

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOÃO VITOR PIASSA PAIM

ATRIBUTOS BIOFÍSICOS E POPULAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA NA
VALIDAÇÃO DE ZONAS HOMOGÊNEAS EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE
GRÃOS

UBERLÂNDIA – MG

2023

JOÃO VITOR PIASSA PAIM

**ATRIBUTOS BIOFÍSICOS E POPULAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA NA
VALIDAÇÃO DE ZONAS HOMOGÊNEAS EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE
GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue e
apresentado à Universidade Federal de Uberlândia-
MG como exigência parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Sandro Manuel Carmelino
Hurtado.

UBERLÂNDIA – MG

2023

JOÃO VITOR PIASSA PAIM

**ATRIBUTOS BIOFÍSICOS E POPULAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA NA
VALIDAÇÃO DE ZONAS HOMOGÊNEAS EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE
GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue e
apresentado à Universidade Federal de Uberlândia-
MG como exigência parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Sandro Manuel Carmelino
Hurtado.

Aprovado pela Banca Examinadora em 30 de novembro de 2023:

Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado
Orientador

Prof. Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão
Membro da Banca

Dr. Adílio de Sá Junior
Membro da Banca

UBERLÂNDIA – MG

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por ter me dado a oportunidade de realizar o curso de agronomia na Universidade que desde novo sonhava em cursar, sendo um grande presente. Agradeço também à Deus por sempre me proteger na estrada, no trajeto de Araguari-MG para Uberlândia-MG para poder estudar.

Aos meus avós, Marino Piassa e Ademilde Elizabeth Piassa, minha eterna gratidão, pois sempre me receberam de braços abertos e me acolheram nesses últimos 5 anos, sem vocês toda essa trajetória seria bem mais difícil. Agradeço aos meus pais, Paulo José Paim e Silvana Piassa que sempre me apoiaram nos estudos, me educaram e me ensinaram sobre caráter e responsabilidade. Obrigado também a minha irmã Isabela Piassa Paim pela ajuda em tudo que foi necessário e pelo apoio durante esses anos.

Agradeço aos meus amigos, particularmente à turma do “Fofoqueiros”, pelo companheirismo e por me ensinarem tanto, sendo que juntos tornaram esse período mais descontraído.

A minha gratidão a minha namorada Júlia Rodrigues Alves, que me garantiu o apoio durante essa trajetória, e em ocasiões, ajuda com os estudos e trabalhos.

Um muito obrigado à Universidade Federal de Uberlândia, que sempre forneceu suporte e oportunidade de realizar um curso que é referência em qualidade. Aos professores por todos os aprendizados, e em particular ao meu orientador Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado, pelos ensinamentos e apoio.

Por último, meu agradecimento ao Grupo de Estudos em Agricultura de Precisão (GeAP), pelos trabalhos e projetos que realizamos, pelo aprendizado e pela ajuda no presente trabalho.

RESUMO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma das culturas de maior destaque para produção de grãos e área cultivada no Brasil. Sua extensão no território abre portas para o desenvolvimento e uso da agricultura de precisão, onde as denominadas zonas homogêneas (ZH) merecem destaque ao permitir o manejo personalizado, extraindo da cultura o máximo potencial produtivo. O trabalho teve por objetivo validar zonas homogêneas em área de produção de soja a partir da resposta dos atributos biofísicos da cultura para diferentes populações de plantas. O estudo foi conduzido em área de 48 ha na Fazenda Experimental Glória da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG. As variáveis estudadas foram os atributos biofísicos da soja: altura, número de nós, vagens e peso de mil grãos, obtidos em diferentes densidades populacionais. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho e a semeadura da soja foi em plantio direto. O estudo comparou duas densidades populacionais, a semeadura recomendada com população de 300.000 plantas.ha⁻¹ e um população reduzida em aproximadamente 25% à recomendada, com 220.000 plantas.ha⁻¹. Na área foram definidos 48 pontos de amostragem, com o auxílio do software Qgis. Cada ponto da malha amostral continha duas parcelas com área de 20 m², uma para cada densidade populacional. A partir de análises preliminares do estande inicial de plantas, obtido para cada um dos 48 pontos, foram definidas zonas homogêneas (ZH). A colheita foi realizada em áreas úteis de 8 m², sendo retiradas amostras de dez plantas para obtenção de dados dos atributos biofísicos da soja. As análises dos atributos foram realizadas por contraste, com uso do teste de “t” a 5% de significância, considerando as zonas homogêneas e as populações de plantas definidas. Os atributos altura de planta, número de nós na haste principal, número de grãos por planta, número de vagens por planta e peso de mil grãos apresentaram respostas aos efeitos de ZH e população de plantas. A definição de ZH com base no estande inicial de plantas de soja tem influência nos atributos biofísicos da soja. Nas condições avaliadas é possível verificar a relação inversa entre o peso de mil grãos-PMG e o número de vagens e grãos por planta quando avaliados tratamentos com diferente densidade de plantas.

