

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

ELIAS HENRIQUE BREMM

ESFERICIDADE DE AMOSTRAS DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MILHO

**CERRO LARGO
2022**

ELIAS HENRIQUE BREMM

ESFERICIDADE DE AMOSTRAS DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Zambillo Palma

CERRO LARGO

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bremm, Elias Henrique

Esfericidade de amostras de sementes de híbridos de milho / Elias Henrique Bremm. -- 2022.

37 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Zambillo Palma

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2022.

1. Variabilidade do formato de sementes de milho. 2.
Dosadores pneumáticos de sementes. 3. Dosadores
mecânicos de sementes. I. Palma, Marcos Antonio
Zambillo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira
Sul. III. Título.

ELIAS HENRIQUE BREMM

ESFERICIDADE DE AMOSTRAS DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DE MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 25/08/2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Antonio Zambillo Palma – UFFS
Orientador



Me. Felipe Zorzo – UnB
Avaliador



Prof. Dr. Nerisson Luis Poersch – UFFS
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, que não pouparam esforços para que eu pudesse concluir meus estudos, e aos agricultores que me forneceram as sementes necessárias para execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por todo o zelo, dedicação e paciência que sempre despenderam comigo. A todos os profissionais que participaram do meu processo de formação pessoal. E por último, mas não menos importante, aos amigos que mesmo distantes, sempre encontram tempo em meio a sua rotina para relatar experiências e dar conselhos.

Olhem de novo para o ponto. É ali. É a nossa casa. Somos nós. Nesse ponto, todos aqueles que amamos, que conhecemos, de quem já ouvimos falar, todos os seres humanos que já existiram, vivem ou viveram as suas vidas. Toda a nossa mistura de alegria e sofrimento, todas as inúmeras religiões, ideologias e doutrinas econômicas, todos os caçadores e saqueadores, heróis e covardes, criadores e destruidores de civilizações, reis e camponeses, jovens casais apaixonados, pais e mães, todas as crianças, todos os inventores e exploradores, professores de moral, políticos corruptos, “superastros”, “líderes supremos”, todos os santos e pecadores da história da nossa espécie, ali – num grão de poeira suspenso num raio de sol (SAGAN, 1994, não paginado).

RESUMO

A padronização das sementes de milho é importante para proporcionar a distribuição uniforme, tanto em dosadores pneumáticos como mecânicos. A esfericidade da semente do milho é alterada em função de sua posição na espiga e a pressão exercida entre cariopses no período de enchimento de grãos. Interferindo na demanda de pressão em dosadores pneumáticos, ao mesmo tempo que, nos dosadores mecânicos, a dificuldade de obtenção de lotes homogêneos quanto ao formato dificulta a seleção do disco alveolado. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o índice de esfericidade de sementes híbridas de milho utilizadas por agricultores gaúchos de São Paulo das Missões e Cerro Largo. As avaliações ocorreram no ano agrícola 2021/2022 e foram caracterizadas 200 sementes de 14 híbridos com diferentes classes de grão quanto as suas dimensões médias, índice de esfericidade médio e desvio padrão amostral. De acordo com os resultados, observou-se que as sementes apresentaram índice de esfericidade que varia de 65,0 a 99,3%. Dentre os híbridos avaliados foram encontrados valores de desvio padrão da esfericidade entre 1,96 a 12,36.

Palavras-chave: padronização de sementes; dosadores pneumáticos; dosadores mecânicos.

ABSTRACT

The standardization of corn seeds is important to provide uniform distribution, both in pneumatic and mechanical feeders. The sphericity of the corn seed is altered as a function of its position on the cob and the pressure exerted between caryopsis during the grain filling period. Interfering with the pressure demand in pneumatic feeders, at the same time that, in mechanical feeders, the difficulty of obtaining homogeneous batches in terms of format makes it difficult to select the honeycomb disc. The present research aimed to evaluate the sphericity index of hybrid corn seeds used by farmers in the counties of São Paulo das Missões and Cerro Largo. The evaluation took place in the 2021/2022 crop year and 200 seeds of 14 hybrids with different grain classes were characterized in terms of their average dimensions, average sphericity index and sample standard deviation. According to the results, seeds presented a sphericity index that varies from 65.0 to 99.3%. Among the hybrids evaluated, sphericity standard deviation values from 1.96 to 12.36 were found.

Keywords: seed standardization; pneumatic dosers; mechanic dosers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Determinação de formato e tamanho das sementes para diferentes espécies em altura (a), largura (b) e espessura (c).....	17
Quadro 1- Informações sobre os híbridos coletados.....	24
Figura 2- Processo de medição aplicado a cada semente.....	25
Figura 3 - Maior índice de esfericidade médio observado BM 855 PRO2.....	28
Gráfico 1: Índice de Esfericidade Médio X Desvio Padrão Amostral.....	30
Figura 4 - Maior e menor desvio padrão dos índices de esfericidade observados, B2688PWU e B2433PWU.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados do teste de normalidade por híbrido comercial.....	27
Tabela 2- Características dimensionais dos híbridos. Comprimento médio de sementes (cms); largura média de sementes (lms); espessura média de sementes (ems); esfericidade média (\emptyset m) e desvio padrão.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

UFFS Universidade Federal da Fronteira Sul

IE Índice de Esfericidade

cms Comprimento médio de sementes

lms Largura média de sementes

ems Espessura média de sementes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	CULTURA DO MILHO.....	15
2.2	ESFERICIDADE DAS SEMENTES.....	16
2.3	SEPARAÇÃO DAS SEMENTES QUANTO AO FORMATO.....	17
2.4	MÁQUINAS E SISTEMAS DOSADORES DE SEMENTE.....	18
2.4.1	Dosador mecânico.....	19
2.4.2	Dosador pneumático.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	OBTENÇÃO DE SEMENTES.....	24
3.2	ESFERICIDADE.....	24
3.3	AValiação DOS DADOS.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	NORMALIDADE DA AMOSTRA.....	27
4.2	DIMENSÕES E ÍNDICE DE ESFERICIDADE.....	27
4.3	O ÍNDICE DE ESFERICIDADE E A SEMEADURA MECANIZADA.....	32
5	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo e segunda cultura de grãos com maior produção no Brasil. Grande parte desta é direcionada à nutrição animal devido a sua característica de alimento energético na cadeia de produção de proteína animal. Chegando a compor 95% do volume de grãos empregado neste setor de acordo com USDA (2022).

