de crescimento determinado e BRS 359 RR de crescimento indeterminado, não observaram diferença de altura entre ambas, contradizendo os resultados encontrados neste trabalho. Em contrapartida Soares et al. (2015) trabalhando com a cultivar BRSMG 780 RR e Souza et al. (2016) com a cultivar BRS Valiosa RR, ambas de hábito determinado, obtiveram maior altura de plantas quando comparado a cultivares indeterminadas, independente da população de plantas expostas, chegando a altura média de 93,2 cm e 104,8 cm respectivamente. Este resultado é concordante com a descrição de Sedyama (2009) ao afirmar que plantas determinadas possuem maior altura e indeterminadas menor altura para cultura da soja.

Se tratando da oscilação da altura de plantas em relação a exposição a arranjos com diferentes populações de plantas, nota-se que, independente da cultivar utilizada, houve comportamento linear dos dados, obtendo plantas mais altas em arranjos com maior adensamento (Figura 3).



**FIGURA 3.** Altura de plantas de soja (cm) em função das populações de plantas de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

O aumento da população de plantas promove maior crescimento de altura apical da planta, independente da cultivar manejada (FERREIRA et al., 2016; CRUZ et al., 2016). Souza et al. (2016) averiguaram que as cultivares de soja BRS Valiosa RR (determinada), NA 7337 RR (semi-determinada) e BMX Potência RR (indeterminada), expostas em populações que variaram de 245.000 para 455.000, apresentaram médias de 91,5 cm para 94,9 cm de altura, relatando que o aumento da densidade aumenta a altura final da planta devido à competição intraespecífica pela luz.

A cultivar BMX Power IPRO apresentou menor altura da inserção de primeira vagem (1<sup>o</sup>V) dentre os materiais genéticos estudados. Em contrapartida, a cultivar semi-determinada e determinada, não diferiram estatisticamente entre si quanto as médias observadas (Tabela 5).

Tabela 5. Inserção da 1<sup>o</sup> vagem (cm) em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

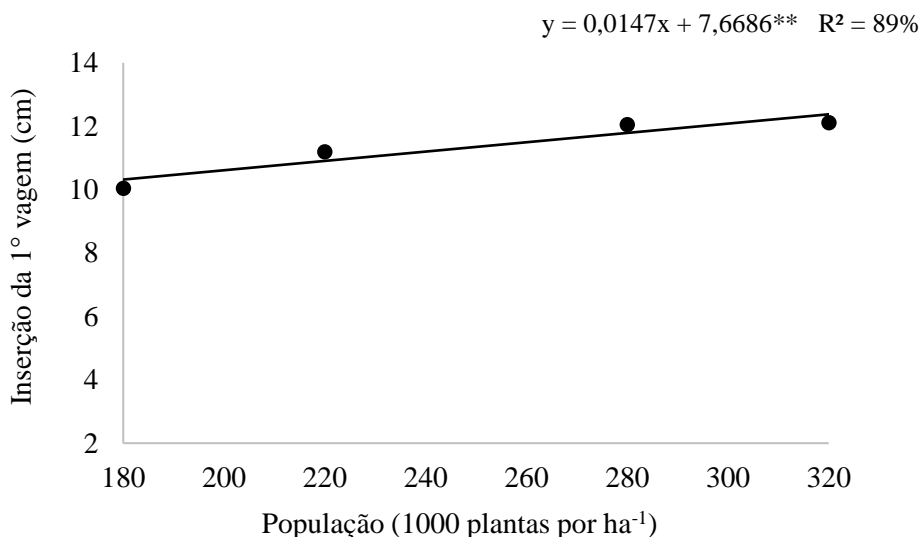
Cultivares	Altura de planta (1 <sup>o</sup> V)
TMG2181 IPRO	11 a
M 7739 IPRO	12 a
BMX Power IPRO	10 b
Médias	11

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).



A inserção da primeira vagem é importante, pois ajuda a determinar o ajuste de altura da barra de corte da colhedora, visando obter a máxima eficiência durante o processo de colheita, evitando perdas. Para evitar essas perdas a altura mínima indicada para a primeira vagem é de 10 a 15 cm (SEDIYAMA et al., 2015). A inserção da 1º vagem das plantas da cultivar BRSMG 780 RR (determinada) avaliadas no trabalho realizado por Soares et al. (2015) apresentaram maiores valores (18,7 cm), quando comparadas a materiais indeterminados.

A inserção da 1º vagem aumentou linearmente com o aumento da população de plantas (Figura 4). Estes resultados são concordantes aos obtidos por Cruz et al. (2016) que relatam acréscimo linear da inserção de primeira vagem com o aumento da população de plantas (7, 10, 13, 16, 19 e 22 pl. m<sup>-1</sup>). Semelhantemente Ribeiro et al. (2017) investigando a variação de população de 300.000 a 600.000 plantas/ha de soja, obtiveram acréscimo linear da inserção de primeira vagem em função do aumento da população. Porém, Soares et al. (2015) estudando seis cultivares de soja de diferentes hábitos de crescimento, constataram acréscimos significativos dos valores seguido de uma queda da altura da inserção da primeira vagem com a exposição aos maiores adensamentos. Estes autores frisam que nem sempre maiores populações irão gerar plantas com maiores inserções de primeira vagem.



**FIGURA 4.** Inserção da 1º vagem (cm) em função das populações de plantas de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Quanto ao diâmetro (DIÂ) da haste, verificou-se que a cultivar determinada TMG 2181 IPRO apresentou maior valor quando comparada com as demais, chegando a 9,90 mm. As outras duas cultivares (semi-determinada e indeterminada) não diferiram entre si quanto neste quesito

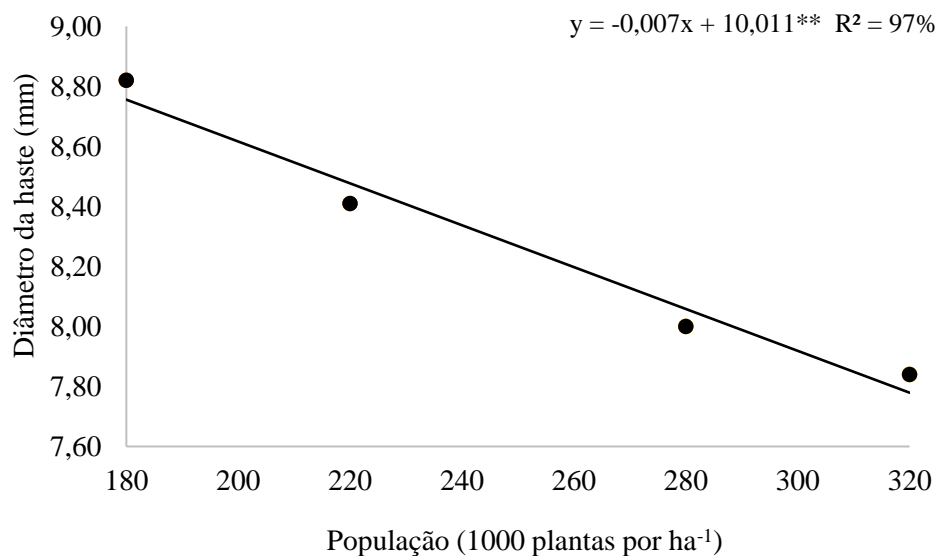
(Tabela 6). Ademais, a cultivar determinada estudada foi a mesma que apresentou maior altura de planta e maior diâmetro de haste. O diâmetro é uma importante variável de estudo, podendo caracterizar os genótipos a propício ou não ao acamamento.

**Tabela 6.** Diâmetro da haste (mm) em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	Diâmetro da haste (DIÂ)
TMG2181 IPRO	9,90 a
M 7739 IPRO	7,71 b
BMX Power IPRO	7,19 b
Médias	8,27

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

O diâmetro de haste foi influenciado pela população de plantas, com decréscimo linear dos valores médios com o aumento da população de planta (Figura 5). Verificou-se ainda, comportamento distinto das características altura de planta e inserção da primeira vagem, em que os valores de diâmetro diminuíram de forma linear, enquanto a altura de planta (Figura 3) e inserção de 1º vagem (Figura 4) aumentaram em resposta ao aumento da população de plantas de soja por área.