Palavras-chave: Estande de plantas, Agricultura de Precisão, Validação de zonas homogêneas.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L. Merrill) is one of the most prominent crops for grain production and cultivated area in Brazil. Its widespread cultivation throughout the country opens doors for the development and use of precision agriculture. In this regard, the so-called homogeneous zones (HZ) can receive personalized management, aiming to extract the maximum productive potential from the crop. The objective of this study was to validate the definition of homogeneous zones in soybean production areas based on the response of the crop's biophysical attributes to different plant populations. The research was conducted in a 48-hectare area at the Glória Experimental Farm of the Federal University of Uberlândia, in Uberlândia-MG. The studied variables included the biophysical attributes of soybean plants, such as height, number of nodes, pods, and weight of a thousand grains, obtained from different population densities. The soil in the study area is classified as Red Latosol, and soybean seeding followed the no-tillage system. The study compared two population densities: the recommended seeding with a population of 300,000 plants per hectare and a population approximately 25% lower than recommended, with 220,000 plants per hectare. In the area, 48 sampling points were defined using the QGIS software. Each point in the sample grid contained two plots with an area of 20 m², one for each population density. Based on preliminary analyses of the initial plant stand data obtained for each of the 48 points, homogeneous zones (HZ) were defined. Harvesting was carried out in useful areas of 8 m², with samples taken from ten plants to obtain data on the biophysical attributes of soybeans. Attribute analyses were conducted using the t-test at a 5% significance level, considering the defined homogeneous zones and plant populations. Plant height, number of nodes on the main stem, number of grains per plant, number of pods per plant, and weight of a thousand grains responded to the effects of homogeneous zones and plant population. The definition of homogeneous zones based on the initial soybean plant stand has an influence on the biophysical attributes of soybeans. In the evaluated conditions, it is possible to observe an inverse relationship between the weight of a thousand grains (WTG) and the number of pods and grains per plant when treatments with different plant densities are compared.

Keywords: Plant stand, Precision Agriculture, Homogeneous zone validation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de temperatura mínima, máxima e pluviométrica da área de estudo correspondentes ao período de avaliação. Fonte: Ventavoli (2023).....	11
Figura 2. Área experimental e malha de 48 pontos amostrais (A) e mapa de estande inicial de plantas de soja – V2, safra 2022-23 (B). Fonte: Ventavoli, (2023).....	12
Figura 3. Amostragem de plantas na colheita (A) e área útil de 8 m ² da parcela (B)....	13
Figura 4. Contagem de vagens (A) e de nós por vagens (B) nas amostras de soja retiradas a campo.	13

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Determinação da umidade.....	16
Equação 2. Cálculo da correção do peso de mil grãos para 13% de umidade	16

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Média do número de grãos por planta nas dez plantas centrais das parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.....	20
Gráfico 2. Média do número de vagens por planta nas dez plantas centrais das parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média da altura de plantas para as parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.....	18
Tabela 2. Variação de estande de plantas de soja inicial e final para população recomendada e com desbaste de 25%. Uberlândia, MG janeiro/2023.....	19
Tabela 3. Média do número de nós na haste principal por planta nas dez plantas centrais das parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.....	19
Tabela 4. Média do peso de mil grãos a 13% de umidade para as parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.....	22
Tabela 5. Média da produtividade estimada para as parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.....	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. METODOLOGIA	11
2.1 Pontos de amostragem e definição de zonas homogêneas	11
2.2 Coleta de dados a campo e análises laboratoriais	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
3.1 Altura de plantas	16
3.2 Número de nós na haste principal	17
3.3 Número de grãos por planta	18
3.4 Número de vagens por planta	19
3.5 Peso de mil grãos - PMG	20
3.6 Produtividade estimada	20
4. CONCLUSÃO	21

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores e exportadores de soja (*Glycine max* L. Merrill), com área cultivada de 44,1 milhões de hectares e produção anual de 154,6 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Para essa cultura a agricultura de precisão (AP) desempenha papel importante no entendimento da variabilidade espacial dos atributos que influenciam às produtividades, a partir do uso de sensores e da análise de dados de solo e planta. O estudo da variabilidade espacial visa entender a magnitude e combinação de fatores que podem afetar o desenvolvimento da cultura (BERNARDI *et al.*, 2014; QUEIROZ *et al.*, 2021).

A variação espacial da população inicial de plantas pode ser um dos parâmetros a ser interpretado a partir da AP (KURACHI *et al.*, 1989). Para a cultura da soja, a mesma pode ocorrer devido à densidade e velocidade de semeadura, tratamento e qualidade de sementes, sistema de cultivo adotado, umidade e temperatura do solo, como a condições do meio onde as plantas irão se desenvolver.