De acordo com Effland *et al.* (2022), o milho é uma grande fonte de alimento para criações de animais, combustível, exportação, e produtos derivados tais como amido e adoçantes. Devendo-se o acréscimo da produtividade entre 1996 e 2016, nos Estados Unidos, à adoção de sementes geneticamente modificadas visando a resistência a pestes, tolerância a herbicidas e à seca, além do emprego da agricultura de precisão, sendo um de seus objetivos, a precisão na distribuição espacial das sementes de modo a proporcionar dominação imediata dos recursos naturais pelas plantas cultivadas.

Parte do sucesso da cultura do milho em território nacional deve-se, também, a completa mecanização das operações envolvidas em seu cultivo, com destaque para a semeadura mecanizada de precisão, que requer sementes integras, sadias e sua uniformidade é indispensável para minimizar a ocorrência de deposições duplas ou falhas, principalmente nos dosadores mecânicos com discos alveolados.

Porém, o padrão de enchimento de grãos acaba proporcionando pressões diferentes sobre as cariopses localizadas em locais distintos da espiga, o que tende a gerar sementes achatadas e alongadas na porção mediana da espiga, que resultam em menores índices de esfericidade, enquanto a porção distal gera sementes arredondadas e com tamanho menor, quando comparadas com as encontradas na base da espiga.

Nas unidades de beneficiamento de sementes, o desafio é uniformizar as sementes quanto ao tamanho e formato para melhor desempenho das semeadoras de precisão.

O objetivo da pesquisa foi determinar o índice de esfericidade de sementes híbridas comercializadas nos municípios de Cerro Largo e São Paulo das Missões. Também, determinou-se o desvio padrão da esfericidade das sementes de mesmo lote para cada híbrido, uma vez que, quanto maior for o desvio padrão pode-se

dificultar a distribuição de sementes tanto em dosadores pneumáticos como em dosadores mecânicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO MILHO

A grande concentração de amido nos grãos do milho (*Zea mays* L.) é um dos fatores considerados na adição deste grão na nutrição animal, é considerado inclusive o principal ingrediente energético especialmente em dietas de não ruminantes, como aves e suínos, e por este motivo são direcionados em torno de 70 a 80% deste cereal diretamente às rações empregadas na produção de proteína animal (ALVES, 2015).

É também o cereal mais cultivado e a segunda cultura de grãos mais produzida no Brasil, com expectativa de produção total de 115,7 milhões de toneladas e aumento na produtividade média para 5.338 Kg*ha⁻¹ na safra 2021/2022, atrás apenas da soja (124,0 milhões de toneladas) na produção de grãos Brasileira (CONAB, 2022).

Na grande maioria das regiões brasileiras o milho é cultivado em duas safras, onde na safra 2021/2022, foram destinados 4.542,1 mil hectares para a primeira safra e 16.453,7 mil hectares para a segunda safra, que regionalmente é conhecida como safrinha mesmo tendo a maior área de plantio a nível nacional. Podendo ser realizada a terceira safra de abril a julho na região do Agreste (Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco) com expectativa de cultivo de 670 mil hectares (CONAB, 2022).

Tratando-se de uma planta monoica de flores separadas espacialmente na mesma planta e com padrão reprodutivo alógamo, é vastamente conhecido o efeito de vigor híbrido que ocorre na cultura do milho. No qual a primeira geração provinda de parentais endogâmicos apresentam heterose genética e expressa características fenológicas superiores a média dos pais (BESPALHOK, 2007a).

O vigor híbrido é um dos fatores responsáveis pelo aumento da produtividade observado nos últimos anos. Obtido através do processo de melhoramento genético associado à produção comercial de sementes e vasta oferta de variedades de híbridos de milho no mercado, inicialmente predominante de híbridos duplos e

posteriormente híbridos simples com incrementos no potencial produtivo ao longo dos anos (BESPALHOK, 2007b).

De acordo com PAES (2006), existem cinco classes de grão de milho, sendo eles: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. O mesmo autor relata ainda que, a maioria do grão produzido no Brasil é do tipo duro, enquanto em países de clima temperado há predominância das cultivares de tipo dentado.

Estas classes de grão se diferenciam pelo tipo de endosperma que depositam, sendo o endosperma vítreo presente principalmente em grãos do tipo duro, enquanto grãos dentados apresentam endosperma farináceo em sua porção central entre a ponta e a extremidade superior (PAES, 2006, p.4). A deposição de amido farináceo é interessante do ponto de vista da digestibilidade deste grão na formulação de rações e na produção de silagem, no entanto o endosperma vítreo é mais resistente às injúrias proporcionadas por insetos presentes no armazenamento e tendem a apresentar maior taxa de germinação (EMBRAPA, 2015).

De acordo com Paes (2006, p. 4), “Durante a secagem do grão, o encolhimento do endosperma farináceo resulta na formação de indentação na parte superior do grão, caracterizando o milho como dentado”. Este processo de secagem característico dos grãos dentados proporciona forma e tamanho de grãos diferentes das demais categorias, cada uma com estrutura de endosperma e tamanho do gérmen diferentes (PAES, 2006).

2.2 ESFERICIDADE DAS SEMENTES

Embora seja altamente desejável a uniformidade das sementes de milho (MONDO; CICERO, 2005), este varia ao longo da espiga, devido a fatores como o padrão de fecundação das flores, iniciando se na porção central, posteriormente ocorrendo fecundação das flores da porção proximal da espiga e finalmente a porção distal (ALDRICH *et al.*, 1975 *apud* MONDO; CICERO, 2005), no processo de enchimento de grãos a prioridade na distribuição de fotossintatos segue o mesmo padrão (SHIEH; MCDONALD, 1982 *apud* MONDO; CICERO, 2005).

Shieh e McDonald (1982 *apud* KIKUTI *et al.*, 2003), relata que o efeito da pressão exercida sobre as cariopses, umas contra as outras na espiga do milho durante o enchimento de grãos, é responsável pelo formato achatado das sementes

na porção mediana da espiga, diferindo das encontradas nas extremidades da espiga, que não sofrem a mesma pressão justamente pelo seu posicionamento.