**FIGURA 5.** Diâmetro da haste (mm) em função de populações de plantas de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Os dados médios de número de ramos (NR) por planta diferiram entre os materiais genéticos estudados, sendo que a cultivar determinada TMG 2181 IPRO produziu maior número de

ramificações por planta, porém não diferindo quanto a semi-determinada M 7739 IPRO. Já a cultivar BMX Power IPRO (indeterminada) produziu menor número de ramificações quando comparada com as demais cultivares estudadas (Tabela 7).

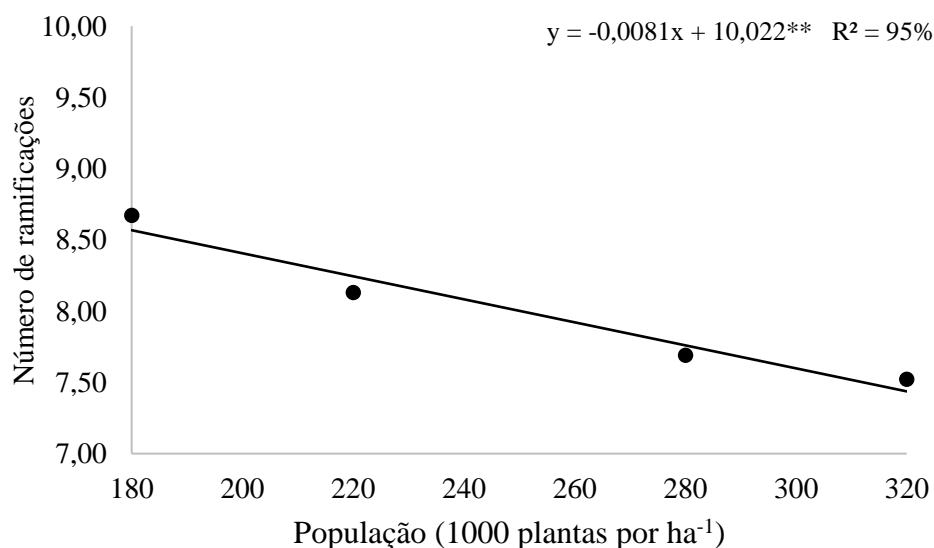
Estes dados se contradizem aos obtidos por Perini et al. (2012), que estudando a diferença dos principais componentes agrônômicos da soja de diferentes hábitos de crescimento, concluíram que cultivares indeterminadas a exemplo da BMX Potência RR e BRS 284 obtêm maior número médio de nós reprodutivos na haste principal, nós estes que irão originar ramos. Todavia, outros trabalhos conduzidos recentemente confirmam os resultados encontrados neste estudo, no tocante as cultivares determinadas de soja produzirem maior média de ramos por plantas (SOUZA et al., 2016).

**Tabela 7.** Número de ramificações em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	Número de ramificações (NR)
TMG2181 IPRO	10 a
M 7739 IPRO	9 a
BMX Power IPRO	5 b
Médias	8

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

O número médio de ramificações por plantas das três cultivares estudadas foi também influenciado pela população de plantas por hectare, resultando no ajuste de modelo linear decrescente dos dados em resposta ao aumento da população de plantas (Figura 6).



**FIGURA 6.** Número de ramificações em função das populações de plantas de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

O fator população de plantas é muito relevante na influência a plasticidade de plantas de cultivares de soja (BALBINOT JUNIOR et al., 2018). Heiffig et al. (2010) expondo a cultivar MG/BR 46 Conquista a populações variando de 70.000 a 350.000 plantas ha<sup>-1</sup> (1,4 a 7,0 plantas metro<sup>-1</sup>) encontraram diminuição de 3,7 para 1,0 ramos por plantas, assim como Souza et al. (2016) que averiguaram decréscimo de 5,8 para 4,2 de ramos por plantas, testando populações de 245.000 a 455.000 plantas ha respectivamente. Esta diminuição também pode ser verificada em outros estudos envolvendo diferentes densidades populacionais de soja (MACHADO et al., 2018; BALBINOT JUNIOR et al., 2015). Isso ocorre, porque em situação de baixa densidade, a disponibilidade de água, luz e nutrientes para cada indivíduo é maior, conferindo maior produção de ramos por planta (DE LUCA E HUNGRIA, 2014; RAMBO et al., 2003).

A plasticidade de plantas é uma característica morfofisiológica (arquitetura da planta) que pode sofrer modificações em relações aos genótipos estudados, conforme o comportamento fenotípico apresentado pelos materiais genéticos neste estudo em que nitidamente houve diminuição da quantidade de ramos por planta em função do adensamento de plantas por hectare, sobretudo quando utilizada a cultivar BMX Power IPRO (Figura 7).

O número de ramos por planta é uma das principais variáveis para avaliação da plasticidade fenotípicas de uma cultivar de soja (WERNER et al., 2016). Em contrapartida, Balbinot Junior et al. (2015) considera que não se pode afirmar com clareza uma futura produção baseada no comportamento desta variável, visto que a planta da soja pode produzir um grande número de ramos, porém com tamanhos pequenos e baixo rendimento de sementes, ou mesmo improdutivos.



**FIGURA 7.** Arquitetura de plantas da cultivar de soja indeterminada (BMX Power IPRO) em função de populações de plantas: A=180; B=220; C=280; D=320 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Anápolis-GO, 2017/2018.

O componente de rendimento número de vagens por planta (NVP) apresentou comportamento semelhante ao descrito para ramos por planta (NR), com a cultivar determinada apresentando maior média entre os três materiais genéticos estudados, confirmando assim a existência de uma relação direta da quantidade de ramos por planta com a quantidade de vagens por planta (Tabela 8). Porém, o número de vagens por planta não foi influenciado significativamente pelo arranjo espacial (significativo a 5% e 1% de probabilidade), mesmo tendo sido verificado decréscimo na média da quantidade de vagens produzidas por planta com o aumento no adensamento de plantas.

**Tabela 8.** Número de vagens por planta em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	Número de vagens por planta (NVP)
TMG2181 IPRO	132 a
M 7739 IPRO	90 b
BMX Power IPRO	87 b
Médias	103

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

Souza et al. (2016) também observou acréscimo do número de vagens por planta em cultivares determinadas, sendo esta a cultivar (BRS Valiosa RR) obtendo 64,8 vagens por planta,

enquanto a cultivar indeterminada (BMX Potência RR) apresentou 47,3 números de vagens por planta. Kumagai et al. (2015) e Balbinot Junior et al. (2018) consideram que o número de vagens por planta é um dos principais indicadores de plasticidade fenotípica em cultivares de soja, havendo portanto relação com a produtividade final.

A influência da interação dos fatores (CxP) no número de sementes por planta (NSP) foi discriminado, relatando a variação das médias das três cultivares dentro de cada população estudada. Observou-se que apenas a primeira população avaliada (180.000 plantas por ha<sup>-1</sup>) não sofreu oscilação dos valores do número de sementes por planta dentre as cultivares. Para as demais populações, os três genótipos diferiram entre si em relação ao número de sementes por planta (Tabela 9). Enfatizando os dados das três cultivares, vemos que a cultivar TMG2181 IPRO se sobressaiu em relação as outras duas, com maiores médias de sementes em todas as populações expostas, enquanto que as cultivares semi-determinadas e indeterminadas não apresentaram diferença significativa ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ) neste quesito, em todas as populações trabalhadas.