Em relação a alteração da densidade ou distribuição espacial das plantas, o maior número de plantas pode provocar a maior altura de plantas em locais do talhão, menos ramificadas e de menor produção individual, sujeitas a acamamento (ENDRES, 1996). Quando atreladas ao manejo do solo é fator determinante para o ajuste do arranjo das plantas de soja, ao influenciar diretamente nos componentes de produtividade de grãos (CRUZ *et al.*, 2016).

A variabilidade espacial presente nas lavouras pode ser estudada a partir da definição de zonas homogêneas (ZH). As ZH são definidas como áreas no campo que compartilham atributos semelhantes para um determinado fator observado como a produtividade (UMBELINO *et al.*, 2018), altitude e atributos do solo (MELO *et al.*, 2017). A partir deles é possível interpretar dados no auxílio à tomada de decisões, permitindo gerenciar as variações existentes nos talhões.

Nesse contexto, o presente trabalho buscou validar a definição de zonas homogêneas em área de produção de soja a partir da resposta dos atributos biofísicos da cultura para diferentes populações de plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia-UFU, em Uberlândia-MG (18,95° S e 48,19° O). O trabalho foi conduzido em área de 48 ha, em campo de grãos, com clima tipo Aw (Köppen-Geiger), definido como tropical quente com estação de inverno seca. O local apresenta altitude média de 920 m, precipitação média anual de 1.342 mm (Figura 1), solo tipo Latossolo Vermelho e é conduzida em plantio direto sob sequeiro.

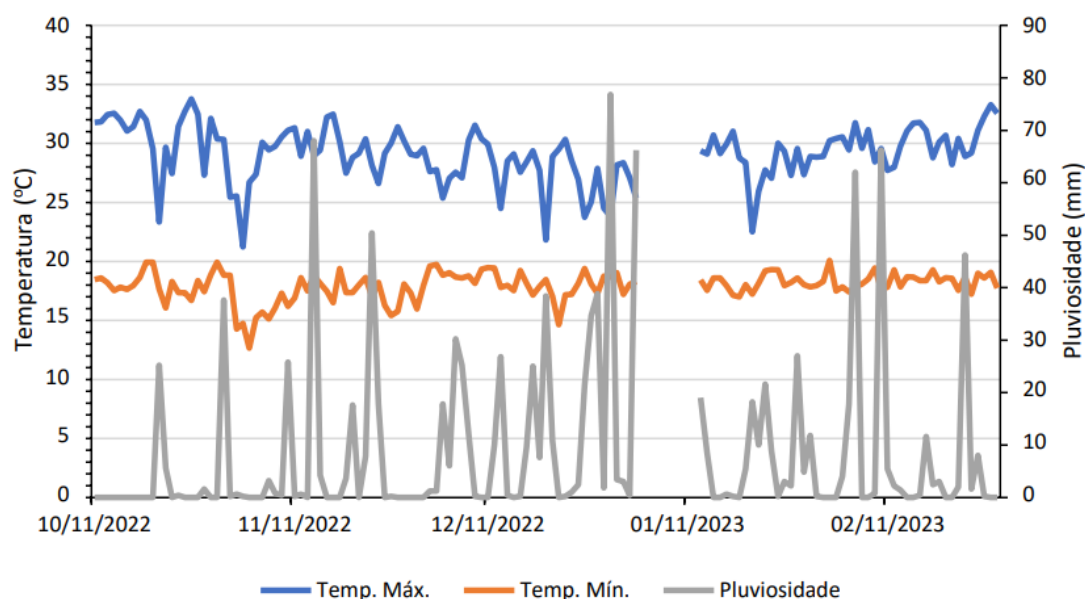


Figura 1. Dados de temperatura mínima, máxima e pluviometria da área de estudo correspondentes ao período de avaliação. Fonte: Ventavoli (2023).

2.1 Pontos de amostragem e definição de zonas homogêneas

A soja foi semeada em 28/10/2022, utilizando sementes da cultivar HO Apuré IPRO® (75HO111 IPRO; grupo de maturação 7.3, hábito indeterminado), considerando uma população inicial de 300 mil plantas.ha⁻¹ e 0,5 m de espaçamento entre linhas. Como primeira etapa do estudo foi considerada a definição das zonas homogêneas – ZH. A mesma foi realizada a partir da análise espacial do estande inicial de plantas, em estágio V2. Para isto foi criada uma malha amostral regular de 1 ponto por ha (Figura 2A), com auxílio do programa de informações geográficas Qgis (Qgis Development Team, 2022). Na sequência foram realizadas contagens de plantas em cada um dos 48 pontos criados, considerando parcelas de 20 m² (8 linhas

espaçadas 0,5 m e 5 m de comprimento cada). Os dados foram analisados a partir do plugin Smart Map-SMP, no ambiente Qgis, e gerado o mapa final para esse atributo (Figura 2B). Dessa forma foram identificadas três zonas: uma com estande inicial baixo (211.200 plantas.ha⁻¹), uma segunda com estande médio (252.125 plantas.ha⁻¹) e uma terceira com estande alto (292.625 plantas.ha⁻¹).