Desta forma, gerando sementes achatadas na porção mediana da espiga e sementes arredondadas nas extremidades, com tendência de redução da altura ou comprimento das sementes ao se aproximar das extremidades da espiga (MONDO; CICERO, 2005). Havendo ainda relação entre a menor massa atingida por sementes da porção distal da espiga e o processo de distribuição de fotossintetizados (MONDO; CICERO, 2005).

O índice de esfericidade é calculado levando em consideração as dimensões de altura (a), largura (b) e espessura (c) das sementes (MOHSENIN, 1970). Conforme disposto no item 10 da Figura 1.

Figura 1 - Determinação de formato e tamanho das sementes para diferentes espécies em altura (a), largura (b) e espessura (c)

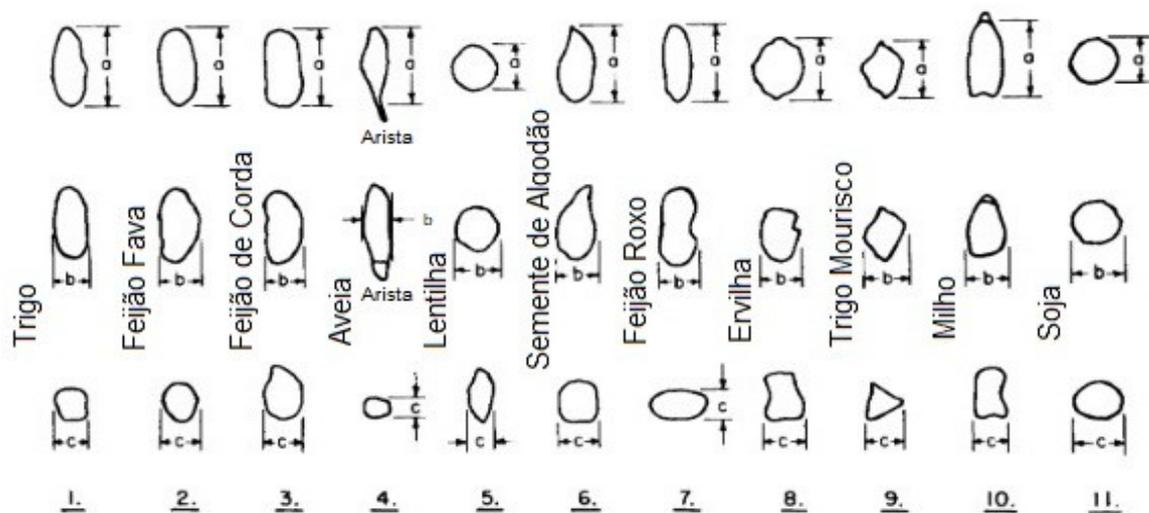


Figura 3.3 Traços de forma e designação dos três interceptos para sementes e grãos obtidos por ampliação fotográfica.

Fonte: Adaptado de Mohsenin N. N. (1970) p.60

2.3 SEPARAÇÃO DAS SEMENTES QUANTO AO FORMATO

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000, p. 421), sementes de comprimento e largura semelhantes podem ser separadas quanto a sua espessura com peneiras de perfuração oblonga. O mesmo cita ainda que as sementes podem ser separadas quanto ao comprimento por meio de discos alveolados, semelhante

aos dosadores mecânicos de sementes, ou cilindros alveolados, conhecidos como “trieur”, que seleciona sementes curtas de acordo com a capacidade de encaixe nos alvéolos de seu cilindro rotativo, de modo que as sementes longas caem antes de serem conduzidas à calha receptora e são descartadas na extremidade do cilindro.

Avaliando a eficiência da classificação física das sementes de milho em unidade de beneficiamento de sementes, Schmidt (2019) relata que:

A grande variabilidade de padrões de tamanhos e formas verificadas nas sementes esféricas dificulta a classificação física eficiente dessas sementes pois exige maior diversidade de peneiras. A variabilidade de formas de sementes presentes no lote dificulta a regulação das semeadoras e causa prejuízos a distribuição uniforme no sulco de semeadura.

As sementes arredondadas podem ser separadas quanto ao seu tamanho por peneiras de crivos arredondados, o que não impede a passagem de sementes com dimensões de formato variado (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000, p. 419), como é o caso do milho, onde o comprimento da semente costuma ser superior à largura e espessura.

Especialmente para a realização de separação das sementes achatadas de sementes arredondadas, foi concebido o separador de espiral dupla *Krussov*, que através do aumento de velocidade das sementes arredondadas se movimentando por ação da gravidade na espiral, ganham velocidade e são coletadas na extremidade externa, enquanto as de formato irregular que deslizam lentamente são coletadas na porção interna da espiral (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000, p. 428).

As sementes podem ainda ser separadas quanto ao seu peso pela mesa gravitacional, necessitando fluxo de ar através da superfície porosa da mesa de modo a proporcionar fluidez à massa de sementes, que em inclinação ajustável e através de vibração elíptica, direciona sementes de forma gradual de acordo com seu peso (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000, p. 429). O autor menciona ainda a possibilidade do descarte da porção mais leve ou mais pesada no caso da presença de sementes acometidas por injúrias ou presença de impurezas.

2.4 MÁQUINAS E SISTEMAS DOSADORES DE SEMENTE

As semeadoras de precisão, são máquinas empregadas na deposição de sementes graúdas no solo uma a uma, com dosador de sementes acionado de acordo com a velocidade de deslocamento da máquina, podendo ocorrer defeitos no espaçamento entre sementes depositadas, porém, a variação de número de sementes na linha é pequena (SIQUEIRA, 2008).

As semeadoras adubadoras de plantio direto, independente de modelo, devem realizar algumas tarefas simultaneamente: Cortar a palha, abrir o sulco com pequena remoção de palha, dosar fertilizante e sementes, depositar fertilizante e sementes em profundidade adequada, cobrir sementes com solo e palha, além de compactar o solo sobre a semente de forma adequada, de acordo com sua granulometria e suas características físicas (SIQUEIRA, 2008).