**Tabela 9.** Número de sementes por planta (NSP) de cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.

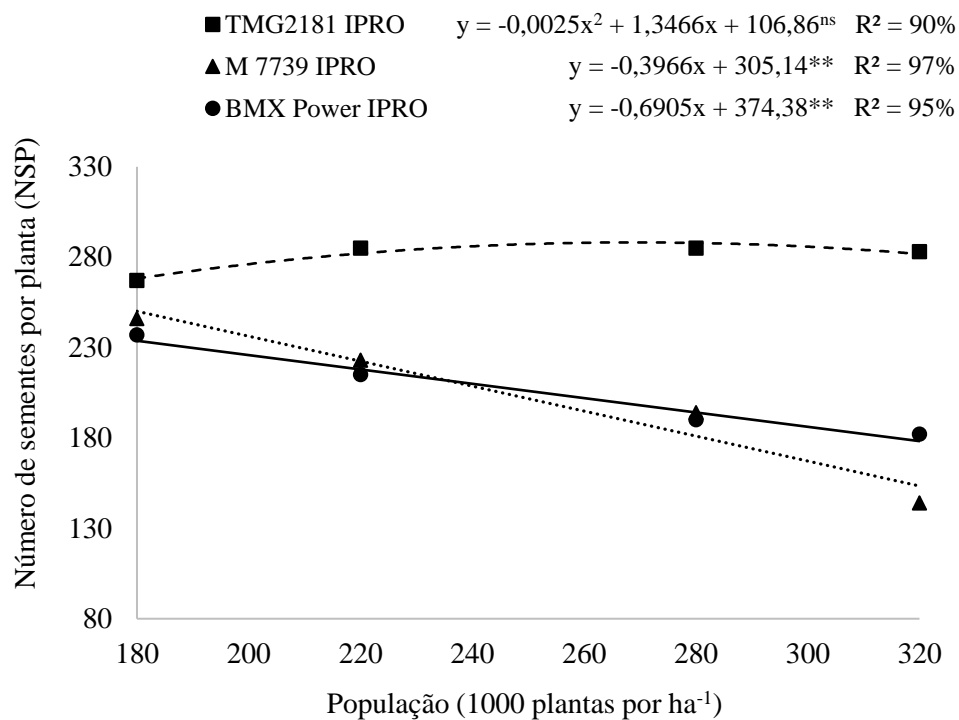
Cultivares	População (1000 plantas por ha <sup>-1</sup> )				Médias
	180	220	280	320	
TMG2181 IPRO	267 a	285 a	285 a	283 a	280
M 7739 IPRO	246 a	223 b	194 b	144 b	202
BMX Power IPRO	237 a	215 b	190 b	182 b	206
Médias	250	241	223	203	229

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

Neste estudo foi possível averiguar a diferença de produção de sementes por planta entre cultivares de diferentes hábitos de crescimento. Entretanto, Ribeiro et al. (2017) demonstra que a diferença deste fator pode ser encontrada em cultivares de soja do mesmo hábito de crescimento, onde ele trabalhando com seis genótipos de hábitos indeterminados obtiveram médias diferentes, a exemplo do número de grãos da cultivar TMG 7161 RR (indeterminada) com 100 grãos/planta, comparado a cultivar BMX FORÇA RR (indeterminada) com 85,2 grãos/planta.

Na presente situação o número de sementes por planta (NSP) apresentou o mesmo comportamento do número de ramos por planta (NR), onde os diferentes arranjos espaciais e genótipos, modificaram as características morfofisiológicas das plantas, alterando sua quantidade de ramos, consequentemente alterando o número de sementes por planta.

Os dados médios do NSP dos três materiais genéticos de soja expostos nas diferentes populações de plantas demonstraram a plasticidade de cada genótipo estudado, se adequando aos arranjos espaciais (Figura 8).



**FIGURA 8.** Número de sementes por planta de cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.

O adensamento da linha de semeadura proporcionou um menor espaçamento entre plantas, diminuindo a emissão de ramos (Figura 6) e consequentemente sementes (Figura 8), este comportamento é observado com maior ênfase em plantas de crescimento semi-determinado e indeterminado, com uma correlação linear ao adensamento de plantas, ou seja, de acordo o aumento da quantidade de plantas (população de plantas por ha<sup>-1</sup>), ocorria uma diminuição na quantidade de sementes originadas. A cultivar determinada TMG2181 IPRO não obteve significância nesta variável, demonstrando que o fator população de plantas pouco alterou suas características morfofisiológicas.

Heiffig (2010) relata que genótipos de hábitos indeterminados são os que mais utilizam sua plasticidade, devido a população de plantas que estão sendo expostas. Ribeiro et al. (2017) por exemplo, trabalhando com populações de 300 a 600 (mil plantas por ha<sup>-1</sup>) observaram diminuição de 114 para 77 grãos por plantas de cultivares indeterminadas. A planta altera sua arquitetura buscando a melhor adaptação ao ambiente exposto, podendo aumentar sua competição pela captação de radiação solar, nutrientes, água e biosfera do solo (PETTER et al., 2016; FERREIRA et al., 2016; SILVA et al., 2013; PROCÓPIO et al., 2013; KUSS et al., 2008).

O número de sementes por plantas apresentou comportamento contrário ao peso de sementes neste estudo, sendo que de acordo com o aumento do número de sementes por plantas (NSP), ocorre diminuição da massa do produto (P100). Nota-se ainda que dentre as médias dos materiais genéticos investigados, a cultivar determinada TMG2181 IPRO obteve maiores médias de ramos (Tabela 7), vagens (Tabela 8) e sementes (Tabela 9) por plantas, quando comparada aos demais genótipos estudados, porém foi a mesma que obteve os menores pesos de 100 sementes (P100) (Tabela 10).

**Tabela 10.** Peso de 100 sementes (g) de cultivares de soja em função de populações de plantas Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	População (1000 plantas por ha <sup>-1</sup> )				Médias
	180	220	280	320	
TMG2181 IPRO	15,73 a	15,79 a	15,79 a	15,80 a	15,78
M 7739 IPRO	15,22 a	15,50 a	16,36 a	16,43 a	15,88
BMX Power IPRO	14,44 b	16,10 a	16,23 a	16,47 a	15,81
Médias	15,13	15,80	16,13	16,23	15,82

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

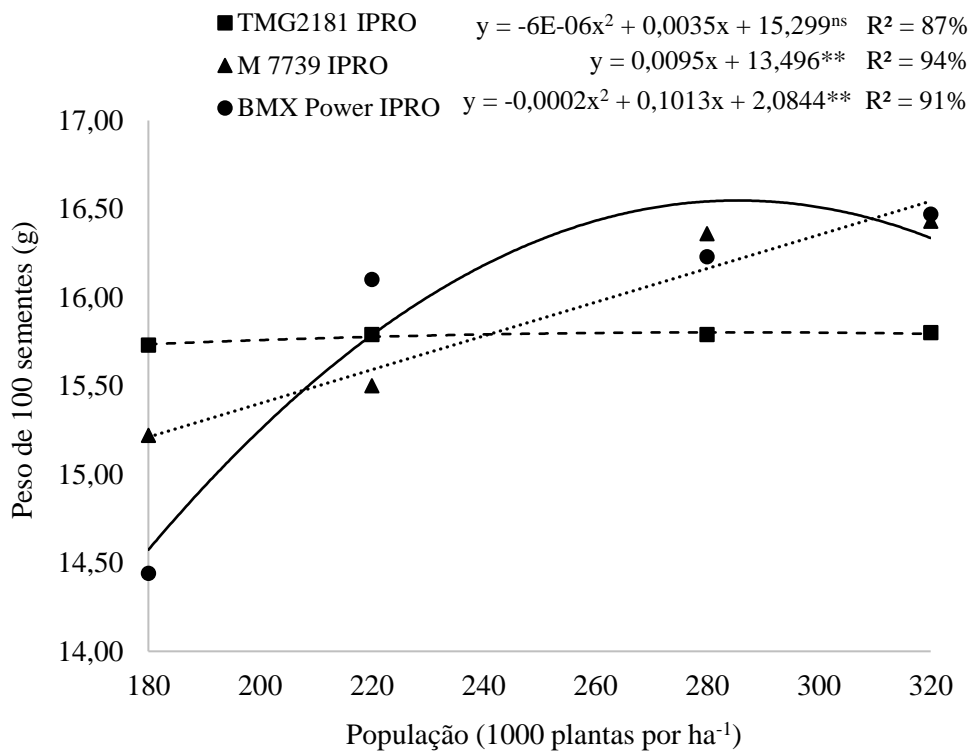
Estes resultados contradizem aos encontrados por Soares et al. (2015), que trabalhando com seis cultivares de diferentes hábitos de crescimento, observaram que a cultivar determinada BRSMG 771 produziu grãos com maiores pesos (17,8 gramas) quando comparada com as demais. Souza et al. (2016), também relataram comportamento semelhante, em que a cultivar determinada estudada produziu maior peso de semente (15,93 gramas), quando comparada a semi-determinada (15,06 gramas) e a indeterminada (14,70 gramas). Em contrapartida, Gulluoglu et al. (2017) trabalhando com duas cultivares de soja, verificaram que as plantas que produziram maiores quantidades de sementes, foram as mesmas em que os pesos de sementes foram menores, concordando com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Na Figura 9 são apresentadas as informações referentes ao peso de 100 sementes das cultivares de soja em função da população de plantas, onde pode ser visto que houve um comportamento quadrático da curva de resposta referente as médias pertencentes à cultivar indeterminada BMX Power IPRO, com acréscimos até a populações de plantas de 280 plantas/ha, seguida de decréscimo nas maiores populações estudadas. Para a cultivar semi-determinada M 7739 IPRO foi notado acréscimo do peso de 100 sementes em resposta a aumento da população de planta, enquanto o genótipo determinado TMG2181 IPRO manteve o peso de 100 sementes estável