Nos pontos da malha correspondentes a cada zona foram definidas parcelas para avaliação da população, sendo estas: a população recomendada, definida para a área de estudo (300.000 plantas.ha⁻¹) e uma população aproximadamente 25% menor à recomendada, definida a partir do desbaste (220.000 plantas.ha⁻¹). As parcelas tiveram as mesmas dimensões utilizadas na avaliação do estande inicial da cultura.

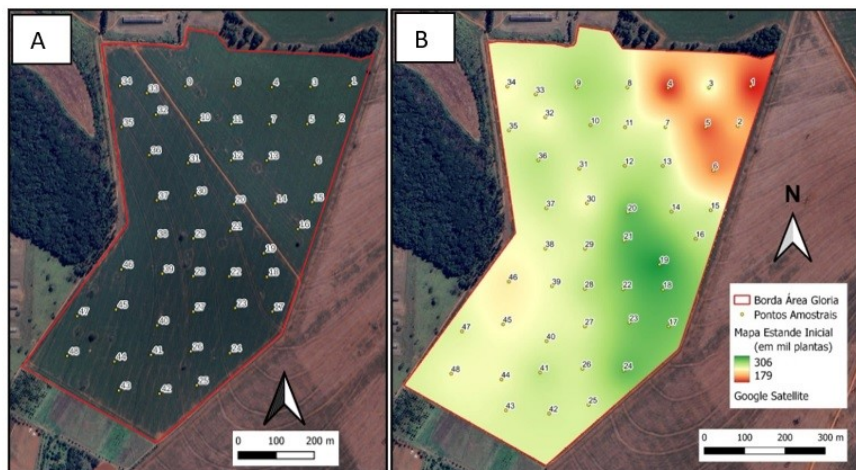


Figura 2. Área experimental e malha de 48 pontos amostrais (A) e mapa de estande inicial de plantas de soja – V2, safra 2022-23 (B). Fonte: Ventavoli, (2023).

2.2 Coleta de dados a campo e análises laboratoriais

Com motivo da colheita de soja, em 27/02/2022 (122 dias após semeadura), foi realizada a obtenção de dados de atributos biofísicos da soja. A partir das parcelas instaladas, foram consideradas parcelas úteis de 8 m² (quatro linhas espaçadas 0,5 m, com 4 m cada). Em cada uma delas foi considerada a retirada de cinco plantas para ambas as linhas centrais da parcela (Figura 3A). A localização dos pontos a campo foi com uso do GNSS de navegação Garmin E-Trex Vista 30x (Figura 3B).

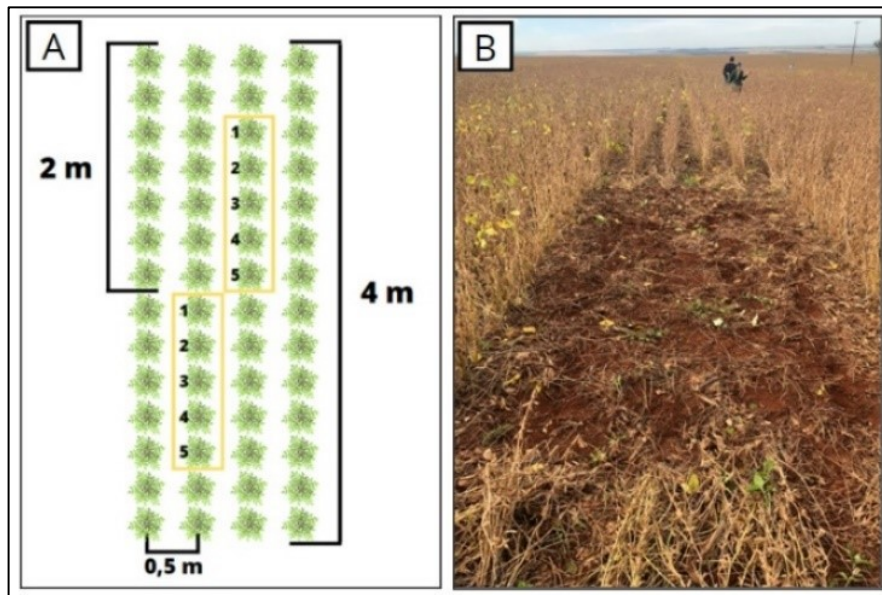


Figura 3. Amostragem de plantas na colheita (A) e área útil de 8 m² da parcela (B).