2.4.1 Dosador mecânico

Nos mecanismos dosadores de precisão mecânicos, as sementes são individualizadas em um disco alveolado posicionado na horizontal, com as dimensões dos alvéolos variando de acordo com o formato das sementes com que se está trabalhando. No momento da liberação das sementes, o disco passa sobre uma abertura de saída e uma peça posicionada sobre o mesmo, neste local, limita o acesso de outras sementes ao alvéolo durante a ejeção das sementes, que são empurradas para fora dos alvéolos em direção ao tubo condutor. De acordo com Balastreire (1987 *apud* ANGHINONI, 2019):

Os sistemas de discos horizontais normalmente são constituídos de uma base fundida, que sustenta um eixo no qual possui um pinhão e engrenagem de acionamento. Este pinhão vai acionar uma coroa que possui um pino chanfrado de ambos os lados, acionando o disco dosador. Sobre este disco se localiza um platô, que limita as sementes que se alojam nos furos dos discos e vai empurra-las para fora quando os furos coincidem com a abertura de saída de sementes.

Algo indispensável na operação de dosadores de semente desse tipo é a adição de grafite em pó às sementes tratadas, já que o tratamento com produtos fitossanitários tende a aumentar o coeficiente de rugosidade, e o pó de grafite é um produto inerte que reduz o coeficiente de atrito entre as sementes e os mecanismos do dosador (JASPER, 2006a). Facilitando a acomodação das sementes nos alvéolos

de discos horizontais e, a partir disto, aumentando os espaçamentos aceitáveis pela redução de falhas e deposições duplas (JASPER, 2006a).

Embora uma maior velocidade de deslocamento da máquina resulte em maior rendimento operacional, ocorre também a redução de tempo disponível para acomodar uma nova semente no alvéolo dos discos horizontais (BOTTEGA, 2018). Sendo que, os melhores resultados de precisão em dosador mecânico obtidos por Mahl (2004), foram vistos na velocidade de $4,4 \text{ Km h}^{-1}$ enquanto os menores percentuais de espaçamentos falhos foram registrados até os $6,1 \text{ Km h}^{-1}$, piorando a partir dos $8,1 \text{ Km h}^{-1}$.

A demanda por movimentação rápida do conjunto dosador mecânico tende a gerar dano mecânico com maior frequência, quando comparado com o sistema de discos verticais presente nos dosadores a vácuo (BOTTEGA, 2018). Dano causado a partir do contato das sementes com o platô e suas peças móveis, necessárias para a ejeção da semente contida no alvéolo (BOTTEGA, 2018).

No caso de as sementes apresentarem espessura superior à espessura do disco alveolado, faz-se necessário a utilização de anel rebaixado, de modo que as sementes encontrem-se niveladas com a superfície do disco alveolado (JASPER, 2006b), caso estejam acima há possibilidade de remoção da semente do alvéolo pelos ejetores presentes no platô ou até mesmo dano mecânico à semente, e no caso das sementes apresentarem-se abaixo do nível do disco alveolado aumenta a frequência de deposições duplas (SILVA, 2021).

Além da não preferência dos produtores por lotes de sementes de ponta de espiga, ou seja, pequenas e arredondadas, Schmidt (2019) verificou que:

O percentual de deposições duplas tende a aumentar significativamente quando foram utilizados discos com tamanhos de alvéolos superiores as dimensões das sementes principalmente para os lotes de sementes redondas.

Há relatos da diferença de tamanho que ocorre dentre as sementes arredondadas, o que não ocorre em mesmo grau nas sementes achatadas (MONDO; CICERO, 2005, p.13), isso também foi evidenciado por Schmidt (2019) ao relatar dificuldades no processo de classificação quanto ao forma, das sementes arredondadas, pela demanda de maior diversidade de peneiras até a obtenção de

um lote de sementes com apenas um formato (ausência de sementes achatadas) e variabilidade de tamanho aceitável para semeadura mecanizada.

2.4.2 Dosador pneumático

De acordo com Balastreire (1987 *apud* ANGHINONI, 2019).

Os mecanismos dosadores pneumáticos de sucção possuem uma base para depósito de sementes, funcionando também como apoio do disco dosador, sendo normalmente vertical e com uma ou mais fileiras concêntricas de furos, e uma tampa que fecha em conjunto, que deixa somente uma saída para as sementes que foram dosadas. Pelo ar ser aspirado as sementes ficam presas na parte externa do disco dosador, e vão sendo liberadas quando o vácuo em cada orifício é neutralizado.

Os sistemas dosadores de precisão a vácuo ou pneumáticos, operam aderindo as sementes aos furos de um disco, através da sucção, buscando manter apenas uma semente cobrindo cada furo através de gatilhos singularizadores ajustáveis e conduzindo as sementes a um duto, a partir de onde cessa o vácuo sobre o disco, liberando a semente (KARAYEL, 2009, p. 121).

Nos sistemas de distribuição de sementes pneumático, a redução das deposições falhas pode ser obtida por meio do aumento do vácuo produzido no sistema, aumentando a força de adesão das sementes aos orifícios do disco vertical e reduzindo a ocorrência da remoção das sementes de sua posição correta pelos gatilhos singularizadores (MADALUZ *et al.*, 2020). No entanto, o emprego de vácuo excessivo pode aumentar a ocorrência de deposições duplas através da exerceção de grande força de retenção nas sementes, de modo que os mecanismos singularizadores embora atinja as sementes duplas, não consigam removê-las (MADALUZ *et al.*, 2020).

Pereira *et al.* (2021), na busca pelo desenvolvimento de mecanismos individualizadores e depositores de sementes que não tenham plantabilidade afetada pela variabilidade de formato, relatam o efeito do índice de esfericidade sob a demanda de pressão em dosadores pneumáticos, a fim de maximizar os espaçamentos adequados.

Madaluz *et al.* (2020) relatam ainda, que os efeitos da pressão empregada na operação podem variar de acordo com o tamanho dos orifícios do disco vertical de

sistemas pneumáticos e do formato das sementes empregadas na semeadura. Tendo o mesmo autor observado que, sementes achatadas tendem a aumentar a frequência de retenções duplas sobre os orifícios, o que acaba prejudicando o rendimento da área, de modo que, as deposições duplas resultaram em plantas com desenvolvimento inicial lento, gerando plantas dominadas que subutilizarão os recursos naturais e resultam em menores rendimentos.