com o aumento da população de plantas, mesmo efeito visto por esta cultivar na quantidade de sementes por planta (NSP) em relação a variação da população de plantas na área.

Estes resultados são concordantes em parte aos obtidos por Suhre et al. (2014), ao constatarem que o aumento da densidade de plantas na linha promove aumento linearmente da massa de sementes (P100), sobretudo nas cultivares novas, ou como caracterizadas por Balbinot Junior et al. (2018), cultivares modernas (indeterminadas). Neste contexto, os resultados verificados para o peso de 100 sementes de soja são destoantes dos obtidos por Souza et al. (2016) e Vazquez et al. (2008), que trabalhando com diferentes cultivares de soja de diferentes hábitos de crescimento, não encontraram diferença específica de cada genótipo em relação a exposição a diferentes populações de plantas.



**FIGURA 9.** Peso de 100 sementes (P100) de cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.

Ferreira et al. (2016) verificaram que em baixas densidade de semeadura há um aumento no percentual de grãos das plantas e conseqüentemente uma redução na massa destes grãos. Estes resultados estão de acordo com os de Bellaloui et al. (2015), que mostraram diminuição nos teores de proteína, sacarose, glicose, rafinose, boro e fósforo em grãos em função da redução da densidade de semeadura. Petter et al. (2016) relata que as alterações ocorridas no peso das sementes são em função ao aproveitamento da radiação fotossintética.

Os componentes agronômicos são de extrema importância para prever o rendimento final das plantas, principalmente pensando na influência dos fatores estudados para com as características morfofisiológicas de cada genótipo, que podem alterar a quantidade e propriedades físicas das sementes produzidas (FERREIRA et al., 2017; MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). Apesar de todos estes fatores influenciarem diretamente o rendimento final de sementes (REND), este só foi influenciado significativamente pelo fator cultivares de soja (C) (Tabela 11).

Estes resultados são condizentes aos da literatura, como de Heiffig et al. (2010) ao empregarem cinco populações de plantas (70, 140, 210, 280 e 350 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e não observaram influência deste fator na produção final da cultivar MG/BR 46 Conquista. Semelhantemente Balbinot Junior et al. (2015) avaliando a produção da cultivar indeterminada BMX Potência RR, não observaram influência das três populações de plantas (300, 400 e 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>) exposta, assim como Soares et al. (2015) que trabalhando com quatro populações de plantas (100, 200, 300 e 400 mil plantas ha<sup>-1</sup>), não constataram influência dos arranjos para a produção final; a diferença para essa variável foi apenas entre as seis cultivares indeterminadas utilizadas no experimento.

**Tabela 11.** Rendimento de grãos (REND) de cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
TMG2181 IPRO	3316,15 c
M 7739 IPRO	4573,04 b
BMX Power IPRO	5351,03 a
Médias	4413,40

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

As três cultivares são caracterizadas como de alta produção, e isso foi expresso no rendimento final, com destaque para a cultivar indeterminada BMX Power IPRO que se sobressaiu das demais com maior média (89 sacas ha<sup>-1</sup>), seguida da semi-determinada M 7739 IPRO (76 sacas ha<sup>-1</sup>) e da determinada TMG2181 IPRO (55 sacas ha<sup>-1</sup>). Destaca-se que os rendimentos médios produzidos pelos materiais genéticos de crescimentos indeterminado e semi-determinado foram superiores à média nacional de soja obtida na safra 2017/2018, que é de 3.385 kg ha<sup>-1</sup> (56 sacas ha<sup>-1</sup>), enquanto o rendimento da cultivar determinada foi praticamente igual a referida média nacional (CONAB, 2018).

Ademais, trabalhando com três cultivares de soja e três populações de plantas nas condições de cerrado goiano, propriamente em Anápolis-GO, Souza et al. (2016) obtiveram também

significância ( $p \leq 0,05$ ) apenas para o fator cultivares de soja de diferentes hábitos de crescimento, sendo que os materiais indeterminados e semi-determinados, tiveram maiores médias de produção que os determinados, com médias de  $4.441,95 \text{ kg ha}^{-1}$  (74 sacas  $\text{ha}^{-1}$ ),  $4.529,54 \text{ kg ha}^{-1}$  (75 sacas  $\text{ha}^{-1}$ ) e  $4.111,76 \text{ kg ha}^{-1}$  (68 sacas  $\text{ha}^{-1}$ ) respectivamente, portanto valores de rendimento próximos aos obtidos nesta pesquisa.

Os dados de rendimento confirmam que os genótipos estudados podem ser empregados em diferentes arranjos de plantas, sob maior ou menor adensamento (P), pois devido a sua plasticidade, as plantas conseguem se adequar ao meio em que estão sendo expostas, não causando alterações no rendimento final da cultura. As diminuições das densidades de plantas aumentam a emissão de ramos e conseqüentemente sementes por plantas, porém tem-se um menor peso de sementes quando comparado com o alto adensamento, com destaque para as cultivares indeterminadas (maior plasticidade) e semi-determinadas. Este comportamento também já foi verificado em outros trabalhos conduzidos recentemente com cultivares de soja de diferentes hábitos de crescimento (FERREIRA et al., 2016; MOREIRA et al, 2015; SUHRE et al., 2014). Assim, a densidade de semeadura da soja pode ser reduzida sem alterar o rendimento de grãos (THOMPSON et al., 2015).

#### 4.2 PROPRIEDADES FÍSICAS DE SEMENTES

Pelos resultados da análise de variância pode-se notar que as propriedades físicas de tamanho (comprimento e largura), massa específica aparente e circularidade das sementes mostraram-se influenciadas apenas pelos tipos de genótipos de soja testados. Nenhuma variável de tamanho e forma das sementes foi significativa (significativo a 5% e 1% de probabilidade) para a influência das diferentes populações de plantas utilizadas. A esfericidade das sementes e o eixo ortogonal (c) não demonstraram significância com nenhum fator estudado (Tabela 12).

Segundo Silva e Corrêa (2000) o tamanho e a forma das sementes são características específicas de cada produto, definidas geneticamente, justificando assim a influência do fator cultivares (C) sobre algumas propriedades físicas das sementes de soja, conforme citado acima. Sofrendo, portanto, pouca influência dos fatores bióticos e abióticos, incluindo a população de planta usada.

Todas as propriedades físicas da soja apresentaram coeficiente de variação baixo (<10%), conforme critérios descritor por Pimentel-Gomes (2009), classificando a precisão experimental na obtenção dos dados como aceitável, confirmando que realmente as possíveis alterações de propriedades físicas das sementes de soja detectados no estudo se devem realmente aos efeitos do tratamento aplicado, neste caso o genótipo e não a fatores externos.