No laboratório de Sementes da UFU (LASEM) foram avaliados os atributos biofísicos: número de nós na haste principal, número de vagens por planta, número de grãos por planta, peso de mil grãos-PMG e cálculo da produtividade estimada (Figura 4). A campo foi avaliado o atributo altura de plantas e o estande final de plantas para ambas as populações e ZH estudadas.



Figura 4. Contagem de vagens (A) e de nós por vagens (B) nas amostras de soja retiradas a campo.

Para determinar a umidade dos grãos e o peso de mil grãos foram seguidas as metodologias descritas nas Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). A umidade foi calculada a partir de amostras de grãos, em duplicata, para verificar se a diferença entre os valores encontrados não excede a tolerância de 0,5%, e utilizando o método de estufa a 105°C +/- 3°C), por um período de 24 horas. Para a determinação do grau de umidade utilizou-se (Equação 1):

Equação 1. Determinação da umidade:

$$\%U = \frac{100 \times (P - p)}{P - t}$$

Em que:

P = Peso inicial (peso do recipiente e sua tampa mais o peso do grão úmido)

p = Peso final (peso do recipiente e sua tampa mais o peso do grão seco)

t = Tara (peso do recipiente com sua tampa)

Para a determinação do peso de mil grãos - PMG foi realizada contagem de 8 repetições de 100 grãos por tratamento e cálculos da variância, desvio padrão e coeficiente de variação (CV). Para o cálculo foi adotado um limite de 4% do CV entre as repetições, para então realizar a médias das 8 repetições e a sua multiplicação por 10:

Posteriormente foi calculado o PMG para uma umidade final de 13%, considerada como porcentagem ideal de armazenamento (Equação 2):

Equação 3. Cálculo da correção do peso de mil grãos para 13% de umidade:

$$\text{PMG (13\%)} = \frac{\text{PMG} - (100 - U_i)}{(100 - U_f)}$$

PMG = Peso de mil grãos úmido

U_i = Umidade inicial (média)

U_f = Umidade final

A determinação da produtividade estimada foi realizada a partir da contagem do número final de plantas (parcela útil de 8m²), da média de vagens por planta, grãos por vagens e PMG.

A análise estatística dos dados foi realizada por meio de contrastes, com uso do teste T, a 5% de significância, com auxílio do programa Action, no ambiente Excel. Os contrastes foram obtidos para as combinações das zonas homogêneas (3) e população de plantas (2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura de plantas

Analisando as zonas homogêneas de forma individual, pode ser observado que ambas as populações (recomendada e desbaste) apresentaram altura de plantas estatisticamente iguais quando comparadas as ZH (Tabela 1).

Ao observar o fator de variação população de plantas nota-se, para a população recomendada, que a zona homogênea de alto estande inicial expressou maior altura (86,2 cm) e deferiu estatisticamente da zona de baixo estande inicial, que expressou as menores alturas de planta (75,1 cm). Já para a população desbaste, não foi evidenciada diferença estatística entre as zonas (Tabela 1).

Altas densidades de plantas podem influenciar na obtenção de uma maior altura de plantas e menor ramificação, enquanto menores densidades resultam em plantas menores e mais ramificadas (FISS *et al.*, 2018). A alta densidade de plantio promove também estiolamento devido a maior competição das plantas, que buscam atingir uma posição mais favorável em relação à luz solar, como estratégia adaptativa (MAUAD *et al.*, 2010). Por outro lado, as populações podem sofrer interferência das ZH e refletir essas alterações na altura de plantas, podendo apresentar diferença entre elas em relação a atributos do solo, que poderiam justificar os diferentes estandes iniciais após a semeadura.

Tabela 1. Média da altura de plantas para as parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.

Altura de plantas (cm)				
Zonas Homogêneas	População recomendada	População 25% desbaste	\bar{X}	CV (%)
Baixa	75,1 Ab	78,0 Aa	76,6	2,8
Média	83,0 Aab	80,1 Aa	81,6	2,6
Alta	86,2 Aa	81,4 Aa	83,8	4,1
\bar{X}	81,4	79,8	-----	
CV (%)	7,1	2,1		

Médias com letras maiúsculas diferentes nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si para 5% de significância no teste de “t”; CV (%) = Coeficiente de variação.

A resposta encontrada para os atributos biofísicos avaliados pode ser visualizada também a partir dos dados da população final de plantas (Tabela 2). A partir

dos dados pode-se observar que, além da menor população registrada para o estande inicial, houve maiores perdas no estande até o momento da colheita, sendo estas maiores na zona de baixo potencial produtivo para ambas as parcelas (recomendada e desbaste de 25%).