De forma complementar a estas observações, Pereira *et al.* (2021), verificou espaçamentos adequados satisfatórios no emprego de sementes arredondadas em sistema dosador de sementes pneumático, obtendo 98% de espaçamentos aceitáveis utilizando pressão de 7 kPa para sementes arredondadas, com índice de esfericidade 74,13%, enquanto para as sementes achatadas de comprimento médio, com índice de esfericidade 61,71%, foi necessária redução da pressão, gerando vácuo de 3 kPa para atingir apenas 87% de espaçamentos aceitáveis, considerando que nesta mesma pressão foram verificados 94% de espaçamentos aceitáveis para sementes arredondadas.

Cabe ressaltar mais uma vantagem inerente a natureza do sistema dosador pneumático, já que este requer operação do disco na vertical, o que de acordo com Carpes *et al.* (2017), resulta em menor efeito de ricocheteamento da semente no tubo condutor. Já que em discos posicionados na horizontal, principalmente em velocidades de deslocamento maiores, a semente é arremessada contra o condutor após sua liberação, dando início ao processo de ricocheteamento. Possibilitando, desta forma, deslocamento da semeadora em velocidades superiores às consideradas aceitáveis para dosadores mecânicos, podendo o mecanismo pneumático “[...] em determinados casos, trabalhar até 11 Km h⁻¹” (CORTEZ, 2006),

Para os dosadores pneumáticos, há uma correlação entre a capacidade de vedação dos furos e a angularidade das sementes achatadas (PEREIRA *et al.*, 2021), por terem sofrido maior pressão no processo de enchimento de grãos em comparação com as sementes de arredondadas ou ao menos com ângulos arredondados, encontradas nas extremidades da espiga.

Observa-se ainda, que os dosadores pneumáticos proporcionam resultados superiores para porcentagem de espaçamentos aceitáveis no emprego de sementes de milho arredondadas (PEREIRA *et al.*, 2021), ou seja, com maior índice de esfericidade. Enquanto os sistemas mecânicos de disco alveolado, de acordo com Schmidt (2019, p. 8597), apresentam dificuldades no emprego de sementes com

maior variabilidade de tamanho, o que proporciona maior tendência de deposições duplas para sementes arredondadas devido a dificuldades na separação das sementes de forma lisa nestes lotes.

Alguns dos motivos pelos quais os dosadores pneumáticos ainda não dominam o mercado são o custo adicional envolvido na compra de uma máquina deste tipo, considerando o custo das peças da turbina e dosador, além da demanda de potência para acionar a turbina; mesmo que estes custos sejam compensados na melhoria da distribuição das plantas e produtividade da lavoura (ANGHINONI, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DE SEMENTES

As sementes foram obtidas de lotes comercializados nos municípios gaúchos de São Paulo das Missões e Cerro Largo. No momento da coleta de cada híbrido buscou-se as informações sobre o nome da cultivar no Registro Nacional de Cultivares (RNC) e tipo de grão da cultivar, conforme o Quadro 1.

Quadro 1- Informações sobre os híbridos coletados

Híbrido	Tipo de Grão
DKB 230 PRO3	Semi-duro
DKB 240 PRO3	Dentado
AS 1677 PRO3	Semi-duro
SYN 8A98 TLTG Viptera	Duro
P 1680 VYH	Semi-dentado
FS 533 PWU	Semi-duro
SHS 7939 PRO3	Semi-duro
B 2688 PWU	Semi-duro
B 2433 PWU	Semi-dentado
JMEN 2M91 PRO3	Semi-duro
LG 36680 PRO3	Semi-duro
BM 855 PRO2	Semi-dentado
BM 812 PRO2	Semi-dentado
BM 3066 PRO3	Dentado

Foi observado ainda que, impresso em cada embalagem comercial, constava a recomendação de disco alveolado para dosadores mecânicos, embora apresentados em sistemas de classificação distintos de acordo com a empresa produtora das sementes.

3.2 ESFERICIDADE

De acordo com Mohsenin (1986 *apud* BARAVIERA, C. M. C. *et al.*, 2014; 1970 *apud* KARAYEL, D. *et al.*, 2004), o método adequado para determinação da esfericidade de sementes (E) deve avaliar com paquímetro, as dimensões em

milímetros de comprimento (a), largura (b) e espessura (c), sendo calculada pela Equação 1.

Equação 1- Cálculo do Índice de Esfericidade de Sementes

$$E = \left(\frac{(a \times b \times c) \times \left(\frac{1}{3}\right)}{a} \right) \times 100$$

A esfericidade foi caracterizada em 200 sementes de 14 híbridos. Para mensuração das sementes foi utilizado um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, conforme a Figura 2.

Figura 2- Processo de medição aplicado a cada semente



Medição das sementes quanto sua altura, largura e espessura com auxílio de paquímetro digital.

De acordo com Pereira *et al.* (2021) a quantidade de 200 sementes é adequada para obtenção de representatividade do índice de esfericidade em uma amostra de sementes de milho.

3.3 AVALIAÇÃO DOS DADOS

Os índices de esfericidade foram submetidos ao teste de normalidade *Shapiro Wilk* utilizando *Software R*. Também foi aplicado o teste de médias de *Scott-Knott* com auxílio do *software Assistat*. Para o cálculo do desvio padrão da amostra foi utilizada planilha eletrônica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 NORMALIDADE DA AMOSTRA

O teste de normalidade de *Shapiro Wilk* determinou que os índices de esfericidade nas amostras não seguem distribuição normal, apresentando *P-Value* menor que 0,05, conforme Tabela 1.

Tabela 1- Resultados do teste de normalidade por híbrido comercial

Híbrido Comercial	W	P-value
DKB 230 PRO3	0,96	0,00007142
AS 1677 PRO3	0,94	0,0000001395
SYN 8A98 TLTG VIPTERA	0,95	0,000004566
P 1680 VYH	0,95	0,0000009924
FS 533 PWU	0,93	0,00000008148
SHS 7939 PRO3	0,86	0,0000000000009308
B 2688 PWU	0,84	0,0000000000001045
BM 812 PRO2	0,98	0,006605
JMEN 2M91 PRO3	0,93	5,147E -18
LG 36680 PRO3	0,94	0,0000001141
BM 855 PRO2	0,98	0,001767
DKB 240 PRO3	0,97	0,001109
BM 3066 PRO3	0,9	0,0000000001533
B 2433 PWU	0,98	0,002743

Sugerindo que ocorram dois ou mais grupos de esfericidade predominantes na composição da média das amostras avaliadas, embora os valores de W estejam próximos de 1 para algumas amostras, o que indica a possibilidade da amostrar apresentar uma distribuição normal, embora não tenha atingido o nível de significância de 5%.