**Tabela 12.** Resumo da análise de variância (QM) das propriedades físicas de sementes de soja: tamanho de sementes (TS) (comprimento (a), largura (b) e espessura (c), esfericidade (ES), circularidade (CS) e massa específica aparente (MA) de três cultivares de soja em função de populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.

FATORES	GL	QUADRADOS MÉDIOS (QM)					
		a	b	c	ES	CS	MA
Bloco	3	0,0066ns	0,0452ns	0,3783ns	0,0009ns	0,0004ns	175,1906ns
Cultivares (C)	2	0,5237**	0,4427**	0,5468ns	0,0006ns	0,0084**	2130,2944**
Populações (P)	3	0,0073ns	0,0215ns	0,1026ns	0,0001ns	0,0004ns	11,6192ns
(CxP)	6	0,0109ns	0,0104ns	0,3054ns	0,0005ns	0,0001ns	10,9136ns
Resíduo	33	0,0365	0,0258	0,2528	0,0005	0,0007	43,5562
CV%		2,5	2,5	8,7	2,7	3,1	1,0

ns= não significativo. \*= significativo a 5% de probabilidade. \*\*= significativo a 1% de probabilidade. CV%= coeficiente de Variação.

Vale lembrar que as propriedades físicas da semente como tamanho (comprimento, largura e espessura) e forma (arredondamento e esfericidade) ajudam a determinar o tamanho máximo do copo na placa de sementes de uma semeadora e para o dimensionamento do tamanho e da forma dos crivos das peneiras em equipamentos destinados à separação e classificação. A aplicação da massa específica granular se dá para o dimensionamento de silos, secadores, depósitos e sistemas de transportes (SOYOYE et al., 2018).

Os valores médios de tamanho e forma são apresentados na tabela 13. Se tratando dos eixos ortogonais, foi possível observar que para comprimento (a), largura (b) e espessura (c) a cultivar M 7739 IPRO (semi-determinada) representou a maior média, caracterizando uma semente de maior tamanho em relação a eixos, mesmo o eixo ortogonal (c) não sendo influenciado pelos outros subfatores investigados. A cultivar BMX Power IPRO apresentou eixo (a) menor, o que segundo Mohsenin (1980) promove maiores valores de esfericidade e circularidade, uma vez que essas características dependem deste eixo ortogonal e possuem uma relação inversamente proporcional entre si. Esta alteração pôde ser verificada com maior ênfase nos valores de circularidade, sobretudo nas cultivares BMX Power IPRO (indeterminada) e a semi-determinada que apresentaram maiores médias.

Todos os materiais genéticos estudados apresentaram dados expressivos de circularidade para as sementes produzidas (>0,80), o que segundo Araújo et al. (2014), quando a circularidade mantiver seus valores abaixo de 80% (0,80), o que não é o caso dos observados nesta pesquisa, não se pode classificar as sementes como circulares.

**Tabela 13.** Tamanho de sementes (TS) (comprimento (a), largura (b) e espessura (c) e circularidade (CS) em função de cultivares de soja Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	Tamanho de sementes (TS) (mm)			CS*
	a	b	c	
TMG2181 IPRO	7,56 a	6,21 b	5,88 a	0,82 b
M 7739 IPRO	7,54 a	6,50 a	5,81 a	0,86 a
BMX Power IPRO	7,24 b	6,23 b	5,52 a	0,86 a
Médias	7,44	6,31	5,73	0,84

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ). \*Adimensional.

Soyoye et al. (2018) caracterizando as propriedades físicas de grãos de soja (cultivar não especificado), encontraram dados próximos para alguns eixos aos obtidos neste estudo (Tabela 13), com médias de comprimento de 0,737 cm (7,37mm), largura 0,627 cm (6,27mm) e espessura de 0,468 cm (4,68mm). O autor também comparara a esfericidade encontrada nos grãos de soja (0,81)

com as do milho (0,69), concluindo que durante um processo de beneficiamento destes, a soja tenderá a rolar mais que o milho, devido a sua forma (alto valor da esfericidade).

A cultivar indeterminada apresentou maior média de massa específica aparente (666,65 kg m<sup>-3</sup>), quando comparado com as outras duas cultivares. O genótipo determinado TMG2181 IPRO representou a menor média (644,02 kg/m<sup>-3</sup>) (Tabela 14). Pabis et al. (1998) definiram massa específica como à razão entre a massa e volume ocupado por determinado produto. Frisa-se que este conceito quando aplicado à massa e ao volume de apenas uma semente, determina a massa específica real ou unitária. Já a aplicação do conceito para uma determinada quantidade de produto, estabelece a definição de massa específica aparente ou granular.

**Tabela 14.** Massa específica aparente (MA) em função de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	MA (kg m <sup>-3</sup> )
TMG2181 IPRO	644,02 c
M 7739 IPRO	659,26 b
BMX Power IPRO	666,65 a
Médias	656,64

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

A literatura existente sobre propriedades físicas de sementes permite relacionar a massa específica aparente com o peso de sementes e tamanho de sementes (eixos ortogonais). Desta forma, pode-se observar que a cultivar indeterminada BMX Power IPRO com sementes que em geral obtiveram menores médias de tamanho dos principais eixos (comprimento (a) e largura (b)) (Tabela 13), foi a mesma que apresentou maior valor de massa específica aparente (Tabela 14).

Este resultado foi confirmado também em experimentos realizados por Tavakoli et al. (2009) trabalhando com soja e Altuntas e Demirtola (2007) utilizando sementes de outras leguminosas, em que a diminuição da massa específica aparente promoveu acréscimo do peso do produto e expansão volumétrica da massa da semente. Essas relações também são encontradas em outros estudos, como Ribeiro et al. (2005) com a própria soja e Resende et al. (2008) para grãos de feijão.

#### 4.3 QUALIDADE FISIOLÓGICAS DAS SEMENTES

Os testes de germinação e vigor de sementes de soja oriundas de materiais genéticos distintos, submetidos à diferentes populações de plantas foram empregados, cujos resultados

demonstraram influência apenas pelo fator cultivares de soja (C). Somente o resultado do teste de vigor referente à matéria seca da raiz (MSR) não apresentou diferença significativa (significativo a 5% de probabilidade) na qualidade fisiológica de semente em função dos tratamentos aplicados (Tabela 15).

Vazquez et al. (2008) utilizando duas cultivares de soja (BRSMG 68 Vencedora e M-SOY 8001), também não encontraram relação da qualidade fisiológica de sementes com as diferentes populações de plantas expostas (400, 340, 280, 220 e 160 mil plantas ha<sup>-1</sup>), assim como Ferreira et al. (2017) que também chegou a essas mesmas conclusões. Já Baron et al. (2018) estudando estas relações, retratam que para cultivares com alto potencial de ramificação, as densidades de plantas podem ser reduzidas, visando aumentar o vigor das sementes produzidas.

Quanto a precisão experimental, pode-se averiguar que aos CV% variaram 6,4 a 18,1%, podendo considerar que houve um bom controle do erro experimental durante a condução das atividades de pesquisa, segundo critérios adotados por Pimentel-Gomes (2009).

**Tabela 15.** Resumo da análise de variância (QM) das qualidades fisiológicas de sementes de soja: germinação (G), primeira contagem (1°C), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântula (CP), massa seca da raiz (MSR) e massa seca do hipocótilo (MSH) de três cultivares de soja submetidas a diferentes populações de plantas. Anápolis-GO, 2017/2018.

FATORES	GL	QUADRADOS MÉDIOS (QM)					
		G	1°C	EA	CP	MSR	MSH
Blocos	3	134,6076ns	142,7686ns	136,2656ns	16,0915ns	3,3368ns	10,4229ns
Cultivares (C)	2	878,4492**	3317,8476**	891,2929**	103,0724**	0,1153ns	397,2012**
Populações (P)	3	46,1493ns	49,8728ns	44,4878ns	1,9065ns	9,6321ns	5,5067ns
(CxP)	6	11,9006ns	24,1046ns	12,4110ns	4,0020ns	8,7760ns	6,2706ns
Resíduo	33	29,8330	33,0896	30,0194	5,8083	4,0447	12,8897
CV%		6,4	8,3	9,9	9,7	17,9	18,0

ns= não significativo. \*= significativo a 5% de probabilidade. \*\*= significativo a 1% de probabilidade. CV%= coeficiente de Variação.