Tabela 2. Variação de estande de plantas de soja inicial e final para população recomendada e com desbaste de 25%. Uberlândia, MG janeiro/2023

Recomendada	População Inicial	População Final	Diferença (%)
Zona baixa	211.200	189.900	- 30,87%
Zona média	252.125	243.250	- 11,45%
Zona alta	292.625	274.719	100%
Desbaste 25%	População Inicial	População Final	Diferença (%)
Zona baixa	220.000	189.000	- 14,09%
Zona média	220.000	217.500	- 1,13%
Zona alta	220.000	220.000	100%

3.2 Número de nós na haste principal

Para este atributo foi identificado diferença estatística na ZH alta, entre populações recomenda e com desbaste, onde a população com desbaste apresentou maior número de nós (16,9), em relação à recomendada (14,6) (Tabela 3).

Tabela 3. Média do número de nós na haste principal por planta nas dez plantas centrais das parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.

Números de nós				
Zonas Homogêneas	População recomendada	População 25% desbaste	\bar{X}	CV (%)
Baixa	15,8 Aa	16,6 Aa	16,2	3,5
Média	15,4 Aa	17,2 Aa	16,3	8,1
Alta	14,6 Ba	16,9 Aa	15,8	10,3
\bar{X}	15,3	16,9	-----	
CV (%)	4,00	1,72		

Médias com letras maiúsculas diferentes nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si para 5% de significância no teste de “t”; CV (%) = Coeficiente de variação.

O fato de a densidade de plantas afetar a ramificação faz com que o número de nós seja também influenciado. Uma menor altura de plantas promove também a

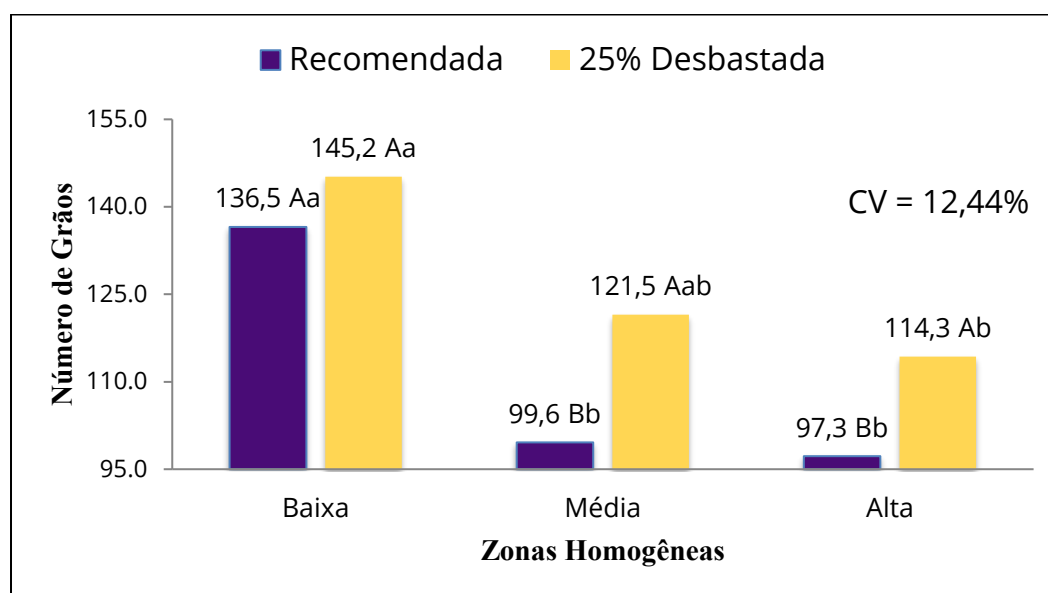
maior quantidade de gemas produtivas, advindas dos nós, as mesmas que são refletidas em maior quantidade de vagens (MAUAD *et al.*, 2010).

As plantas de soja possuem plasticidade, permitindo se adaptar a condições de maior espaço disponível, como menor estande, dessa forma, a planta produz estruturas vegetativas e reprodutivas proporcionais ao aumento de espaço disponibilizado, gerando aumento de nós (AGUDAMU; SHIRAIWAB, 2016).

3.3 Número de grãos por planta

Para o número de grãos foi verificada diferença significativa entre ambas as populações, para zonas média e alta, com um maior número de grãos para a população com desbaste. Por sua vez, houve diferença estatística para análise individual das populações nas diferentes zonas, de modo que, em população recomendada, ZH média e alta foram semelhantes e se diferiram estatisticamente de zona baixa. Já na população com desbaste, ZH baixa e alta se diferiram (Gráfico 1). Assim, pode ser identificada a relação inversa entre a densidade de plantas e a quantidade de grãos, de modo que zonas homogêneas com menor densidade de plantas expressaram maiores quantidades de grãos de soja por planta.

Gráfico 1. Média do número de grãos por planta considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas, em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.