4.2 DIMENSÕES E ÍNDICE DE ESFERICIDADE

As dimensões médias, índice de esfericidade médio e desvio padrão da amostra com 200 sementes, obtidos para os híbridos avaliados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2- Características dimensionais dos híbridos. Comprimento médio de sementes (cms); largura média de sementes (lms); espessura média de sementes (ems); esfericidade média ($\bar{\varnothing}$ m) e desvio padrão.

Híbridos	cms (mm)	lms (mm)	ems (mm)	$\bar{\varnothing}$ m (%)	Desvio Padrão
BM 855 PRO2	7,3	8,3	6	99,3 a	10,02
BM 812 PRO2	8,9	8,6	6,9	92,3 b	10,37
DKB 240 PRO3	8,4	8,1	6,1	90,4 c	7,68
BM 3066 PRO3	9,5	8,2	6,2	84,8 d	9,76
P 1680 VYH	9,9	8,2	6,7	84,2 d	7,56
B 2688 PWU	10,3	8,5	6,8	84,1 d	12,36
SHS 7939 PRO3	9,6	7,3	6,3	80,6 e	6,37
FS 533 PWU	11,2	8,8	6,3	78,9 f	5,64
JMEN 2M91 PRO3	10,5	7,9	6,2	78,4 f	5,53
LG 36680 PRO3	10,1	7,3	6	78,0 f	6,15
AS 1677 PRO3	10,1	8,7	4,6	77,8 f	4,61
DKB 230 PRO3	10,6	6,9	5,9	75,5 g	4,16
SYN 8A98 TLTG VIPTERA	11	7,6	4,4	69,9 h	3,78
B 2433 PWU	12,7	7,6	4,4	65,0 i	1,96

**As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.*

O híbrido comercial BM 855 PRO2 apresentou a maior média do índice de esfericidade, já a menor média foi observada nas sementes do híbrido B 2433 PWU. O menor desvio padrão foi observado na amostra de menor índice de esfericidade médio, entretanto, o maior desvio padrão não foi observado na amostra de maior índice de esfericidade médio.

Durante a etapa de medição, foram encontradas sementes com altura e, ou, largura inferior à espessura, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Maior índice de esfericidade médio observado BM 855 PRO2



Fonte: Fotografia registrada pelo autor (26/07/2022)

O formato observado na Figura 3 costuma ser encontrado nas sementes localizadas no limite inferior da espiga, e quando suas medidas são aplicadas à equação do índice de esfericidade das sementes (MOHSEIN, 1970) gera valores superiores a 100, a partir das medidas de largura da sementes superiores ao comprimento. Diferenciando-se do padrão encontrado na maioria das sementes observadas na embalagem comercial e elevando os valores médios de índice de esfericidade.

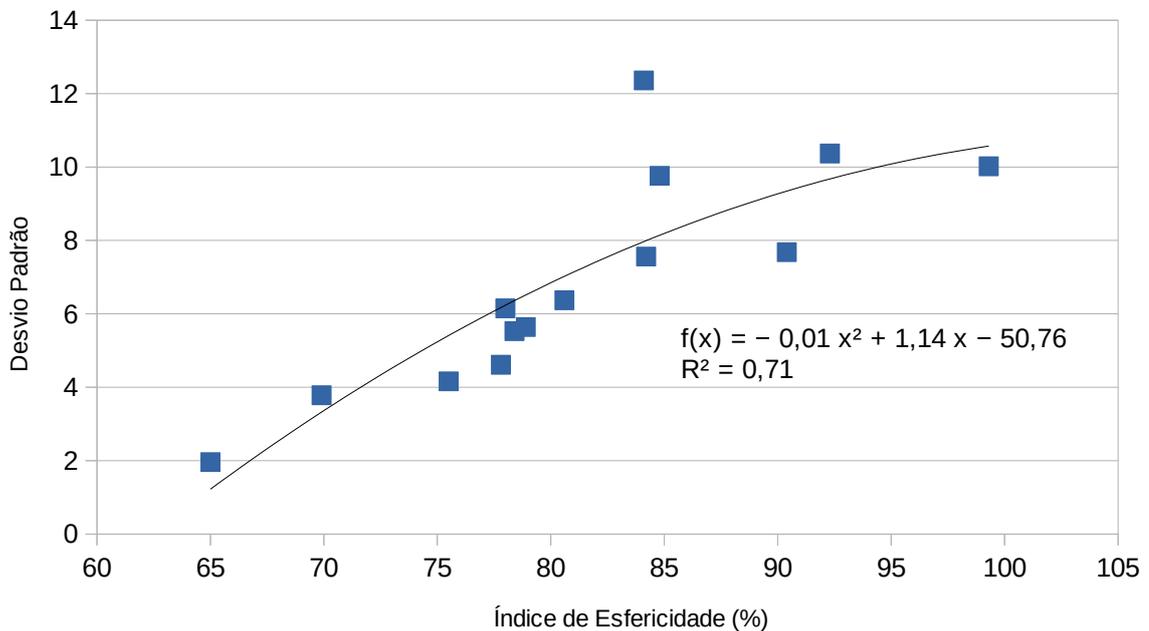
Na pesquisa de Pereira *et al.* (2019), que avaliou espaçamentos duplos e falhos para três híbridos de formatos distintos e com diferentes níveis de pressão em dosador pneumático. O menor índice de esfericidade avaliado foi de 61,7 enquanto o maior foi 74,1, próximos do que foi observado para B 2433 PWU e DKB 230 PRO3 respectivamente, no presente trabalho. Considerando o melhor potencial de vedação dos furos do disco vertical proporcionado pelas sementes de maior índice de esfericidade (PEREIRA, 2019), a variação de pressão a ser utilizada entre os híbridos desta faixa de índice de esfericidade seria de 7 a 4 kPa.