A cultivar indeterminada BMX Power IPRO produziu sementes com maior percentual de plântulas normais (93%), seguida da semi-determinada M 7739 IPRO (81%) e da determinada TMG 2181 IPRO (80%) (Tabela 16).

A arquitetura diferenciada da planta da cultivar determinada, com emissão de ramos e vagens ao mesmo tempo, provavelmente comprometeu a captação e distribuição dos fotoassimilados absorvidos devido processo de competição. Além disso, o fato deste material genético não apresentar em campo haste principal ereta, pode ter contribuído para a diminuição da captação da radiação, favorecendo assim o desenvolvimento de microclima não favorável para obtenção de sementes de qualidade superior, com alta umidade e temperatura, sobretudo na parte baixa da planta. Sedyama et al. (2009) consideram que o hábito de crescimento da soja é caracterizado pela inclinação dos ramos laterais em relação à haste principal. Assim, é considerado ereto quando esta inclinação é menor que 30°; semiereto, com inclinação de 30° a 60°; e horizontal, quando a inclinação é maior que 60°, a exemplo dos materiais genéticos determinados.

Porém, resultados de Pádua et al. (2010) trabalhando com três cultivares de diferentes hábitos de crescimento, contradizem os dados deste trabalho, no qual foi observado que a cultivar determinada BRSMG 750S RR apresentou maior média de germinação, quando comparado com os outros materiais genéticos. Ainda neste contexto, os resultados verificados nesta pesquisa são discordantes em parte com algumas literaturas pertinentes ao assunto investigado, como em trabalho realizado por Flores (2016), no qual averiguando a qualidade de sementes de soja provenientes de cultivares de hábitos de crescimento determinado e indeterminado, observaram que em relação a germinação, estas apresentam qualidade fisiológica semelhante.

Destaca-se que estes percentuais de germinação verificados pelos três materiais genéticos de soja estudados, são superiores ao exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para comercialização de soja (BRASIL, 2013), mesmo a cultivar determinada TMG 2181 IPRO que apresentou qualidade de sementes inferior as demais avaliadas 80 %.

**Tabela 16.** Percentual de germinação (G) de sementes de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	Germinação (%)
TMG2181 IPRO	80 b
M 7739 IPRO	81 b
BMX Power IPRO	93 a
Médias	84,6

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

Os dados de vigor das sementes (Tabela 17), permitiram constatar que as médias obtidas apresentaram comportamento semelhante ao descrito no teste de germinação, em que a cultivar indeterminada BMX Power IPRO sobressaiu das demais em todas as avaliações. Concluindo que esta cultivar tem potencial de produzir sementes com germinação mais rápida e homogênea, com plântulas mais vigorosas (MARCOS FILHO, 1999a).

**Tabela 17.** Primeira contagem (1°C), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântula (CP) e massa seca do hipocótilo (MSH) de cultivares de soja. Anápolis-GO, 2017/2018.

Cultivares	Vigor			
	1°C (%)	EA (%)	CP (cm)	MSH (mg)
TMG2181 IPRO	60 b	50 b	22,4 b	16 b
M 7739 IPRO	62 b	51 b	24,4 b	18 b
BMX Power IPRO	86 a	63 a	27,4 a	25 a
Médias	69,3	54,3	24,7	19,6

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$  e  $0,01$ ).

A primeira contagem de germinação das sementes de soja demonstrou um percentual de plântulas normais bem discrepantes entre os materiais genéticos avaliados, onde a cultivar indeterminada BMX Power IPRO produziu sementes com maior vigor em relação aos demais materiais testados, com destaque para a menor média apresentada pela cultivar determinada (TMG2181 IPRO), resultado condizente com o teste de germinação. Este teste resulta indiretamente em uma avaliação da velocidade de germinação, sendo que maior percentual de plântulas normais presentes na primeira contagem (1°C), permite inferir que as sementes do lote apresentem potencial de germinar mais rapidamente que as demais em condições de campo (NAKAGAWA, 1994).

No teste de envelhecimento acelerado (EA), pode-se verificar que o vigor de plântulas foi inferior ao teste de primeira contagem, isto devido à submissão da condição estressante inicial, com alta temperatura e umidade relativa (MARCOS FILHO, 1999b). Pádua et al. (2010) também observaram números semelhantes aos obtidos neste estudo para o teste em questão. Apesar disso, foi possível constatar que o melhor desempenho de plântulas normais foi verificado na cultivar indeterminada BMX Power IPRO, corroborando aos resultados dos testes de germinação e primeira contagem.

Nos testes de comprimento de plântulas (CP) e matéria seca do hipocótilo (MSH) também foi possível averiguar melhor desempenho de plântulas das sementes produzidas pela cultivar indeterminada BMX Power IPRO (Tabela 17). Vanzolini et al. (2007) trabalhando com a cultivar BRS 48 de crescimento determinado, obtiveram dados semelhantes para comprimento total de plântulas (raiz mais hipocótilo), obtendo média de 22,7 cm.

Encontra-se na literatura estudos que mostram que sementes de soja com tamanho relativamente maior, apresentaram qualidade fisiológica relativamente superior, resultando em plantas com crescimento e produtividade mais elevado (PARDO et al., 2015; PEREIRA et al., 2013). Mas isso não foi observado neste estudo, devido especialmente a cultivar semi-determinada que em geral originou sementes de maior tamanho (eixos ortogonais) e conseqüentemente maior peso, produziu sementes de qualidade inferior quando comparada com a cultivar indeterminada BMX Power IPRO, que obteve médias de menor tamanho dos principais eixos (comprimento (a) e largura (b)) (Tabela 13) e produziu sementes com maior percentual de germinação e vigor.

O uso de sementes de alta qualidade é justificado, pois ajuda a adequar a população de plantas esperada, no qual é afetada pelas condições de campo, especialmente em situações menos favoráveis (CANTARELLI et al., 2015; MARCOS FILHO e KIKUTI, 2006). Kolchinski et al. (2006) consideram que plantas originárias de sementes de alto vigor, podem produzir 25% a mais de vagens por planta e 35% a mais em rendimento de grãos, em comparação às provenientes de sementes de vigor baixo.

O estudo da qualidade fisiológica em relação a cultivares modernas do mercado faz-se relevante devido à escassez atual de trabalhos existentes na literatura sobre este tema, principalmente no que se diz respeito a diferentes hábitos de crescimento, com destaque para os materiais de hábito indeterminado predominantes nos campos brasileiros de soja atualmente (FARIAS et al., 2007; GARCIA et al., 2007).

## 5 CONCLUSÃO

As características morfofisiológicas das plantas de soja são diferenciadas entre os genótipos investigados, sendo que essas expressões fenotípicas são alteradas pelas populações de plantas empregadas.

A cultivar indeterminada BMX Power IPRO apresenta maior rendimento de sementes em relação às cultivares semi-determinada e determinada.

A cultivar M 7739 IPRO (semi-determinada) representou no presente a maior média em relação a eixos ortogonais, caracterizando uma semente de maior tamanho. As três cultivares de soja estudadas apresentam circularidade maior que 0,80, classificando-as como sementes circulares.