Médias com letras maiúsculas diferentes entre cores para uma mesma ZH e minúsculas em mesma cor para uma população diferem entre si para 5% de significância no teste de “t”; CV (%) = Coeficiente de variação.

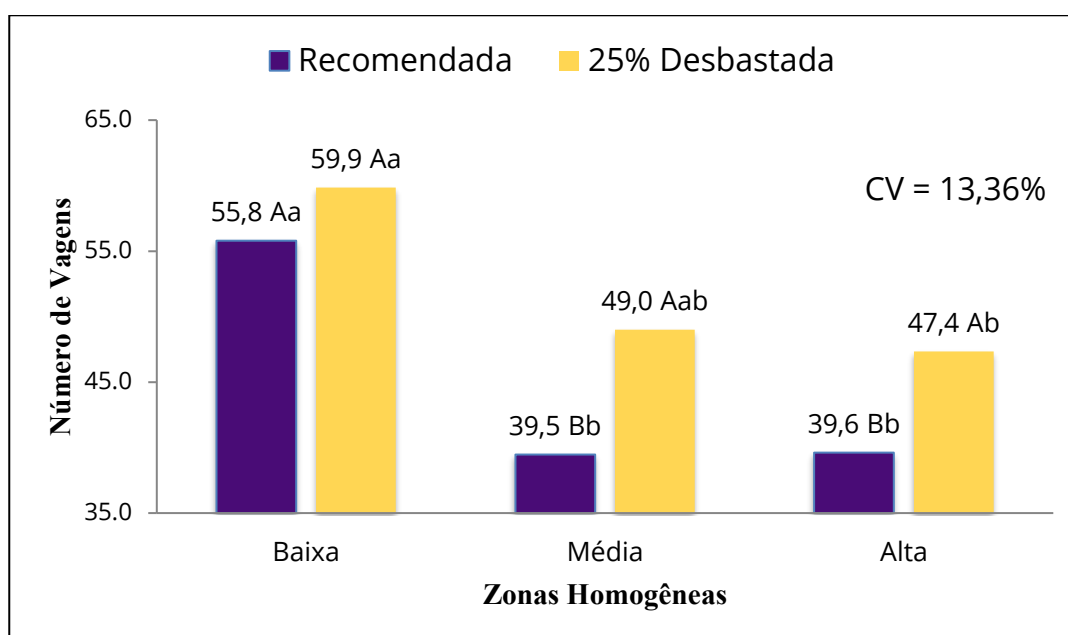
Em estudo realizado por SMIDERLE (2019), utilizando quatro diferentes densidades de planta (8, 10, 12, 14 plantas m^{-1} linear) verificou-se que na menor densidade de plantas foram encontrados os maiores valores de número de grãos.

3.4 Número de vagens por planta

Para este atributo biofísico foram observados resultados semelhantes aos encontrados para o número de grãos, de modo que, ambos foram influenciados de maneira inversa pelo estande inicial de plantas (Gráfico 2).

A partir dos dados é possível verificar valores de população final de plantas semelhantes para a zona baixa para ambas populações avaliadas, com 189.900 plantas. ha^{-1} para a população recomendada e 189.000 plantas. ha^{-1} para a população desbaste (Tabela 2). Já para a zona média houve diferença entre o estande final para ambas populações (população recomendada igual a 243.250 plantas. ha^{-1} e população desbaste igual a 217.500 plantas. ha^{-1}), assim como para a zona alta (população recomendada igual a 274.719 plantas. ha^{-1} e população desbaste de 25% igual a 220.000 plantas. ha^{-1}) (Tabela 2).

Gráfico 2. Média do número de vagens por planta nas dez plantas centrais das parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.



Médias com letras maiúsculas diferentes entre cores para uma mesma ZH e minúsculas em mesma cor para uma população diferem entre si para 5% de significância no teste de “t”; CV (%) = Coeficiente de variação.

Em plantios mais adensados, a redução por espaço, luz e nutrientes favorece a menor produção de vagens por planta e o número de grãos por vagem (RIBEIRO, 2017).

3.5 Peso de mil grãos - PMG

Considerando o PMG corrigido para 13% de umidade, não foram observadas diferenças estatísticas entre ambas as populações testadas em relação às ZH (Tabela 4). Entretanto, foi evidenciada diferença entre as ZH alta e baixa para a população recomendada. Segundo Balbinot Junior *et al.*, (2015) o PMG apresenta pouca diferença conforme há mudança no estande de plantas, sendo suas variações fortemente determinadas pela genética e características da planta ou cultivar. Para este estudo, a diferença encontrada pode ser devido ao diferente número de grãos e vagens por planta verificados (Gráfico 1 e 2).

Tabela 4. Média do peso de mil grãos a 13% de umidade para as parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.