Quanto ao índice de esfericidade 99,3% verificado nesta pesquisa, não foram encontrados na literatura acerca dos níveis de pressão a serem empregados na operação de semeadura da cultura do milho.

Grande parte das embalagens comerciais de sementes de milho apresenta de forma impressa no topo da embalagem recomendação de disco alveolado a ser utilizado em dosadores mecânicos, porém, não constam recomendações de diâmetro do furo e pressão recomendada para dosadores pneumáticos. Mesmo sendo conhecido o efeito da pressão utilizada sob a ocorrência de deposições falhas e duplas em sementes com maior ou menor índice de esfericidade (PEREIRA *et al.*, 2019).

Quanto ao desvio padrão do índice de esfericidade foram observados valores de 1,96 para o híbrido B 2433 PWU, até 12,36 para o híbrido B 2688 PWU. Destaca-se que existe uma tendência de aumento do desvio padrão quando os valores de esfericidade são maiores, conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1: Relação entre o Índice de Esfericidade Médio e o Desvio Padrão Amostral



Observa-se que os híbridos com índice médio de esfericidade menores que 80,6% apresentaram valores de desvio padrão inferiores à média, de 6,853. Com B2433 PWU apresentando desvio padrão de 1,957; SYN 8A98 TLTG VIPTERA com 3,779; DKB 230 PRO3 com 4,157; AS 1677 PRO3 com 4,614; JMEN 2M91 PRO3 com 5,530; FS 533 PWU com 5,638; LG 36680 PRO3 com 6,148; SHS 7939 PRO3 com 6,372.

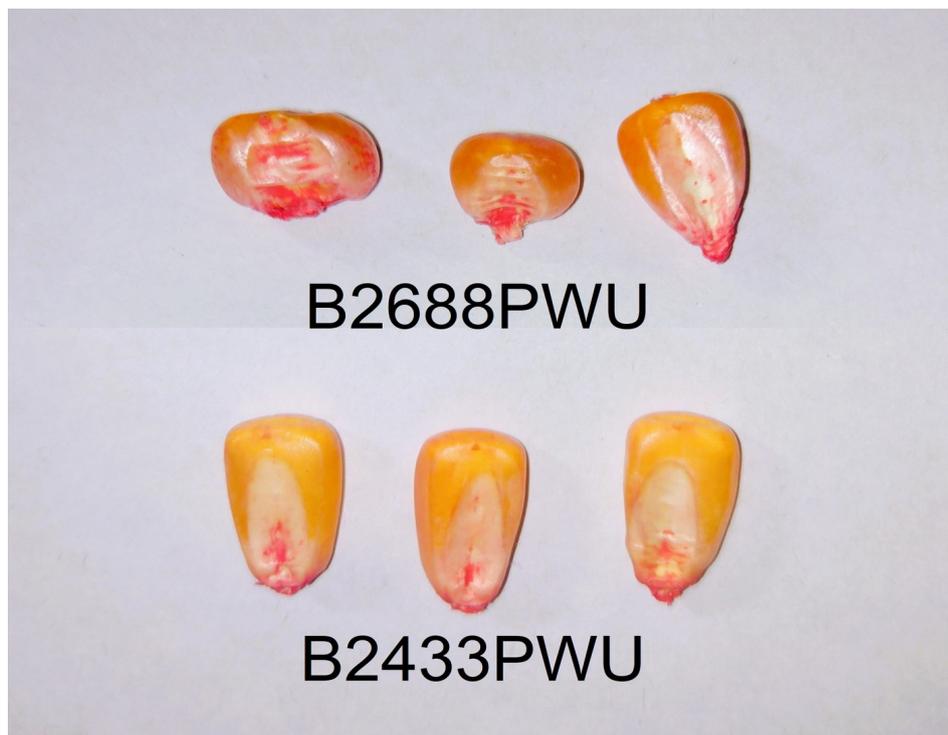
Valores superiores de desvio padrão foram observados em B 2688 PWU com valor de 12,360; BM 812 PRO2 com 10,366; BM 855 PRO2 com 10,023; BM 3066 PRO3 com 9,757; DKB 240 PRO3 com 7,681; P 1680 VYH com 7,558.

Para tanto, existem indícios de que menores índices de esfericidade resultam em menor desvio padrão.

Madaloz (2020), também verificou que as peneiras que selecionam sementes de menor tamanho tendem a proporcionar menor desvio padrão para tamanho e peso das sementes, no entanto, nenhuma menção foi feita ao índice de esfericidade. Considerando que sementes grandes podem também apresentar índice de esfericidade elevado e boa capacidade de vedação dos furos nos dosadores pneumáticos, embora apresentem este maior desvio padrão.

Na Figura 4 observa-se a diferença entre as sementes dos híbridos B2688PWU e B2433PWU, maior e menor desvio padrão respectivamente, para índice de esfericidade.

Figura 4 - Maior e menor desvio padrão dos índices de esfericidade observados, B2688PWU e B2433PWU



Fonte: Fotografia registrada pelo autor (26/07/2022)

Vale ressaltar que o menor desvio padrão foi encontrado nas sementes com menor índice de esfericidade (B2433PWU) e grãos do tipo Semi-dentado, enquanto o maior índice de esfericidade, observado na Figura 3, também de grão Semi-dentado, embora não apresente o maior desvio padrão, claramente é constituído por sementes de ponta e base da espiga, situadas à esquerda e direita da imagem respectivamente. Diferenciáveis pela maior espessura da semente formada na extremidade basal da espiga (KIKUTI, 2003).

Já as sementes da amostra de híbrido com o maior desvio padrão (B2688PWU) apresentam grão do tipo semi-duro, no entanto os próximos três maiores desvios padrão (BM812PRO2, BM855PRO2 e BM3066PRO3) apresentam grãos do tipo semi-dentado ou dentado. Não havendo indícios de correlação direta entre índice de esfericidade médio do lote de sementes e o tipo de grão da cultivar, bem como o desvio padrão da amostra e o tipo de grão da cultivar.

4.3 O ÍNDICE DE ESFERICIDADE E A SEMEADURA MECANIZADA

É possível que, em dosadores mecânicos de discos alveolados, no caso da semente apresentar largura ou espessura superior à altura, a semente rotacione e desta forma ajuste-se ao alvéolo. Cabendo avaliar futuramente se, para dosadores mecânicos, poderia ocorrer correlação do índice de esfericidade obtido através das medidas de altura, largura e espessura avaliadas sem considerar pontos de referência fixos. Como é o caso do ponto de inserção da semente na espiga e localização do embrião observados neste trabalho no momento das medições.