A cultivar indeterminada BMX Power IPRO produz semente de maior percentual de germinação e vigor. Para os três genótipos estudados, as diferentes populações de plantas investigadas não influenciaram a qualidade final de suas sementes.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIKGOZ, E.; SINCIK, M.; KARASU, A.; TONGEL, O.; WIETGREFE, G. Forage soybean production for seed in mediterranean environments. **Field Crops Research**, v. 110, n. 03, p. 213-218, 2009.
- ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; AGUIAR, C.G.; ÁVILA, M.R.; STULP, M. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes sob semeadura antecipada da soja. **Scientia Agraria**, v.9, n. 4, p.445-454, 2008.
- ALTUNTAS, E.; DEMIRTOLA, H. Effect of moisture content on physical properties of some grain legume seeds. **Crop Horticulture Science**, v. 35, n. 4, p. 423–433, 2007.
- ARAÚJO, D. A.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 279–286, 2014.
- BARON, F. A.; CORASSA, G. M.; FIORESI, D.; SANTI, A. L.; MARTINI, R. T.; KULCZYNSKI, S. M. Physiological quality of soybean seeds under diferente yield environments and plant density. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 237-242, 2018.
- BAIGORRI, H.; GASSEN, D.A. Importância do ciclo, da juvenilidade e do hábito de crescimento no manejo da cultura. **Revista Plantio Direto**, v. 14, n. 109, p. 15-18, 2009.
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A.; OLIVEIRA, M. C. N.; ZUCARELLI, C.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; SILVA, M. A. A. Analysis of phenotypic plasticity in indeterminate soybean cultivars under different row spacing. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 04, p. 648-654, 2018.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; NEUMAIER, N.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016.
- BRACHTVOGEL, E. L.; GIAROLA, N.F.B.; FONTANIVA, S.; PEREIRA, R.A.; FIOREZE, S. L. Cultivares de soja sob plantio direto em Latossolo Vermelho compactado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 641-646, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial da União**, 20/09/2013, Seção 1. 2013.

- BELLALLOUI, N.; BRUNS, H. A.; ABBAS, H. K.; MENGISTU, A.; FISHER, D. K.; REDDY, K. N. Effects of row-type, row-spacing, seeding rate, soil-type, and cultivar differences on soybean seed nutrition under us mississippi delta conditions. **Plos One**. v. 10, n. 6, p. 1-23. 2015.
- BERNARD, R.L. Two genes affecting stem termination in soybean. **Crop Science**, v.12, n. 12, p. 235-239, 1972.
- CANTARELLI, J. L. D.; SCHUCH, L. O. B.; TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A. Variability of soybean plants originated from seeds with different physiological quality levels. **Acta Agronômica**, v. 64, n. 3, p. 218-222, 2015.
- CÂMARA, A.R.; CARDOSO, L.A.; MELLO FILHO, O.L.; VAZ BISNETA, M.; SEII, A.H.; NUNES, J. Avaliação de componentes de produção em soja de tipo de crescimento determinado e indeterminado de ciclo precoce recomendados para a região central do Brasil. Comissão de genética e melhoramento. In: XXXII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL. p. 259-261, 2011, São Pedro-SP. **Anais Comissão de Genética e Melhoramento**. São Pedro: XXXII REUNIÃO DE PESQUISA, 2011.
- CAMPOS, M. C. Fatores da expansão do complexo sojicultor no território Brasileiro. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, v. 7, n. 11, p. 1-28, 2010.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Grãos: Décimo levantamento da safra 2017/2018**. n.11, agosto/2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 05 jun. 2018.
- CORADI, P. C.; HELMICH, J. C.; FERNANDES, C. H. P. Alterações físicas em grãos de girassol após secagem com diferentes temperaturas do ar. **Nucleus**, v. 12, n. 2, p. 201- 210, 2015.
- CRUZ, S.C.S.; SENA-JUNIOR, D.G.; SANTOS, D.M.A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.1, p.1–6, 2016.
- DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.541-552, 2012.
- DE LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 2, p. 181-187, 2014.
- DEMIRTAS, C.; YAZGANI, S.; CANDOGANI, B.N.; SINCİK, M.; BÜYÜKCANGAZI, H.; GÖKSOY, A.T. Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L. Merrill) to drought stress in sub-humid environment. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 41, p. 6873-6881, 2010.
- DUARTE, T. C.; CRUZ, S. C. S.; SOARES, G. F.; SENA-JÚNIOR, D. G.; MACHADO, C. G. Spatial arrangements and fertilizer doses on soy bean yield and its components. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 960-964, 2016.
- EMBRAPA SOJA, ISSN 1516-7860 versão eletrônica. **Circular Técnica 48**, Ecofisiologia da soja. Londrina. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/cirtec48.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2018.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Indicações técnicas para cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014. **Reunião de pesquisa da soja da região sul**, Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. revista e ampliada. Brasília, 2013. 353p.

FARIAS, J.R.B., NEPOMUCENO, A.L., NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2007. 9p. (Embrapa Soja: Circular Técnica, 48).

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**. v. 75, n. 3, p. 362-370, 2016.

FERREIRA, A. S.; ZUCARELI, C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; WERNER, F.; COELHO, A. E. Size, physiological quality, and green seed occurrence influenced by seeding rate in soybeans. **Semina: Ciência agrárias**, v. 38, n. 2, p. 595-606, 2017.

FLORES, M. F. **Qualidade fisiológica e rendimento de sementes de soja em função do hábito de crescimento da planta**. 2016. 59p. Tese (Curso de Pós-Graduação em Agronomia), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná.

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 1984. 39p. (Embrapa Soja: Circular Técnica, 9).

GARCIA, A., PÍPOLO, A.E., LOPES, I.O.N., PORTUGAL, F. A.F **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2007. 11p. (Embrapa Soja: Circular Técnica, 51).

GIBSON, L.R.; MULLEN, R.E. Soybean seed composition under high day and night growth temperatures. **Journal of American Chemical Society**, v.73, n. 6, p.733-737, 1996.

GOMES, P. **A soja**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 149p.

GULLUOGLU, L.; BAKAL, H.; SABAGH, A. E.; ARIOGLU, H. Soybean managing for maximize production: plant population density effects on seed yield and some agronomical traits in main cropped soybean production. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, v. 5, n. 1, 2017.

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Agricultura**, Campina Grande, v. 84, n. 3, p. 204-219, 2010.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine max (L) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. Dissertação (Mestrado). ESALQ. Piracicaba, 2002.

JAYAN, P. R.; KUMAR V. J. F. Planter design in relation to the physical properties of seeds. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 42, n. 1, p. 69-71, 2004.

KHAN, A.Z.; SHAH, P.; KHAN, H.; NIGAR, S.; PERVEEN, S.; SHAH, M.K.; AMANULLAH; KHALIL, S.K., MUNIR, S., ZUBAIR, M. Seed quality and vigor of soybean cultivar as influenced by canopy temperature. **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 1, p. 643-648, 2011.

- KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 163-166, 2006.
- KOMATSU, R.A.; GUADAGNIN, D.D.; BORGIO, M.A. Efeito do espaçamento de plantas sobre o comportamento de cultivares de soja de crescimento determinado. **Revista Campo Digital**, v. 5, n.1, p. 50-55, 2010.
- KUMAGAI, E.; AOKI, N.; MASUYA, Y.; SHIMONO, H. Phenotypic plasticity conditions the response of soybean seed yield to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration. **Plant Physiol**, v. 169, p. 2021-2029, 2015.
- KUSS, R. C. R.; KONIG, O.; DUTRA, L. M. C.; BELLÉ, R. A.; ROGGIA, S.; STURMER, G. R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1133-1137, 2008.
- LIMA, W.A.A.; BORÉM, A.; DIAS, D.C.F.S.; MOREIRA, M.A.; DIAS, L.A.S.; PIOVESAN, N.D. Retardamento de colheita como método de diferenciação de genótipos de soja para qualidade de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p.186-192, 2007.
- MACHADO, B. Q. V.; NOGUEIRA, A. P. O.; REZENDE, G. F.; COELHO, F. G. T.; GOMES, G. F.; BERBARDES, F. C.; NASCIMENTO, A. R.; HAMAWAKI, R. L. Agronomic performance of soybean genotypes submitted to different population densities in the city of Uberlândia – MG. **Científica**, v. 46, n. 3, p. 264-273, 2018.
- MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. 1.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 86p.
- MARCOS FILHO, J. **Teste de vigor: importância e utilização**. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França Neto, J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999a. Cap.1, p.1-10.
- MARCOS FILHO, J. **Teste de envelhecimento acelerado**. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França Neto, J.B. (Ed.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999b. Cap.4, p.32-34.
- MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 28, n. 3, p. 44 – 51, 2006.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.
- MAUAD, M.; SILVA, T L.B.; ALMEIDA NETO, A.I.; ABREU, V.G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 9, p.175-181, 2010.
- MINUZZI, A. BRACCINI, A.L.; RANGEL, M.A.S.; SCAPIM, C.A.; BARBOSA, M.C.; ALBRECHT, L.P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1 p. 176-185, 2010.
- MIR, S.A.; BOSCO, S.J.D.; SUNOOJ, K.V. Evaluation of physical properties of rice cultivars grown in the temperate region of India. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 4, p. 1521-1527, 2013.