Zonas Homogêneas	PMG (13% de umidade) (g)		\bar{X}	CV (%)
	População recomendada	População 25% desbaste		
Baixa	147,1 Ab	147,0 Aa	147,1	0,1
Média	156,7 Aab	151,1 Aa	153,9	2,6
Alta	158,5 Aa	153,3 Aa	155,9	2,4
\bar{X}	154,1	150,5	-----	
CV (%)	4,0	2,1		

Médias com letras maiúsculas diferentes nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si para 5% de significância no teste de “t”; CV (%) = Coeficiente de variação.

3.6 Produtividade estimada

Quando verificada a produtividade estimada (número de plantas/parcela x número de vagens/planta x número de grãos/vagem x PMG) não foram encontradas diferenças significativas entre as populações nem entre as zonas estudadas (Tabela 5). SMIDERLE *et al.*, (2019), ao utilizar populações variando de 160 mil a 280 mil plantas.ha⁻¹, constataram que quando utilizada uma menor densidade de plantas, a estimativa de produção reduz por causa da capacidade da soja em ajustar os componentes produtivos (plasticidade). Por sua vez, as densidades maiores

apresentaram maior produtividade estimada, devido a melhor distribuição espacial das plantas, o que contribui para o aumento de massa.

A partir dos dados encontrados para este atributo pode se observar que diferentes populações não são traduzidas necessariamente em diferentes produtividades estimadas.

Tabela 5. Média da produtividade estimada para as parcelas avaliadas considerando duas populações de plantas e três zonas homogêneas em campo de produção de soja. Uberlândia, MG janeiro/2023.

Produtividade estimada (sacas)				
Zonas Homogêneas	População recomendada	População 25% desbaste	\bar{X}	CV (%)
Baixa	64,2 Aa	67,9 Aa	66,0	3,9
Média	63,1 Aa	66,5 Aa	64,8	3,7
Alta	70,6 Aa	66,4 Aa	68,5	4,4
\bar{X}	66,0	66,9	-----	
CV (%)	6,2	1,2		

Médias com letras maiúsculas diferentes nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si para 5% de significância no teste de “t”; CV (%) = Coeficiente de variação.

4. CONCLUSÃO

A definição de zonas homogêneas com base no estande inicial de plantas de soja tem influência nos atributos biofísicos da soja.

Nas condições avaliadas é possível verificar a relação inversa entre o peso de mil grãos-PMG e o número de vagens e grãos por planta quando avaliados tratamentos com diferente densidade de plantas.

REFERÊNCIAS

AGUDAMU, T. Y.; SHIRAIWB, T. Branch development responses to planting density and yield stability in soybean cultivars. **Planta Production Science**, v. 10, n. 3, p 331-339, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Densidade de plantas na cultura da soja. **Embrapa Soja**, 2015, 36p.

BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. **Embrapa Instrumentação (CNPDIA)**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 596 p.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). (2023). Boletim da Safra de Grãos – 12º Levantamento – Safra 2022/23. https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/49098_b2d232d2b5f4da1a15d9e457cde081

Embrapa Soja – História da soja. <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. **EMBRAPA** (2023).

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

ENDRES, V. C. **Espaçamento, densidade e época de semeadura**. In: **Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste**. Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato grosso. Dourados, 1996. P. 82-85. (Circular Técnica, 3).

FISS, G. et al. Produtividade e características agronômicas da soja em função de falhas na semeadura. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.

HAUSCHILD, F. E. G. et al. **Técnicas de agricultura de precisão para definição de zonas de manejo de solo**. Manancial - Repositório Digital da UFSM. 2013.

MAUAD, M. et al. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MELO, B. M. R. de.; PAGLIS, C. M.; OLIVEIRA, M. S. de.; TEIXEIRA, M. B. R.; SILVA, J. S. M. da.; LIMA, D. F. F. Zonas de manejo em função de propriedades de solo, relevo e produtividade da lavoura cafeeira. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.9, n.2, p.1, 2017.

RIBEIRO, A. B. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. Z.; 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, 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160928>

QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2022. https://qgis.org/pt_BR/site/

QUEIROZ, D. M., VALENTE, D. S. M., PINTO, F. A. C., & BORÉM, A. **Agricultura digital** (2º ed.). Oficina de Textos. São Paulo. Pp. 29-30, 2021.

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. SMIDERLE, O. J. et al. Correlação entre componentes de produção de soja BRS tracajá e diferentes densidades de plantas no cerrado Roraima. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 34-40, 2019.

Smart-Map — Repositório de Plugins Python do QGIS. https://plugins.qgis.org/plugins/Smart_Map/.

UMBELINO, A. S.; OLIVEIRA, D. G.; MARTINS, M. P. O.; REIS, E. F. Definições de zona de manejo para soja de alta produtividade. **Rev. de Ciências Agrárias**, v.41, n.3. Lisboa set. 2018.