As sementes encontradas em B 2688 PWU (Figura 4), híbrido de maior desvio padrão, expõem a mesma dificuldade de separação das sementes achatadas em lotes de sementes arredondadas relatada por Schmidt (2019, p. 8596).

Relacionando estas informações com o maior desvio padrão no índice de esfericidade das sementes arredondadas encontrado neste trabalho, aquelas com esfericidade maior que 80,6. Cabe avaliar a possibilidade de direcionamento dos lotes de sementes arredondadas, com maior índice de esfericidade, para regiões onde a semeadura mecanizada é realizada majoritariamente por meio de dosadores pneumáticos. Buscando diminuir espaçamentos duplos e falhas através do fornecimento das sementes que melhor se adaptam a este mecanismo dosador.

5 CONCLUSÃO

O índice de esfericidade das sementes de híbridos comerciais de milho não seguiu distribuição normal dentro da mesma embalagem comercial.

As médias de índice de esfericidade das sementes de híbridos avaliados no trabalho variaram entre os 65,0 e 99,3%.

O desvio padrão da esfericidade apresentou valores de 1,96 a 12,36 nos híbridos avaliados.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. M. *et al.* Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e a qualidade nutricional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n. 5, p. 884-891, mai. 2015.

ANGHINONI, Matheus. **Mecanismos dosadores de sementes e velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora nos componentes agrônômicos do milho**. 2019. Tese (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019.

BARAVIERA, C. M. C. *et al.* Avaliação de propriedades físicas de grãos de híbridos de milho. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 291, 2014.

BESPALHOK F., J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Endogamia e Heterose. In: BESPALHOK F., J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas**. 2007a. Disponível em: < www.bespa.agrarias.ufpr.br >. Acesso em: 17 jul. 2022.

BESPALHOK F., J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Introdução ao Melhoramento de Plantas. In: BESPALHOK F., J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas**. 2007b. Disponível em: < www.bespa.agrarias.ufpr.br >. Acesso em: 14 jul. 2022.

BOTTEGA, Eduardo L. *et al.* Diferentes dosadores de sementes e velocidades de deslocamento na semeadura do milho em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v.22, p. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.12661/pap.2017.014>. Disponível em: < <https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/66> > Acesso em: 21 jul. 2022.

CARPES, Dauto P. *et al.* Effect of different conductor tubes on the longitudinal distribution of corn seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 21, n. 9, p. 657-662, 2017.

CARVALHO, Nelson Moreira de; NAKAGAWA, João. Beneficiamento. In: **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. p. 417-457.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, v.9, n.10, p. 46-61, jul. 2022.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Semeadoras de precisão. **Cultivar Máquinas**, n. 56, p. 16-19, 2006.

EFFLAND, Anne. *et al.* **Innovations in Seed and Farming Technologies Drive Productivity Gains and Costs on Corn Farms**, 2022. Disponível em: < <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2022/april/innovations-in-seed-and-farming-technologies-drive-productivity-gains-and-costs-on-corn-farms/> >. Acesso em: 04 ago. 2022.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Cultivo do Milho**. 9 ed. 2015. Disponível em: < https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7905&p_r_p_-996514994_topicold=1307 >. Acesso em: 31 jul 2022.

JASPER, R. *et al.* Distribuição logitudinal de sementes de milho com emprego de tratamento fitossanitário e grafite. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 292-299, abr. 2006a.

JASPER, R.; JASPER, M.; GARCIA, L. C. Seleção de sementes de milho durante ssimulação da sementeira com disco perfurado horizontal. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n.2, p. 434-441, ago. 2006b.

KARAYEL, D. *et al.* Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder. **Biosystems Engineering**. 2004. Disponível em: < DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2004.01.011 >. Acesso em: 09 out. 2021.

KARAYEL, D. Performance of a midified vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. **Soil & Tillage Research**, v. 104, p. 121-125, 2009.

KIKUTI, A. L. P. *et al.* Desempenho de sementes de milho em relação à sua localização na espiga. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 765-770, 2003.

MADALUZ, J. C. C. *et al.* Distribution of corn plants in a pneumatic system with different vacuum pressure adjustments and seed sieves. **Australian Journal of Crop Science**. v. 14, n. 10, p. 1568-1574, 2020.

MAHL, Denise. *et al.* Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157, jan./abr.2004.

MOHSENIN, Nuri N. Chapter 3 Physical Characteristics. *In*: MOHSENIN, Nuri N. **Physical Properties of Plant and Animal Materials**: Structure, physical characteristics and mechanical properties. Routledge. 1970. p. 51-60.

MONDO, Vitor H.; CICERO, Silvio M. Análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes de milho localizadas em diferentes posições na espiga. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 09-18, 2005.

PAES, Maria C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006- ISSN 1679-1150. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf> > . Acesso em: 31 jul 2022.

PEREIRA, J. C. S. *et al.*. O formato das sementes pode influenciar a plantabilidade do milho em dosadores pneumáticos?. **Engenharia na Agricultura**, Botucatu, v. 36, n. 1, p. 17-27, 2021.

SAGAN, Carl. **Pálido ponto azul**. São Paulo: Cia. das Letras, 1994.

SCHMIDT, Fabiana. Qualidade da classificação física e plantabilidade no campo de lotes de sementes de milho variedade. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 8591-8602, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n7-072>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/2268>. Acesso em: 20 set. 2021.

SILVA, P. R. A.; BERTOLLA, A. T. **Erros comuns na semeadura do milho**. Agro Advance, 2021. Disponível em: < <https://agroadvance.com.br/como-minimizar-os-erros-comuns-na-semeadura-do-milho/> >. Acesso em: 31 jul. 2022.

SIQUEIRA, Rubens. Milho: semeadoras – adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. *In*: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2008, Londrina. **Semeadoras – Adubadoras de Plantio Direto**. Governo do Paraná: Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento.

USDA. **Corn and Other Feed Grains**. Disponível em: < <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/corn-and-other-feedgrains/> >. Acesso em: 04 ago. 2022.