MISSÃO, M. R. Soja: Origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Revista de Ciências Empresariais**, v. 3, n.1, p. 7-15, 2006.

MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**. 1 ed. London: Gordon & Breach science Publishers, 1980. 408p.

MONDINI, M.L.; VIEIRA, C.P.; CAMBRAIA, L.A. **Época de semeadura: um importante fator que afeta a produtividade da cultura da soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001.16p. (Embrapa Agropecuária Oeste: Documentos, 34).

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; SCHROTH, G.; MANDARINO, J. M. G. Effect of Nitrogen, Row Spacing, and Plant Density on Yield, Yield Components, and Plant Physiology in Soybean–Wheat Intercropping. **Agronomy Journal**. v. 107, n. 6, p. 2162-2170, 2015.

MOREIRA, H. J. C.; ARAGÃO, F.D. **Manual de pragas da soja**. 1 ed. Campinas-SP: Holos Editora, 2009. 241p.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. 1.ed. Porto Alegre, Departamento de plantas de lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 35p.

MOURTZINIS, S.; GASKA, J. M.; PEDERSEN, P.; CONLEY, S. P. Effect of seed mass and emergence delay on soybean yield and quality. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 1, p. 181-186, 2015.

MONDO, V. H. V.; GOMES JUNIOR, F. G.; PINTO, T. L. F.; MARCHI, J. L. DE; MOTOMIYA, A. V. DE A.; MOLIN, J. P.; CICERO, S. M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n. 2, p. 193-201, 2012.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas**. In: Vieira, R. D.; Carvalho, N. M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. Cap. 5, p.49-85.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In: Krzyzanoski, F.C.; Vieira, R.D.; França Neto, J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 2, p.2.1-2.24.

NAKAGAWA, J.; CARVALHO, N. M. **Sementes-Ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

NUNES, D. M. C. **Propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa willd*)**. 2009. 68p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009.

NIKOOBIN, M.; MIRDAVARDOOST, F.; KASHANINEJAD, M.; SOLTANI, A. Moisture dependet physical properties of chickpea seeds. **Journal of Food Process Engineering**, v. 32, n. 4, p. 544-564, 2009.

NOGUEIRA, A.P.O.; SEDIYAMA, T.; BARROS, B.H.; TEIXEIRA, R.C. **Morfologia, crescimento e desenvolvimento**. In: Sedyama, T. Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: Mecenias, 2014. Cap.5, p.7-16.

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIERIA, H. D. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Revista ciência internacional**, v. 1, n. 04, p. 01-21, 2009.

- PABIS, S.; JAYAS, D. S.; CNDOWSKE, S. (Eds.). **Grain drying: theory and practice**. New York: J. Wiley, 1998. 303 p.
- PÁDUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; NETO, J. B. F. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n. 3, p. 009-016, 2010.
- PARDO, F. F.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D.; COSTA, E. Qualidade fisiológica de sementes de soja esverdeadas em diferentes tamanhos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 3, p. 39-43, 2015.
- PEREIRA, W. A.; PEREIRA, S. M. A.; DIAS, D. C. F. S. Influence of seed size and water restriction on germination of soybean seeds and on early development of seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 3, p. 316-322, 2013.
- PERINI, L.J.; JUNIOR, N.S.F.; DESTRO, D.; PRETE, E.C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1, p.2531-2544, 2012.
- PESKE, S.T. O mercado de sementes no Brasil. **Seed News**, v. 20, n.3, p. 1-3, 2016.
- PETTER, F.A.; SILVA, J.A.; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PACHECO, L.P.; ALMEIDA, F.A. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja em respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p.173-183, 2016.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 144p.
- PROCÓPIO, S. O., BALBINOT JUNIOR, A. A., DEBIASI, H., FRANCHINI, J. C. E PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciência Agrária**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.
- PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agroambiente**, v.8, n. 2, p. 212-221, 2014.
- RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.
- RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J.L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.33-40, 2004.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.
- RIBEIRO, D.M.; CORREA, P.C.; RODRIGUES, D.H.; GONELI, A.L.D. Análise da Variação das Propriedades Físicas dos Grãos de Soja Durante o Processo de Secagem. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 25, n. 3, p.611-617, 2005.
- RIBEIRO, A. B. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; VILELA, N. J. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; MOREIRA, S. G. Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, v. 47, n. 07, p. 20160928, 2017.

- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G.O. **Como a planta de soja se desenvolve**. Ames: Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1997. 21p. (Arquivo Agrônomo, 53).
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; TEIXEIRA, M. C. C; GUARESCHI, R. **Efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na taxa de crescimento de grãos de soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).
- SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3 p. 035-041, 2010.
- SEDIYAMA, T.; PEREIRA, G. P.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da Soja: I Parte**. Viçosa: UFV, 1996. 96 p.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; Barros, H. B. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009. 314 p.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015, 333 p.
- SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A. **Soja**. In: Sedyama, T. Produtividade da soja. Londrina: Mecenias. 2016. Cap. 4, p. 11-18.
- SILVA, J. S. & CORRÊA, P. C., **Estrutura, composição e propriedades dos grãos**. In: Silva, J. S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa, MG: UFV, 2000. Cap. 2, p. 21-37.
- SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, R. M.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Efeito do beneficiamento nas propriedades físicas e mecânicas dos grãos de arroz de distintas variedades. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 33-41, 2003.
- SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; ANDRADE, F. R. Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônomo da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 146-153, 2013.
- SOYOYE, B. O.; ADEMOSUN, O. C.; AGBETOYE, L. A. S. Determination of some physical and mechanical properties of soybean and maize in relation to planter design. **AgricEngInt: CIGR Journal**, v. 20, n. 1, p. 81-89, 2018.
- SOARES, M. M.; OLIVEIRA, G. L.; SORIANO, P. E.; SEKITA, M. C.; SEDIYAMA, T. Performance of soybean plants as function of seed size: II. Nutritional stress. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 4, p. 419-427, 2013.
- SOARES, I. O.; DE REZENDE, P.M.; BRUZI, A.T.; ZUFFO, A.M.; ZAMBIAZZI, E.V.; FRONZA, V.; TEIXEIRA, C.M. Interaction between Soybean Cultivars and Seed Density. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1425-1434, 2015.
- SOUZA, R.; TEIXEIRA, I. R.; REIS, E.; SILVA, A. Soybean morphophysiology and yield response to seeding systems and plant populations. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.76, n. 1, p.101-110, 2016.

SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; ROWNTREE, S. C.; WILSON, E. W.; NAEVE, S. L.; CONLEY, S. P.; DAVIS, V. M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 5, p. 1631-1642, 2014.

TAVAKOLI, H.; RAJABIPOUR, A.; MOHTASEBI, S. S. Moisture-Dependent Some Engineering Properties of Soybean Grains. **Agricultural Engineering International**, v. 11, n. 1110, 2009.

THOMPSON, N. M.; LARSON, J. A.; LAMBERT, D. M.; ROBERTS, R. K.; MENGISTU, A.; BELLALOU, N.; WALKER, E. Mid-south soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 3, p. 979-989, 2015.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. S.; DA SILVA, A. C. T. M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 01-011, 2008.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; AGUIAR E SILVA, M. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 734-738, 2016.

YAKLICH, R. W.; VINYARD, B.; CAMP, M.; DOUGLASS, S. Analysis of seed protein and oil from soybean Northern and Southern region uniform tests. **Crop Science**, v. 42, n. 5, p. 1504-1515, 2002.